

# **ANALYSE DE L'IMPACT DU COVID-19 SUR L'ÉCONOMIE MONDIALE PAR L'INTERMÉDIAIRE DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE**

Professeur encadrant : HAMDAN Hani

## **Membres du groupe :**

BAHRI Mariem

BUSCAYLET Thomas

HACHANA Aziz

TAKKA Rayan



CentraleSupélec

# SOMMAIRE :

## I. Présentation du sujet

1. Contexte
2. Intervention des banques centrales et mesures économiques
3. Krach boursier
4. Indicateurs économiques
5. Etude faite par l'Organisation de Coopération et de développement Économiques (OCDE)

## II. Exploitation d'un dataset

1. Contextualisation
2. Présentation du dataset
3. Data Cleaning
4. Data Visualisation
5. Modélisation statistique

## III. La relance économique

1. Etude des réseaux de neurones
2. L'évolution du PIB
3. L'évolution du taux de chômage
4. Une reprise économique inégalitaire

## IV. Synthèse

1. Le paradoxe de la Chine
2. Cas de la France
3. Cas de l'Union Européenne
4. Indice de développement humain
5. Indice de rigueur
6. Le produit intérieur brut

## Introduction :

Jusqu'à la date d'aujourd'hui, 26 novembre 2021, environ 5.2 millions de personnes sur la planète n'ont pas réussi à affronter le Coronavirus et ont retrouvé la mort. Notre équipe tient à rendre hommage à ces personnes et présente ses sincères condoléances à toutes les familles qui ont perdu un être cher. Nous tenons aussi à rendre hommage à l'armée blanche dans le monde entier : Tout cadre médical ayant mis sa vie en danger pour l'humanité.

«If you would like to know how it feels to be in hospitality during this Coronavirus Pandemic, remember when the Titanic was sinking, and the band continued to play? Well, we are the Band!» Cette phrase était affichée dans un tableau placé à la terrasse d'un bar aux Etats Unis. Elle ne peut que témoigner de la gravité de la situation dans laquelle se trouve le citoyen souffrant d'une crise financière à laquelle il ne peut plus faire face et décide. Au cours de cette pandémie du COVID-19, l'humanité était plus soudée que jamais. Chaque individu a dû faire des sacrifices de son côté et à son échelle. Les médecins et les infirmiers ont passé des nuits blanches durant plusieurs mois, ont dû supporter le manque d'infrastructure et de moyens pour soigner les malades, sans parler des sacrifices en s'exposant au danger d'attraper le virus. Les hommes d'affaires ont dû apporter une aide financière à l'Etat et ont dû essayer par tous les moyens de garder leurs employés et ne pas les faire passer au chômage technique. D'autres se sont sacrifiés en se confinant chez eux et en supportant d'être renfermé 24/24 durant des semaines, voire des mois. Mais, malgré les sacrifices de tous, les dégâts économiques étaient non mesurables.

Plusieurs auteurs, économistes, sociologues, cadres médicaux spécialisés en médecine préventive et infectiologue se sont penchés sur le sujet. Des centaines de rapports ont été publiés à ce sujet, montrant l'évolution des dégâts et modélisant des projections à court et à moyen terme. Les approches étaient différentes et les conclusions étaient partagées entre l'optimiste et le pessimiste. Notre équipe a donc décidé de s'aligner sur le sujet et de faire une analyse bibliographique pour pouvoir situer notre travail par rapport aux travaux déjà effectués par d'autres auteurs.

Ce rapport est structuré de la manière suivante : Une première partie de présentation du sujet, ainsi qu'un état de l'art des mesures d'interventions prises par les banques centrales accompagnées des dégâts économiques engendrés par la crise du Covid-19. La deuxième partie présente notre approche par des techniques de modélisation statistique et Machine Learning avec pour but la modélisation et l'analyse de l'impact économique de la crise du COVID. Nous essayerons de toucher la majorité des aspects économiques touchés par cette pandémie. Plusieurs études seront également exposées dans notre rapport pour avoir une vision plus globale sur le sujet. La troisième et dernière partie constitue une partie de synthèse sur la partie de codage ainsi qu'une exposition plus approfondie de la situation actuelle.

Nous vous souhaitons une excellente lecture !

# I. Présentation du sujet :

## 1. CONTEXTE :

Depuis la crise économique de 2008, le monde n'a pas connu une fluctuation significative au niveau de l'économie mondiale. Cependant, un 16 novembre 2019, à WUHAN, dans une province en Chine appelée HUBEI, apparaît une maladie infectieuse et très dangereuse appelée la maladie à Coronavirus 2019 ou tout simplement Covid-19 liée à la famille du Coronavirus SARS-CoV-2. Cette pandémie continue de se propager en Chine sans aucune mesure sérieuse prise par le gouvernement chinois et dans une ignorance totale de la gravité de la situation. En début d'année 2020, les choses deviennent plus sérieuses, le virus émerge dans plusieurs pays voisins comme le Japon, Singapour, l'Australie, etc. Et elle apparaît même dans certains pays européens comme la France, l'Allemagne et l'Italie.

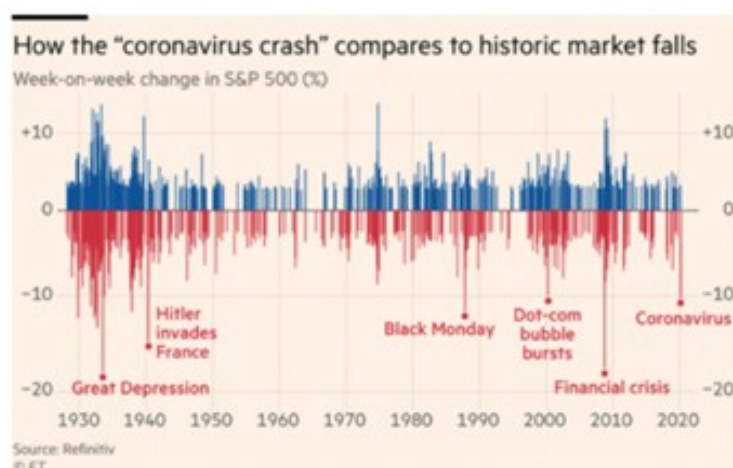
Dans un premier temps, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) alerte dans un premier temps la République populaire de Chine et ses autres États membres, mais vite fait, et pris par les événements et la gravité de la situation, l'OMS déclare l'état d'urgence de santé publique à portée mondiale le 30 janvier 2020. Le 11 mars 2020, les choses prennent un vrai détournement : l'OMS exige aux pays les plus touchés des mesures essentielles de prévention pour éviter la saturation des services de soins médicaux, notamment les lits de réanimation, les équipements de respiration, etc. En plus des mesures de renforcement d'hygiène comme l'évitement du contact physique et le lavage continu des mains, certains pays ont recours à la mesure de confinement : une mise en quarantaine de tout le pays pour freiner la formation de nouveaux foyers de contagion et conserver les capacités d'accueil des hôpitaux. Certains pays ont même décidé de fermer leur frontière afin d'éviter tout contact externe au pays qui pourrait ramener le nouveau virus. Parmi les mesures prises et qui ont eu un impact conséquent sur l'économie mondiale, on peut citer l'annulation de toute manifestation sportive, culturelle ou éducative. Ces restrictions font peser des incertitudes et des craintes sur l'économie mondiale et sur l'éducation, la santé et les droits fondamentaux des populations.

À la suite des mesures sévères prises par les différents pays du monde entier, une crise économique se déclenche. Une économiste du Fonds Monétaires Internationales, nommée Gita Gopinath, invente le terme la crise du « Grand Confinement » par référence à la crise de 1929 « Grande Dépression » et la crise de 2008 « Grande Récession ».

La crise économique liée à la pandémie de Covid-19 ou crise économique de 2020, parfois appelée Grand Confinement, est une crise économique mondiale, provoquée par la pandémie de Covid-19 et le confinement sanitaire décrété dans un grand

nombre de pays. Un Krach boursier se propage donc dans le monde en mi-Mars 2020. En effet, les mesures prises et surtout le confinement ont entraîné une baisse dramatique de la consommation et de la production : un arrêt quasi-total de l'économie. Les restrictions légales liées aux déplacements et aux rassemblements ont engendré de sérieux dégâts dans plusieurs secteurs (Tourisme, culture, cinéma, transport, restauration, sport, etc.) Des dégâts similaires à une vraie catastrophe naturelle qui a touché le monde entier.

Cette crise économique est considérée comme très violente et supérieure à celle qui la précède du point de vue de l'impact. En effet, elle a touché tous les secteurs y compris dans les pays où la première vague du virus était moins sévère (Comme au Japon, Canada ou l'Allemagne) principalement grâce aux mesures et aux moyens avancés consacrés à l'infrastructure médicale dans ces pays.



**[Fig. 1] Comparaison du Krash dû au Coronavirus avec les chutes boursières historiques.**

La crise sanitaire s'est transformée en une crise économique sous l'effet de deux chocs : un choc d'offre et un autre de demande. Le choc d'offre se caractérise par une baisse de production liée à l'apparition de contraintes sur l'approvisionnement en consommations intermédiaires, par la mise à l'arrêt d'usines liées au confinement d'une partie de la force de travail, par la réduction de fourniture de services et par le manque de transport. Le choc de demande se caractérise, selon les pays, par une baisse de la demande extérieure, impliquant une baisse des exportations (Prenons par exemple le cas de la France : les entreprises de luxe ont noté une chute de la demande étrangère pour leurs produits ainsi que les institutions liées au tourisme ont subi un coup d'arrêt total) et par la baisse de la demande domestique, notamment dans les services (transports, hôtellerie-restauration...).

En avril 2020, le FMI avait prévu une chute du PIB de 3 % dans le monde et 7,5 % dans la zone euro qui était l'une des plus touchées du monde entier. Bien que les Etats-Unis étaient plus touchés par la pandémie en termes de nombre de cas et de

nombre d'admissions en réanimation, l'Europe a connu une récession plus prononcée. Ceci est dû principalement au tremplin touristique que l'Europe constitue ainsi qu'au retard du développement technologique par rapport aux Etats-Unis.

Le problème avec la propagation de virus, c'est que la pandémie n'a pas eu une seule vague mais plusieurs selon le pays. L'impact diffère d'une vague à une autre. Certains pays ont appris la leçon depuis la première puis la deuxième alors que d'autres non. Le décalage entre l'apparition du virus et la conception du vaccin anti-covid n'a fait qu'aggraver les choses bien que les scientifiques et les grands laboratoires du monde entier se soient penchés sur le sujet. Les dégâts économiques étaient donc proportionnels à la gravité de la vague.

## **2. Intervention des banques centrales et mesures économiques :**

Devant l'effondrement des marchés financiers et le ralentissement de l'activité économique, les banques centrales du monde entier ont décidé d'intervenir en apportant leur soutien budgétaire aux gouvernements.

Alors que la Réserve fédérale américaine a réduit le taux d'intérêt de 50 points de base pour une fourchette de 1 % à 1,25 %, la Banque du Japon et la Banque d'Angleterre se sont engagées à surveiller de près les marchés et à préserver la stabilité financière. Les banques centrales des pays du Golfe (Arabie saoudite, Bahreïn, EAU) ont également réduit les taux d'intérêt de 0,5 %.

La Banque mondiale et le FMI ont immédiatement publié une déclaration postulant qu'ils sont prêts à faire le nécessaire pour freiner la chute des marchés et aider les pays les plus impactés par la crise.

Les autorités chinoises ont approuvé un financement de 500 milliards de yuans, soit 71 milliards de dollars, pour fournir des prêts moins onéreux aux petites entreprises qui rencontrent des difficultés quant à la reprise de leurs activités. La Banque centrale européenne (BCE) s'est déclarée aussi à répondre aux signes de ralentissement. Néanmoins, les investisseurs sont restés très inquiets face à la propagation du virus et malgré les actions et les déclarations faites par les banques centrales. Le manque de connaissance sur d'information sur l'évolution économique et sanitaire dans le futur proche les a rendu moins rassurés. De plus, selon certains économistes, une correction importante du marché était très attendue, car certaines actions étaient surévaluées et un ajustement était nécessaire pour se rééquilibrer. L'épidémie de coronavirus n'est finalement que l'étincelle qui a embrasé l'incendie.

En ce qui concerne la croissance économique mondiale. L'OCDE a averti que l'épidémie pourrait réduire la croissance du PIB mondial à 1,5 %.



**[Fig. 2] Prévisions de l'évolution annuelle du PIB réel en 2020 en %**

Face à cette crise économique liée à la pandémie de Covid-19, il y a eu une réponse très forte en termes de politique budgétaire. Le Conseil national de productivité a souligné les diverses mesures prises dans les grands pays européens. A noter que ces mesures diffèrent d'un pays à l'autre. Comme on le sait, au sein de la zone euro, la politique monétaire est menée par la Banque Centrale Européenne (BCE). Celle-ci a réagi en mars 2020 : Elle a réactivé son programme d'achats de titres qui a permis d'assouplir les conditions de crédit auxquelles sont confrontés l'État et les entreprises et d'injecter des liquidités supplémentaires dans l'économie.

Cette politique budgétaire, comme nous venons de le souligner, est propre à chaque État. Plus globalement, tous les pays se sont orientés vers l'augmentation des dépenses publiques et la réduction des recettes de l'État. Ceci a pour but de relancer l'économie et d'atténuer au maximum l'effet d'une récession aiguë. Nous avons choisi ces 6 pays européens afin de comparer les mesures qui ont été prises en temps du Covid.

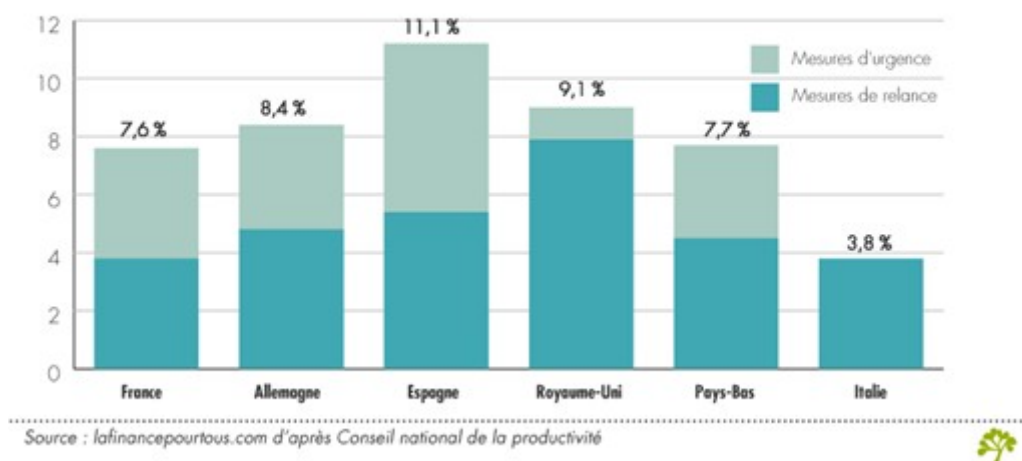
On peut citer donc la France, l'Allemagne, l'Espagne, le Royaume-Uni, les Pays-Bas et l'Italie.

Le rapport du CNP distingue deux types de mesures :

- Les mesures d'urgence, d'une part, dont le but est de protéger l'appareil productif
- Les mesures de relance, d'autre part, destinées à stimuler l'économie.

## MONTANT DES ANNONCES DE MESURES BUDGÉTAIRES

EN % DU PIB



**[Fig. 3] Proportions des mesures budgétaires en % du PIB.**

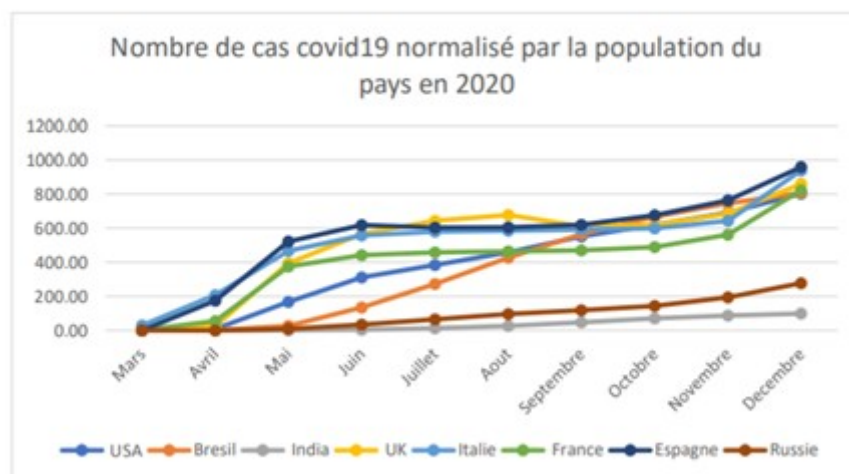
D'autre part et dans le cadre d'une collaboration internationale face à cette pandémie, la Fed, la Banque centrale européenne et les Banques centrales du Japon, Royaume-Uni, Canada et de Suisse, ont assoupli les conditions auxquelles elles s'échangent des devises entre elles, afin de pouvoir garantir un approvisionnement suffisant des marchés en dollars.

Aux Etats Unis, la Banque centrale américaine a soutenu les prêts immobiliers et automobiles. Elle a même accepté d'accorder des prêts exceptionnels aux petites entreprises en mettant de nouvelles facilités de financement et des créances à court terme. Pendant la crise, la BCA a même abaissé ses taux à zéro de façon brutale, un niveau jamais atteint depuis la crise de 2008.

Côté gouvernement, le secrétaire américain au Trésor Steven Mnuchin a négocié un gigantesque plan de relance économique, au moment où les élus adoptent un paquet de mesures sociales de 100 milliards d'euros. Ce plan comprend des mesures phares telles que l'envoi de deux chèques de 1.000 dollars chacun à de nombreux Américains ou encore l'octroi de 300 milliards de dollars pour les petites entreprises "pour assurer la continuité de l'emploi" et 150 milliards pour d'autres secteurs fragiles tels que le tourisme et l'hôtellerie, selon le Washington Post.

En Chine, la banque centrale chinoise a débloqué fin février des extensions ou des renouvellements de prêts aux entreprises et a annoncé le 13 mars une baisse du ratio de réserve obligatoire des banques, libérant 550 milliards de yuans (70,6 milliards d'euros) pour soutenir l'économie.





**[Fig. 4] Evolution du nombre de cas de coronavirus en 2020 normalisé par la population du pays**

Deux principales choses sont soulignées par ce graphe :

- Certains pays ont connu des tendances épidémiques semblables. Il serait donc intéressant d'étudier si cette similarité est également présente dans les indicateurs économiques.
- Certains pays n'ont pas du tout suivi la même tendance épidémique, soit ont connu la même tendance épidémique mais décalée dans le temps. Dans ce cas, il serait plus judicieux de comparer les indicateurs économiques de ces pays en prenant en compte le décalage temporel de la crise et de ne pas seulement évaluer l'ensemble des indicateurs de chaque pays à un même instant t.

### **3. KRACH Boursier :**

Malgré le fait que la crise du coronavirus a débuté sérieusement en décembre 2019, la réaction des marchés financiers était un peu tardive. On parle de la pire semaine sur les marchés boursiers depuis la crise de 2008. Le Krach s'est finalement produit le 28 février, ci-dessous quelques faits sur cette semaine :

Le grand groupe américain Dow Jones qui regroupe les 30 plus grandes et impactantes entreprises américaines a enregistré une performance hebdomadaire de -12%. Les actions américaines en perdent environ 12% de leurs valeurs, soit une perte de 3,5 milliards de dollars.

Le MSCI (entreprise spécialisée dans les services financiers qui publie régulièrement les indices boursiers et qui mesure la performance des marchés boursiers de 23 pays les plus développés économiquement) a réalisé une chute d'1% à l'ouverture des

marchés européens et allant jusqu'à -10% à la clôture. **[1] La pandémie de Covid-19 provoque un krach boursier historique, Isabelle CHAPERON, 13/03/2020**

Les actions européennes ont enregistré une perte tragique estimée à 1,5 milliard de dollars qui est la pire performance hebdomadaire depuis la crise des subprimes.

Il est intéressant de noter qu'aucun marché boursier n'a été épargné par cette chute due à la crise sanitaire. A titre d'exemple on peut évoquer les actions asiatiques qui ont à leur tour subi d'énormes pertes :

Bourse de Shanghai	-3,71%
Bourse de Nikkei 225	-3,67%
Bourse de Hang Seng (Hong Kong)	-2,42%

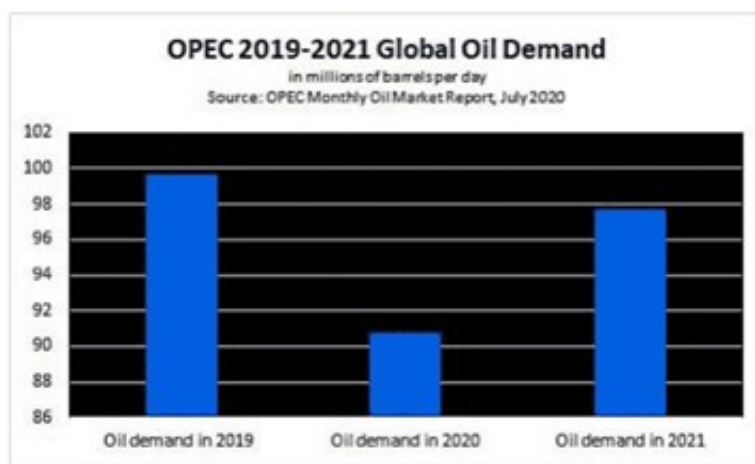
***[Table 1] Chutes boursières des actions asiatiques.***

La crise sanitaire s'est rapidement développée dans le monde entier. Les pertes globales sont estimées à plus de 5k milliards de dollars. En effet, les investisseurs étaient très inquiets de cette situation et face à la progression du virus. Cette inquiétude a engendré une vente des actions donc une baisse de la valeur des actions.

Des chercheurs et spécialistes dans l'économie mondiale ont confirmé, en analysant les précédentes pandémies et leur impact nocif sur les marchés financiers, que la majorité des actions rebondit pendant les 12 mois qui suivent l'épidémie. D'ailleurs, Cresset Capital, institution gérant la richesse, l'investissement et les actions financières, s'est penchée sur le sujet et a souligné qu'après 12 mois, les marchés financiers peuvent même réaliser des gains par rapport à l'an précédant.

La pandémie du COVID-19 a engendré un arrêt quasi-total dans le transport du monde entier. Les mesures prises telles que le confinement ou la fermeture des frontières ont provoqué un frein dans l'activité économique et un effondrement de la demande de pétrole. Ce qui s'explique par la limitation des déplacements journaliers des moyens de transport. Il s'agissait de la plus grosse chute de prix que le marché de l'énergie ait connu depuis le premier choc pétrolier en 1973.

Durant cette période, les prix du pétrole sont descendus sous la barre des 20 USD le baril pour le Brent, perdant près de 70 % de sa valeur et avec une capacité de stockage approchant ses limites.



**[Fig. 5] Evolution de la demande pétrolière sur les 3 dernières années.**

Face à cet effondrement, l'OPEP (Organisation des Pays exportateurs de Pétrole) a décidé donc de réduire considérablement la production du pétrole pour faire correspondre la demande du pétrole par rapport à l'offre. À la suite de la réunion de Vienne le 5 Mars 2020, il y avait un accord pour une réduction de la production du pétrole d'1,5 million de barils par jour. Ces niveaux de production n'ont jamais été aussi bas depuis la guerre en Irak.

Le lundi 20 avril 2020, les cours du pétrole coté à New York se sont effondrés à un niveau jamais vu : Sur les marchés à terme, le brut américain a chuté de 300% passant en négatif à -37,63 dollars. Il s'agit du plus grand effondrement jamais réalisé par Bloomberg depuis 1983. Parmi les raisons qui ont contribué à cette chute on peut citer l'expiration des contrats pour livraison en mai.

Selon les premières estimations, la consommation de pétrole dans le monde a chuté de 20 millions de barils par jour (mb/j) et jusqu'à plus de 30 mb/j pour les plus pessimistes. Avant la pandémie, le marché tournait autour des 100 mb/j.

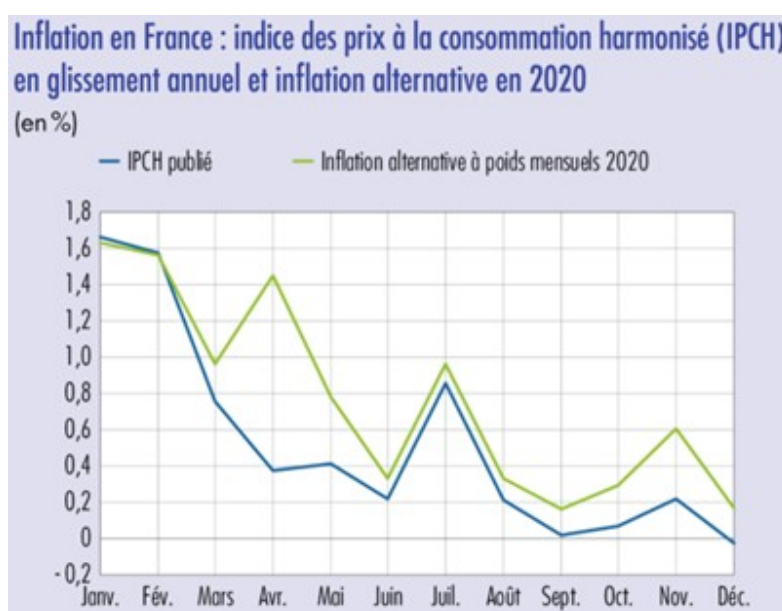
#### **4. INDICATEURS ÉCONOMIQUES :**

Afin d'étudier l'impact du Covid sur l'économie mondiale, j'ai listé les différents indicateurs économiques qui seraient intéressants à étudier à travers notre étude à l'aide de l'IA. Parmi ces indicateurs on peut évoquer :

**L'inflation** qui se définit par la perte du pouvoir d'achat de la monnaie et qui se traduit par une augmentation générale et durable des prix. Il s'agit d'un phénomène persistant qui fait monter l'ensemble des prix, et auquel se superposent des variations sectorielles des prix. Il est judicieux de regarder l'évolution de cet indicateur avant et en cours de la crise. En effet, la perturbation du transport maritime et aérien a perturbé considérablement les importations et les exportations des différents pays. Certains ont dû se concentrer sur leur propre production. L'offre n'étant plus cohérente, voire très diminuée, par rapport à la demande, les prix ont dû augmenter alors que les salaires

sont restés intacts au milieu d'une crise sanitaire qui s'avère être perturbante pour l'économie.

Il n'est donc guère étonnant que l'inflation, en cette période de pandémie, soit très volatile. Le taux d'inflation, après avoir nettement baissé en 2020, devenant négatif au cours des derniers mois de l'année, suit désormais une tendance inverse depuis les premiers mois de 2021. Abstraction faite de ces variations à court terme, le taux d'inflation moyen en 2020 et 2021, années marquées par la pandémie, devrait se situer autour de 1,0 %, soit près de son niveau de 2019.



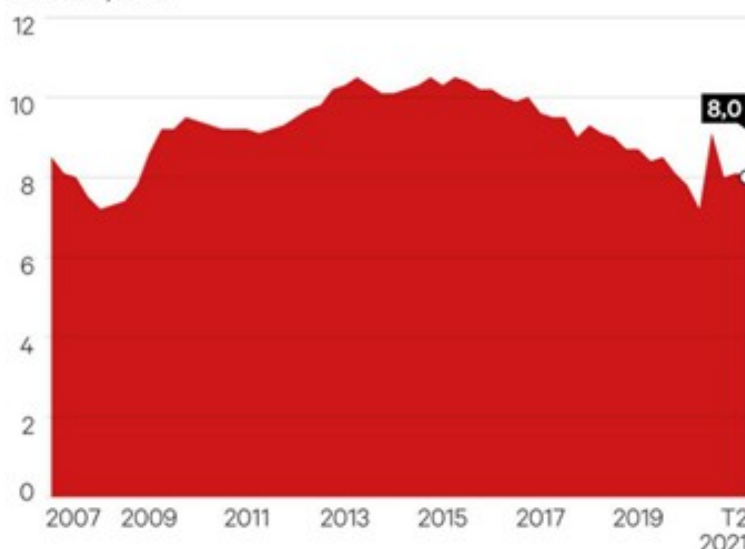
**[Fig. 6] Evolution de l'inflation en France en 2020.**

L'inflation alternative en avril 2020 est de 1,5% alors que l'inflation est de 0,4% en glissement annuel selon l'indice IPCH INSEE.

**Le produit intérieur brut** : indicateur économique permettant de mesurer la production de richesses d'un pays. Il mesure la valeur de tous les biens et services produits dans un pays sur une année. Face à la crise, l'individu n'a plus de vision sur ce qui va arriver demain. Les investissements ont diminué considérablement ainsi que les individus ont tendance à ne pas dépenser de l'argent dans des services non vitaux. A titre d'exemple, on peut évoquer que le PIB de la zone euro a diminué de 11,6 % au deuxième trimestre 2020, avant de progresser de 12,5 % au troisième, puis de fléchir à nouveau, de 0,7 %, au dernier trimestre. L'évolution est bien proportionnelle à la propagation des virus et l'apparition des vagues successives qui ont touché l'Europe.

### Le taux de chômage trimestriel au sens du BIT

Données CVS en moyenne trimestrielle, en %, en France  
(hors Mayotte)



**[Fig. 7] Evolution du taux de chômage en France.**

**Le taux de chômage est** défini par le pourcentage des personnes faisant partie de la population active qui sont au chômage. La population active est la population en âge de travailler et qui travaille ou souhaite travailler. Il s'agit de l'indicateur le plus touché à l'échelle internationale. N'ayant plus des ressources suffisantes, des revenus nets positifs et face aux pertes dues à la crise sanitaire, certaines entreprises ont eu recours au chômage technique : il s'agit d'un dispositif permettant aux entreprises faisant face à des difficultés économiques temporaires de réduire l'activité de leurs employés. Des millions de personnes ont perdu leurs emplois face à cette crise. Le taux d'embauche a par ailleurs diminué considérablement puisque les entreprises n'arrivent plus à payer les employés avec les revenus qu'elles engendrent.

**Le taux d'endettement** : Pour le secteur public c'est le montant total des emprunts en cours sur le PIB. Plusieurs pays ont eu recours au Fonds Monétaire International avec des conditions plus souples que d'habitude ou à d'autres pays pour sortir de la crise et pouvoir compenser les pertes engendrées par la crise. Ces emprunts ont fait augmenter le taux d'endettement de certains pays qui vont en souffrir pendant plusieurs années après la crise.

**La balance commerciale** est la différence, en termes de valeur monétaire, entre les exportations et les importations de biens ou de biens et services (dépend du pays) dans une économie sur une période donnée. Le transport étant perturbé, les exportations et les importations sont alors plus perturbées que jamais. Plusieurs pays ont eu recours à leurs propres produits. Ce phénomène est bénéfique à chaque pays à première vue mais notre analyse se penchera sur cet indicateur pour voir son effet réel.

**Le taux d'intérêt** d'un prêt ou d'un emprunt fixe la rémunération du capital prêté (exprimée en pourcentage du montant prêté) versée par l'emprunteur au prêteur. Certaines banques ont fait augmenter ce taux d'intérêt dû à la crise sanitaire pour augmenter leurs gains. Cet indicateur est donc un excellent moyen pour étudier l'effet de la crise sanitaire du Covid à l'échelle mondiale.

## **5. Une étude faite par l'Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OCDE) :**

### **Qu'est-ce que l'OCDE ?**

L'Organisation de coopération et de développement économiques est une organisation internationale d'études économiques, dont les pays membres — des pays développés pour la plupart — ont en commun un système de gouvernement démocratique et une économie de marché.

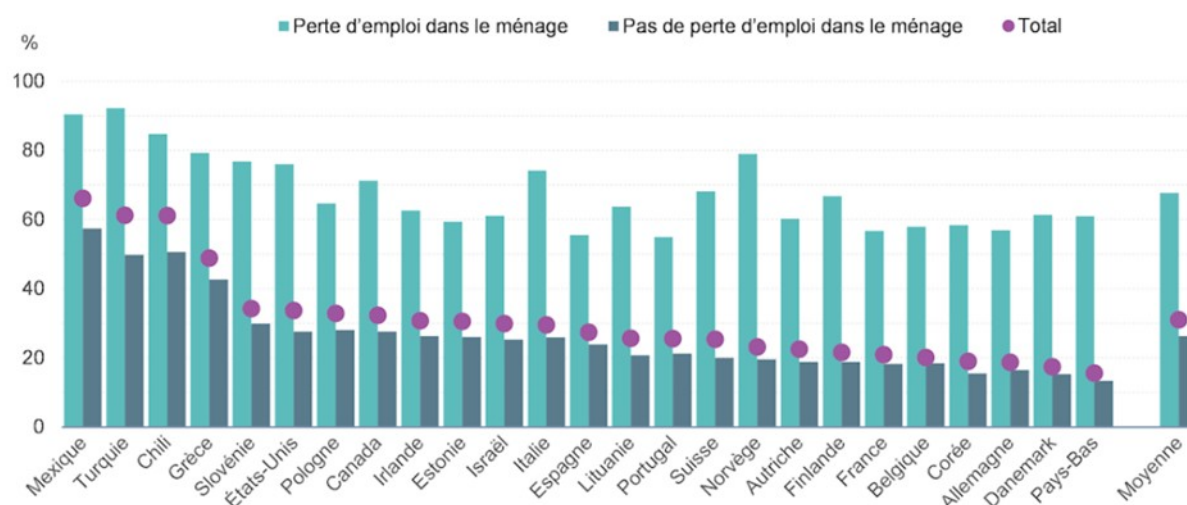
### **Insécurité économique due à la crise sanitaire :**

La pandémie de COVID-19 est carrément une tragédie sanitaire à ampleur internationale. Bien que la fin de la crise sanitaire fût initialement prévue pour fin 2021 suite à une campagne massive de vaccination dans le monde entier, il existe certaines blessures qui risquent de laisser une profonde cicatrice. Une enquête « Risks that matter » faite par l'OCDE, dresse les problématiques d'insécurité économique qui s'avère inquiétante pour les prochaines années. Cette enquête a été faite dans 25 pays de l'OCDE. Bien que les gouvernements aient investi massivement dans la période de confinement dans tout ce qui est en rapport avec la sécurité sociale, la plupart des citoyens estiment que toutes les aides mises en place ne répondent pas à leurs attentes.

Après la crise sanitaire, rien n'apparaît clair pour les citoyens des pays de l'OCDE dans le futur. En moyenne, dans les 25 pays qui ont été l'objet de cette enquête, environ 37% des personnes affirment que leur ménage a subi une perturbation de quiconque quant aux emplois. Ces perturbations se présentent sous forme de licenciement, perte d'emploi, baisse de salaire, dispositif de maintien d'emploi, démissions, etc. Parmi ceux qui se sont trouvés sans emploi durant la pandémie, près de 2/3 affirment qu'ils avaient du mal à payer leurs factures. L'insécurité sociale suscite plusieurs inquiétudes chez 4/5 des répondants. L'équilibre financier ou même social est devenu un risque pour cette catégorie. Même pour ceux qui n'étaient pas affectés directement par la crise déclarent qu'ils sont inquiets à propos de leur sécurité sociale et économique durant les prochaines années.

Ci-dessous un graphe représentant en axe des ordonnées le pourcentage de répondants ayant déclaré au moins une difficulté financière durant la crise de la

pandémie selon la perte d'emploi dans le ménage ou pas. En axe des abscisses, on retrouve les 25 pays de l'OCDE dans lesquels l'enquête s'est déroulée.



**[Fig. 8] Répartition des ménages en difficulté financière selon la perte d'emploi dans les pays enquêtés.**

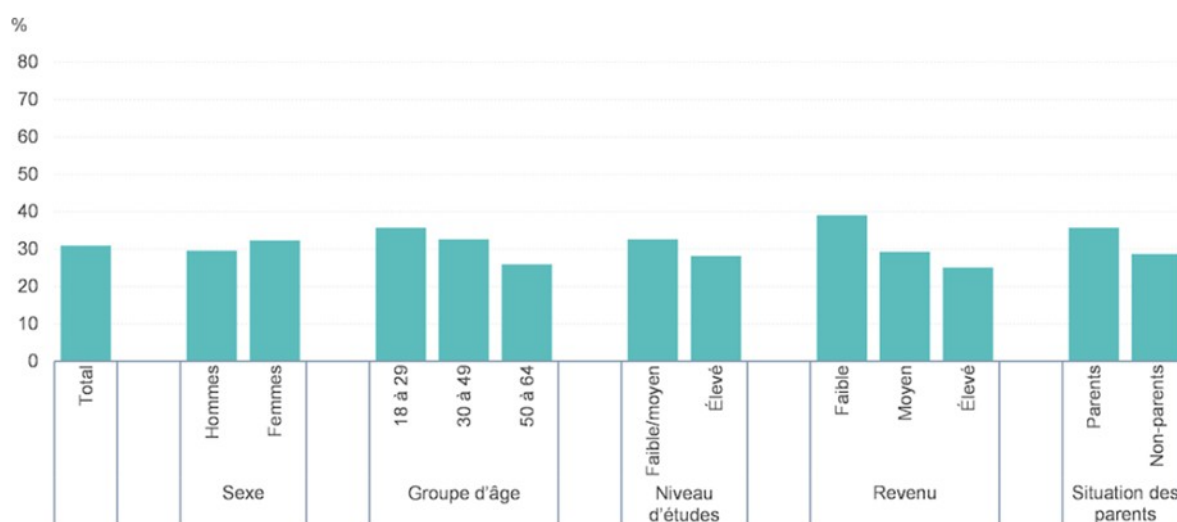
Autre chose qui suscite de l'intérêt dans cette enquête, c'est que les personnes ayant perdu leur emploi durant la pandémie, disent qu'ils sont prêts à payer davantage d'impôts pour bénéficier de meilleures offres de sécurité sociale. Les répondants déclarent que les gouvernements sont attendus à faire plus pour assurer la protection sociale et la sécurité économique de leurs compatriotes. Plus d'intervention est donc demandée de la part des peuples des pays de l'OCDE pour combler les vides et les défaillances dans les systèmes de sécurité sociale.

Il faut toujours avoir en tête que la pandémie du COVID-19 est considérée comme la pire crise économique depuis la Grande Dépression de 1929. Ses effets sur l'économie mondiale sont énormes. Ce qui préoccupe de façon directe le citoyen, c'est la perte de son emploi et son incapacité à assurer la protection sociale suffisante de sa famille. En la comparant à la crise économique de 2008, on note qu'en tenant compte de la chute spectaculaire des emplois combinée à la réduction des heures, l'incidence négative de la pandémie sanitaire sur le nombre total d'heures travaillées au printemps 2020 a été dix fois plus forte que celle observée au cours des premiers mois de la crise de 2008. Ceci confirme que les pays ont pris des décisions décisives pour limiter la propagation du virus au niveau des heures de travail.

Au troisième quartile de 2020, l'enquête RTM, menée dans 25 pays de l'OCDE, le taux d'emploi dans la zone OCDE a atteint à 66.7 %, en nette amélioration par rapport au deuxième quartile, durant l'emploi était tombé à 64.8 %, mais toujours bien en dessous du taux d'emploi de 68.6 % enregistré au premier quartile 2020, avant que la pandémie ne touche les pays du monde entier. Le secteur public a ensuite pris un certain nombre de mesures, assez ambitieuses pour inverser la tendance.



Ci-dessous nous retrouvons un graphe modélisant la proportion des répondants ayant eu une difficulté financière durant la crise du COVID-19 selon certaines caractéristiques socioéconomiques (âge, sexe, revenu, etc.).



**[Fig. 9] Répartition des ménages en difficulté financière selon des caractéristiques socioéconomiques.**

Les jeunes adultes (âgés de 18 à 29 ans) étaient beaucoup perturbés durant cette crise. Ils affirment qu'ils ont eu recours à l'endettement ou à un crédit pour payer des dépenses habituelles. Cette situation est expliquée par le fait que les entreprises ont réduit leur taux d'embauche au niveau des stages ou au niveau des jeunes diplômés.

## II. Exploitation d'un dataset

### 1. Contextualisation

La pandémie de covid 19 que nous avons connu lors de ces 2 dernières années a déclenché une profonde récession économique. L'une des plus marquantes depuis plus d'un siècle. Sa présence a impacté la santé des populations et impacté directement l'activité économique via notamment les multiples confinements imposés pour atténuer la propagation de l'épidémie. De ce fait, cette pandémie a eu un coût mondial, puisque l'ensemble des pays du globe ont été impactés et les gouvernements s'efforcent aujourd'hui d'essayer de mettre en place des mesures afin de relancer l'activité économique, via notamment des plans de relance passant par une baisse des taux d'intérêt pour soutenir l'activité économique.

Au cours de cette partie de l'étude, je m'appuierai sur un jeu de données fourni par Mendeley Data, un service sécurisé basé sur le cloud et où sont stockés divers jeux de données. La base de données choisie vient donc directement décrire l'impact du covid-19 sur l'économie mondiale via le suivi d'indicateurs choisis pour retracer



l'évolution de 210 pays au cours des premiers mois de la pandémie de Covid-19. Les indicateurs choisis sont listés ci-dessous et correspondent aux colonnes de notre dataset :

*CODE ; PAYS ; DATE ; HDI : human\_development\_index ; TC : total cases ; TD : total\_deaths ; STI : indice de rigueur ; POP : population et PIBCAP : pib\_par\_capita*

Ces indicateurs seront présentés ultérieurement de manière plus détaillée. Le travail effectué sur le jeu de données fourni se décompose alors comme suit : j'analyserai dans un premier temps l'ensemble des données fournies afin de réaliser des statistiques descriptives sur la répartition des données et déterminer si l'ensemble des indicateurs est bien équilibré sur l'ensemble des samples de notre dataset. Ces statistiques permettront ensuite de guider la façon dont le jeu de données sera utilisé afin de débiter le traitement des données dans un but de reconnaissance de schéma existant.

En effet, supposons qu'il existe un indicateur binaire au sein de notre liste d'indicateurs et que l'une des 2 catégories soit sous représenté dans notre jeu de données, par exemple : seulement 10 des 210 pays ont un indice de rigueur positif et les pays restants ont un indicateur nul. Alors, il serait compliqué de déterminer l'existence de schéma existant compte tenu de la mauvaise répartition dans notre dataset de chacune des catégories ( $STI > 0$  et  $STI = 0$ ). La solution qui pourrait alors être envisagée est l'*Undersampling*. Cela consiste à réduire le nombre de sample utilisés lors de la phase du traitement des données afin de pouvoir en tirer des conclusions non biaisées par la surreprésentation d'une des catégories d'un des indicateurs binaires.

Ensuite, après avoir déterminé l'ensemble des statistiques descriptives obtenues lors de la phase de Data Visualisation. Il est possible de déterminer l'existence de patterns existants au sein de notre jeu de données via une modélisation statistique. Nous procéderons alors comme suit : tout d'abord, nous pourrions diviser notre dataset, qui pourrait être un sous-ensemble du dataset initial fourni par Mendeley Data. La division se fait en training set (qui contiendra 80% du dataset exploité) et en un test set (contenant les données restantes soit 20% du dataset exploité) pour ensuite utiliser des méthodes de régression. Dans notre cas, nous effectuerons une modélisation statistique afin de déterminer l'existence ou non de relation concrète entre le PIB, les mesures du développement humain et la létalité du Covid 19 au sein des 210 pays qui constituent notre jeu de données.

Lors de la régression statistique effectuée pour déterminer s'il est possible d'affirmer l'existence d'une relation entre le nombre de morts/cas et les indicateurs économiques. L'indicateur VIF (**variance inflation factor**) est utilisé.

Il s'agit du rapport de la variance de l'estimation d'un paramètre dans un modèle qui comprend plusieurs autres paramètres par la variance d'un modèle construit en utilisant un seul des paramètres. Il quantifie l'importance de la multicollinéarité dans une analyse de régression par les moindres carrés ordinaires. Il fournit donc un indice qui mesure de combien la variance d'un coefficient de régression estimé est augmentée à cause de la colinéarité.

Si on considère un modèle de régression linéaire avec  $k$  variables descriptives :

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_k X_k$$

Alors l'erreur standard de l'estimation de  $\beta_j$  est la racine carrée du  $j+1$ -ème élément diagonale de  $s^2 (X'X)^{-1}$ , où

- $s$  est la racine de l'erreur quadratique moyenne (RMSE)
- $X$  est la matrice du plan de régression - une matrice telle que  $X_{i,j}$  est la valeur de la  $j$ -ième variable indépendante pour le  $i$ -ème observation, et telle que  $X_{i,0}$  est le vecteur prédictor associé au terme d'interception, qui est égal à 1 pour tous les  $i$ .

Il s'avère alors que le carré de cette erreur standard, la variance estimée de l'estimation de  $\beta_j$ , peut être exprimé de manière équivalente comme suit :

$$Var(\beta_j) = \frac{s^2}{(n-1)Var(X_j)(1-R_j^2)}$$

Où  $R_j^2$  correspond au coefficient  $R^2$  de la régression de  $X_j$  sur les autres paramètres.

Enfin, on obtient ainsi l'élément qui nous intéresse. En effet, on définit la valeur du VIF comme la valeur du quotient :  $\frac{1}{1-R_j^2}$ . Il reflète tous les autres facteurs qui influencent l'incertitude des estimations des coefficients.

## 2. Présentation du dataset choisi

Dans un premier temps, nous visualiserons les données du fichier *raw\_data.csv* en faisant apparaître des graphiques avec les modules *plotly* et *seaborn*. Ce dataset contient les données de 210 pays en ce qui concerne l'impact de covid-19 sur l'économie mondiale. Les principaux indicateurs retenus au sein du dataset sont :

### HDI :

L'IDH a été créé pour souligner que les personnes et leurs capacités devraient être le critère ultime d'évaluation du développement d'un pays, et non la seule croissance économique. \* [2] UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME, *Human Development Index (HDI)*

L'IDH peut également être utilisé pour remettre en question les choix de politique nationale, en demandant comment deux pays ayant le même niveau de RNB par habitant peuvent aboutir à des résultats différents en matière de développement humain. Ces contrastes peuvent stimuler le débat sur les priorités des politiques gouvernementales.

L'indice de développement humain (IDH) est une mesure synthétique de la réalisation moyenne des dimensions clés du développement humain : une vie longue et saine, être bien informé et avoir un niveau de vie décent. Il est la moyenne géométrique des indices normalisés pour chacune des trois dimensions.

La santé est évaluée par l'espérance de vie à la naissance, l'éducation est mesurée par la moyenne des années de scolarisation pour les adultes âgés de 25 ans et plus et les années de scolarisation prévues pour les enfants en âge d'être scolarisés. La dimension du niveau de vie est mesurée par le revenu national brut par habitant. L'IDH utilise le logarithme du revenu, pour refléter la diminution de l'importance du revenu avec l'augmentation du RNB. Les scores des trois indices de dimension de l'IDH sont ensuite agrégés en un indice composite en utilisant la moyenne géométrique. Se référer aux notes techniques pour plus de détails.

L'IDH simplifie et ne saisit qu'une partie de ce qu'implique le développement humain. Il ne reflète pas les inégalités, la pauvreté, la sécurité humaine, l'autonomisation, etc. Le BRDH offre les autres indices composites comme une approximation plus large de certaines des questions clés du développement humain, de l'inégalité, de la disparité entre les sexes et de la pauvreté.

Une image plus complète du niveau de développement humain d'un pays nécessite l'analyse d'autres indicateurs mais cela ne rentre pas dans le cadre de cette étude.

### **Indice de rigueur :**

L'indice qui a été développé a impliqué une équipe de 100 membres de la communauté d'Oxford qui ont mis à jour en permanence une base de données de 17 indicateurs de la réponse des gouvernements. \* **[3] *The Indian Express, What is Stringency Index?, May 2020***

Ces indicateurs examinent les politiques de confinement telles que la fermeture des écoles et des lieux de travail, les événements publics, les transports publics, les politiques de maintien à domicile.

L'indice de rigueur est un chiffre de 0 à 100 qui reflète ces indicateurs. Un indice plus élevé indique un niveau de rigueur plus important.

### **PIB par habitant (GDPCAP)**

Le PIB par habitant est le produit intérieur brut (PIB) par habitant (par personne). Il est dérivé d'une simple division du PIB total par la population. Il est généralement exprimé en monnaie courante locale, en monnaie constante locale ou en une unité monétaire standard sur les marchés internationaux, comme le dollar américain (USD).

Le PIB par habitant est un indicateur important de la performance économique et une unité utile pour effectuer des comparaisons entre pays des niveaux de vie moyens et du bien-être économique. Cependant, le PIB par habitant n'est pas une mesure du revenu personnel et son utilisation pour des comparaisons entre pays présente également certaines faiblesses connues. En particulier, le PIB par habitant ne tient pas compte de la répartition des revenus dans un pays. En outre, les comparaisons entre pays basées sur le dollar américain peuvent être faussées par les fluctuations des taux de change et ne reflètent souvent pas le pouvoir d'achat des pays comparés.

**\* [4] FocusEconomics, What is GDP per capita? Q3 2020**

Enfin, les autres indicateurs également utilisés sont :

- Code - Cette colonne représente les codes ISO attribués à un pays. Chaque pays reçoit un code ISO qui peut être de deux formes - Alpha\_2 et Alpha\_3. je peux utiliser ces codes pour trouver le continent dans lequel le pays réside.
- Pays - Cette colonne contient les noms des pays dont les données ont été mentionnées.
- Année – N. je prendrai en compte que les cas jusqu'en octobre 2020, les cas commencent donc à partir de décembre 2019.
- Mois - Contient les mois de décembre 2019 à octobre 2020.
- Population - Indique la population de chaque pays dans le monde. Crucial pour notre analyse.
- TC - Désigne le nombre total de cas. Mesuré quotidiennement, ce décompte me donne le nombre de personnes touchées par la pandémie de COVID-19.
- TD - Désigne le nombre total de décès. Mesuré quotidiennement, ce décompte me donne le nombre de personnes décédées à la suite d'une contamination par le virus SARS-COV-2.

### 3. Data Cleaning

On obtient dans un premier temps, après avoir importé et chargé le dataset, la description suivante :

```

iso_code          0
location          0
date              0
total_cases       3094
total_deaths      11190
stringency_index  7126
population        0
gdp_per_capita    5712
human_development_index 6202
Unnamed: 9        0
Unnamed: 10       0
Unnamed: 11       0
Unnamed: 12       0
Unnamed: 13       0
dtype: int64

CODE              0
COUNTRY           0
DATE              0
HDI               6202
TC                0
TD                0
STI               0
POP               0
GDPCAP            0
dtype: int64

```

On remarque en particulier la présence de valeurs nulles dans cet ensemble de données. Elles sont particulièrement préoccupantes dans cet ensemble de données car elles sont présentes dans les colonnes IDH et PIBCAP.

Ces valeurs ne peuvent pas être remplies avec une moyenne, ou un SimpleImputer car ces valeurs diffèrent selon les pays.

Pour la suite nous procéderons à la visualisation des relations existants entre ces couples de variables en prenant soin de normaliser par la taille de la population :

Date – TC  
Date – TD  
Date – STI  
Date – HDI  
Date – TC

Une simple représentation graphique nous permettra de visualiser l'évolution temporelle de la pandémie dans chacun des pays

Ensuite, j'utiliserai la librairie seaborn pour tracer la matrice de corrélation entre les variables TC, TD, STI, POP, HDI et GDPCAP.

Suivant les résultats de cette matrice, nous déterminerons les autres graphes qui pourraient apporter des informations utiles dans le cadre de l'étude de l'impact économique de la pandémie de Covid 19.

Dans le cadre de l'exploitation du dataset fourni par Mendeley Data, nous débutons l'étude en important l'ensemble des librairies Python qui seront utilisées dans un premier temps lors de la phase de Data Cleaning. Elles permettent d'obtenir un jeu de données exploitables. Numpy est utilisé pour les opérations algébriques sur le dataset, pandas pour les opérations de data processing.

On visualise les attributs et les samples de notre dataset (5 premiers et 5 derniers) :

df #On visualise les attributs et les samples de notre dataset (5 premiers et 5 derniers)

	iso_code	location	date	total_cases	total_deaths	stringency_index	population	gdp_per_capita	human_development_index	Unnamed: 9	Unnamed: 10	Unnamed: 11	Unnamed: 12	Unnamed: 13
0	AFG	Afghanistan	2019-12-31	0.0	0.0	0.00	38928341	1803.987	0.498	#NUM!	#NUM!	#NUM!	17.477233	7.497754494
1	AFG	Afghanistan	2020-01-01	0.0	0.0	0.00	38928341	1803.987	0.498	#NUM!	#NUM!	#NUM!	17.477233	7.497754494
2	AFG	Afghanistan	2020-01-02	0.0	0.0	0.00	38928341	1803.987	0.498	#NUM!	#NUM!	#NUM!	17.477233	7.497754494
3	AFG	Afghanistan	2020-01-03	0.0	0.0	0.00	38928341	1803.987	0.498	#NUM!	#NUM!	#NUM!	17.477233	7.497754494
4	AFG	Afghanistan	2020-01-04	0.0	0.0	0.00	38928341	1803.987	0.498	#NUM!	#NUM!	#NUM!	17.477233	7.497754494
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
50413	ZWE	Zimbabwe	2020-10-15	8055.0	231.0	76.85	14862927	1899.775	0.535	8.994048296	5.442417711	4.34185547	16.514381	7.549490737
50414	ZWE	Zimbabwe	2020-10-16	8075.0	231.0	76.85	14862927	1899.775	0.535	8.996528148	5.442417711	4.34185547	16.514381	7.549490737
50415	ZWE	Zimbabwe	2020-10-17	8099.0	231.0	76.85	14862927	1899.775	0.535	8.999495876	5.442417711	4.34185547	16.514381	7.549490737
50416	ZWE	Zimbabwe	2020-10-18	8110.0	231.0	76.85	14862927	1899.775	0.535	9.000853147	5.442417711	4.34185547	16.514381	7.549490737
50417	ZWE	Zimbabwe	2020-10-19	8147.0	231.0	76.85	14862927	1899.775	0.535	9.00540504	5.442417711	4.34185547	16.514381	7.549490737

50418 rows x 14 columns

<https://colab.research.google.com/drive/11Em0-GbMQGrQr-KwCKEzHvp3u3HpeAhV#scrollTo=cVKZF7a0cfv&line=1&uniqifier=1>

La première visualisation montre que certaines colonnes n'ont pas été nommées correctement (Unnamed 9, 10, 11, etc). On utilise la fonction rename pour leur associer le nom des indicateurs correspondants. On vérifie que les modifications ont bien été effectuées :

```
df = df.rename(columns = {'human_development_index': 'HDI', 'Unnamed: 9': 'TC', 'Unnamed: 10': 'TD', 'Unnamed: 11': 'STI', 'Unnamed: 12': 'POP', 'Unnamed: 13': 'GDPCAP'})
```

	iso_code	location	date	total_cases	total_deaths	stringency_index	population	gdp_per_capita	HDI	TC	TD	STI	POP	GDPCAP
0	AFG	Afghanistan	2019-12-31	0.0	0.0	0.00	38928341	1803.987	0.498	#NUM!	#NUM!	#NUM!	17.477233	7.497754494
1	AFG	Afghanistan	2020-01-01	0.0	0.0	0.00	38928341	1803.987	0.498	#NUM!	#NUM!	#NUM!	17.477233	7.497754494
2	AFG	Afghanistan	2020-01-02	0.0	0.0	0.00	38928341	1803.987	0.498	#NUM!	#NUM!	#NUM!	17.477233	7.497754494
3	AFG	Afghanistan	2020-01-03	0.0	0.0	0.00	38928341	1803.987	0.498	#NUM!	#NUM!	#NUM!	17.477233	7.497754494
4	AFG	Afghanistan	2020-01-04	0.0	0.0	0.00	38928341	1803.987	0.498	#NUM!	#NUM!	#NUM!	17.477233	7.497754494
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
50413	ZWE	Zimbabwe	2020-10-15	8055.0	231.0	76.85	14862927	1899.775	0.535	8.994048296	5.442417711	4.34185547	16.514381	7.549490737
50414	ZWE	Zimbabwe	2020-10-16	8075.0	231.0	76.85	14862927	1899.775	0.535	8.996528148	5.442417711	4.34185547	16.514381	7.549490737
50415	ZWE	Zimbabwe	2020-10-17	8099.0	231.0	76.85	14862927	1899.775	0.535	8.999495876	5.442417711	4.34185547	16.514381	7.549490737
50416	ZWE	Zimbabwe	2020-10-18	8110.0	231.0	76.85	14862927	1899.775	0.535	9.000853147	5.442417711	4.34185547	16.514381	7.549490737
50417	ZWE	Zimbabwe	2020-10-19	8147.0	231.0	76.85	14862927	1899.775	0.535	9.00540504	5.442417711	4.34185547	16.514381	7.549490737

50418 rows x 14 columns

<https://colab.research.google.com/drive/11Em0-GbMQGrQr-KwCKEzHvp3u3HpeAhV#scrollTo=sramamytldDr&line=1&uniqifier=1>

On remarque que mon dataset contient certaines erreurs. Cela provient du fait que la valeur de certains indicateurs (nombre de morts, nombre de décès, indice STI ) sont indisponibles pour certains pays. La solution est donc d'utiliser la fonction `to_numeric` pour remplacer les erreurs par des valeurs numériques pour ensuite utiliser `isnull.sum` pour déterminer leur nombre :

```
df['TC'] = pd.to_numeric(df['TC'],errors = 'coerce')
df['TD'] = pd.to_numeric(df['TD'],errors = 'coerce')
df['STI'] = pd.to_numeric(df['STI'],errors = 'coerce')
df['GDPCAP'] = pd.to_numeric(df['GDPCAP'],errors = 'coerce')
```

Par la suite, nous renvoyons le nombre de valeurs manquantes dans l'ensemble de données afin de continuer le data cleaning :

```
df.isnull().sum()
iso_code          0
location          0
date              0
total_cases       3094
total_deaths      11190
stringency_index  7126
population        0
gdp_per_capita    5712
HDI               6202
TC               3594
TD              12298
STI              10042
POP              0
GDPCAP           5712
dtype: int64
https://colab.research.google.com/drive/11Em0-GbMQGrQr-KwCKEzHvp3u3HpeAhV#scrollTo=2loCLz7z2Fqp&line=1&uniqifier=1
```

On remplace toutes les valeurs nan obtenues par la méthode `to_numeric` par des valeurs nulles. Ensuite on utilise `combine_first` pour combiner les séries correspondantes en une seule. Le résultat est l'union des deux séries.

En cas de valeur nulle dans la première série, la valeur de la série passée est prise.

En cas de deux valeurs nulles au même indice, null est retourné à cet indice :

```
df['TC'] = df['TC'].combine_first(0 * df['total_cases'])
```

```
df['TD'] = df['TD'].combine_first(0 * df['total_deaths'])
df['STI'] = df['STI'].combine_first(0 * df['stringency_index'])
df['GDPCAP'] = df['GDPCAP'].combine_first(0 * df['gdp_per_capita'])
```

	iso_code	location	date	total_cases	total_deaths	stringency_index	population	gdp_per_capita	HDI	TC	TD	STI	POP	GDPCAP
0	AFG	Afghanistan	2019-12-31	0.0	0.0	0.00	38928341	1803.987	0.498	0.000000	0.000000	0.000000	17.477233	7.497754
1	AFG	Afghanistan	2020-01-01	0.0	0.0	0.00	38928341	1803.987	0.498	0.000000	0.000000	0.000000	17.477233	7.497754
2	AFG	Afghanistan	2020-01-02	0.0	0.0	0.00	38928341	1803.987	0.498	0.000000	0.000000	0.000000	17.477233	7.497754
3	AFG	Afghanistan	2020-01-03	0.0	0.0	0.00	38928341	1803.987	0.498	0.000000	0.000000	0.000000	17.477233	7.497754
4	AFG	Afghanistan	2020-01-04	0.0	0.0	0.00	38928341	1803.987	0.498	0.000000	0.000000	0.000000	17.477233	7.497754
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
50413	ZWE	Zimbabwe	2020-10-15	8055.0	231.0	76.85	14862927	1899.775	0.535	8.994048	5.442418	4.341855	16.514381	7.549491
50414	ZWE	Zimbabwe	2020-10-16	8075.0	231.0	76.85	14862927	1899.775	0.535	8.996528	5.442418	4.341855	16.514381	7.549491
50415	ZWE	Zimbabwe	2020-10-17	8099.0	231.0	76.85	14862927	1899.775	0.535	8.999496	5.442418	4.341855	16.514381	7.549491
50416	ZWE	Zimbabwe	2020-10-18	8110.0	231.0	76.85	14862927	1899.775	0.535	9.000853	5.442418	4.341855	16.514381	7.549491
50417	ZWE	Zimbabwe	2020-10-19	8147.0	231.0	76.85	14862927	1899.775	0.535	9.005405	5.442418	4.341855	16.514381	7.549491

50418 rows x 14 columns

<https://colab.research.google.com/drive/11Em0-GbMQGrQr-KwCKEzHvp3u3HpeAhV#scrollTo=08EB2I7P3O-z&line=1&uniqifier=1>

On peut alors procéder à la vérification du dataset pour s'assurer qu'il ne contient pas de valeurs manquantes :

```
df.isnull().sum()
iso_code          0
location          0
date              0
total_cases       0
total_deaths      0
stringency_index  0
population        0
gdp_per_capita    0
HDI               0
TC                0
TD                0
STI               0
POP              0
GDPCAP            0
dtype: int64
```

La phase de data cleaning est terminée : les colonnes redondantes ont été supprimées et les erreurs ont été remplacées par des valeurs numériques. Il est désormais possible de passer à la phase de Data Visualisation pour en apprendre plus sur le dataset.

## 4. Data Visualisation et statistiques descriptives



Lors de cette phase l'objectif sera de :

- Explorer les relations entre les colonnes du dataset
- Interpréter les relation qui découlent des relations déterminées

Tout commence par l'importation des modules qui seront nécessaires. On utilisera donc Seaborn et matplotlib.

```
import seaborn as sns
import matplotlib
import matplotlib.pyplot as plt
import plotly.express as px
%matplotlib inline

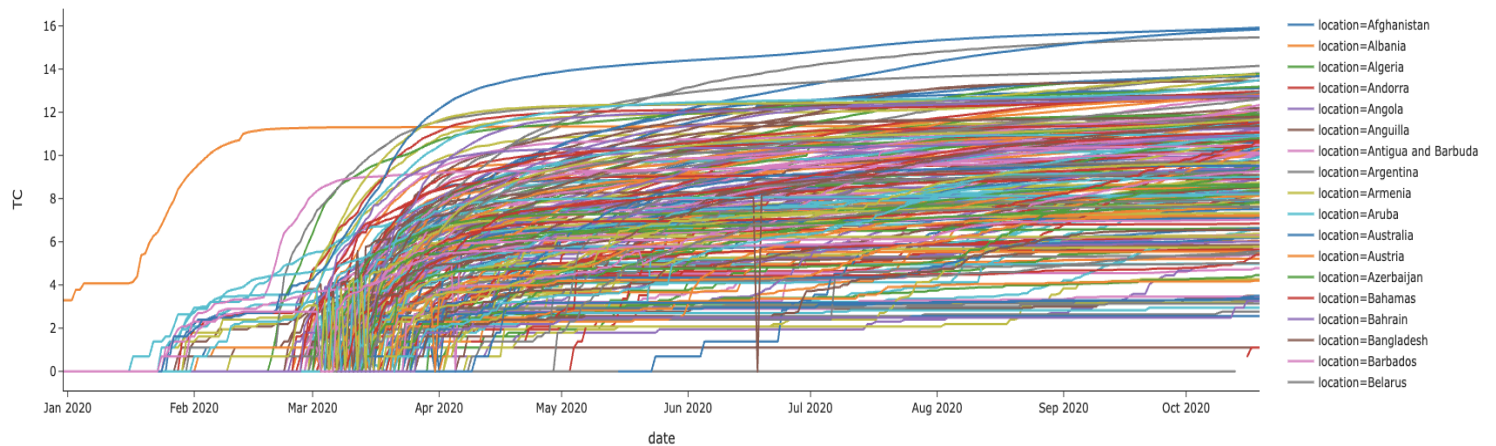
sns.set_style('darkgrid')
matplotlib.rcParams['font.size'] = 5
matplotlib.rcParams['figure.figsize'] = (10, 6)
matplotlib.rcParams['figure.facecolor'] = '#00000000'
```

Le graphique ci-dessus montre la relation entre la date et le nombre total de cas. Il permet de remarquer que ce dernier augmente fortement dans chaque pays au début de l'épidémie, et qu'ensuite, le nombre de cas tend vers une valeur constante. Cela est une conséquence directe de la prise de conscience des gouvernements de l'enjeu sanitaire.

```
Graph = px.line(df, x="date", y="TC", color="location",
                title='Évolution temporelle du nombre de cas',
                template="simple_white")
```

```
Graph.show()
```

Évolution temporelle du nombre de cas



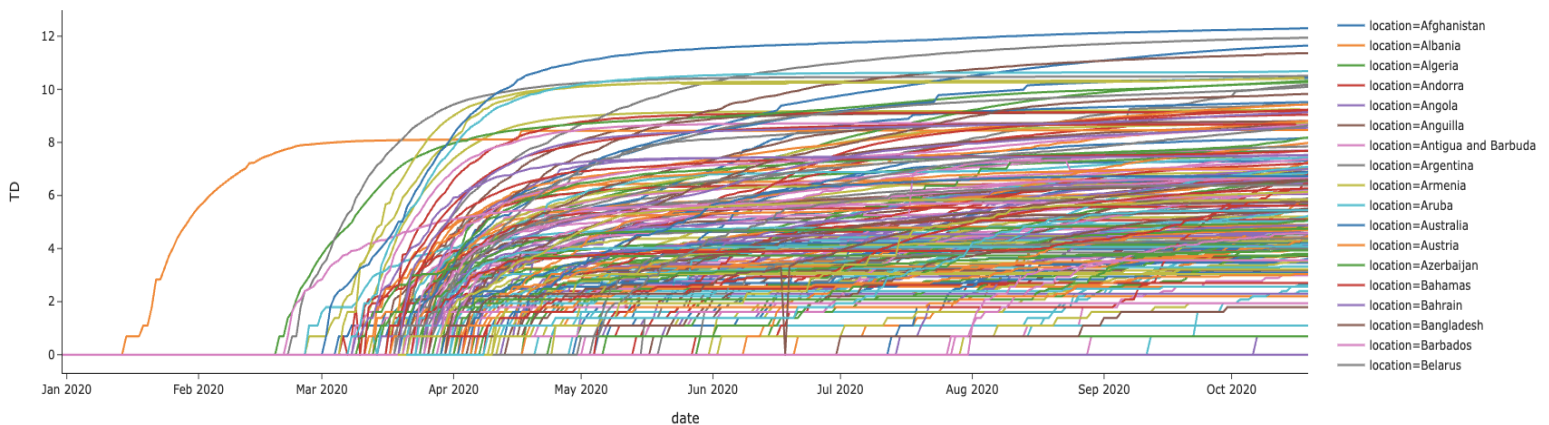
<https://colab.research.google.com/drive/1lEm0-GbMQGrQr-KwCKEzHvp3u3HpeAhV#scrollTo=PkeEZ5lL7WRW&line=6&uniqifier=1>

Ensuite, ce graphique montre la relation entre la date et le nombre total de morts (déterminée à partir de la colonne `total_deaths`). On remarque qu'au début, le nombre de morts augmente fortement dans chaque pays, et qu'ensuite la nombre de morts est en très légère augmentation. Cela traduit directement l'impact des mesures prises par l'ensemble des pays et qui se reflètent via l'indice STI.

```
Graph2 = px.line(df, x="date", y="TD", color="location",  
                 title='Évolution temporelle du nombre total de morts',  
                 template="simple_white")
```

```
Graph2.show()
```

Évolution temporelle du nombre total de morts

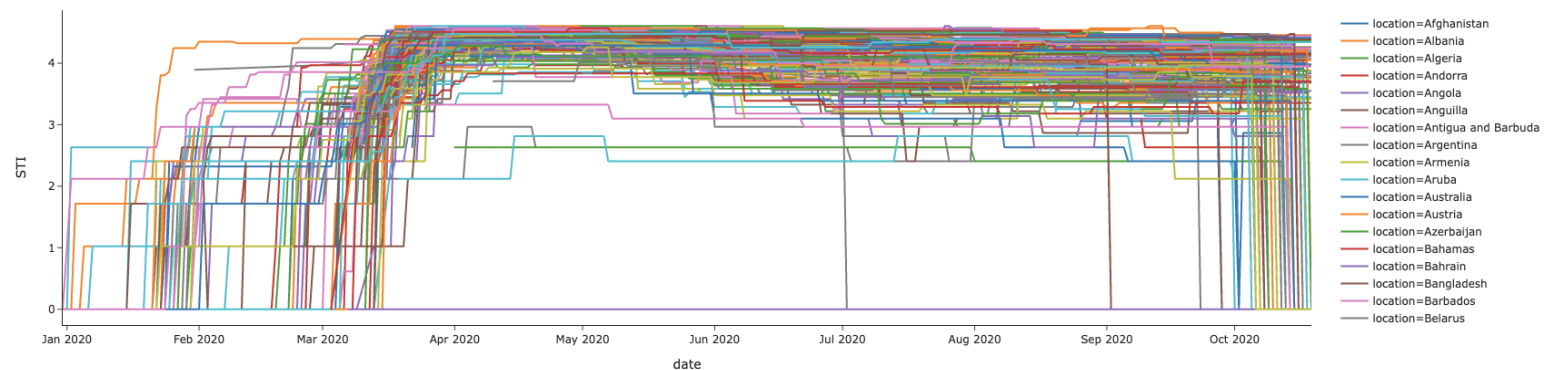


<https://colab.research.google.com/drive/11Em0-GbMQGrQr-KwCKEzHvp3u3HpeAhV#scrollTo=qsy5Tocf7qsI&line=1&uniqifier=>

Intéressons nous maintenant à l'évolution temporelle de l'indice de rigueur pour chaque pays. Il illustre l'importance des mesures prises par chaque ayant pour but d'endiguer l'épidémie, ou du moins, limiter la propagation du virus.

```
fig2 = px.line(df, x="date", y="STI", color="location",
               title='Évolution temporelle de l indice de rigueur',
               template="simple_white")
fig2.show()
```

Évolution temporelle de l indice de rigueur



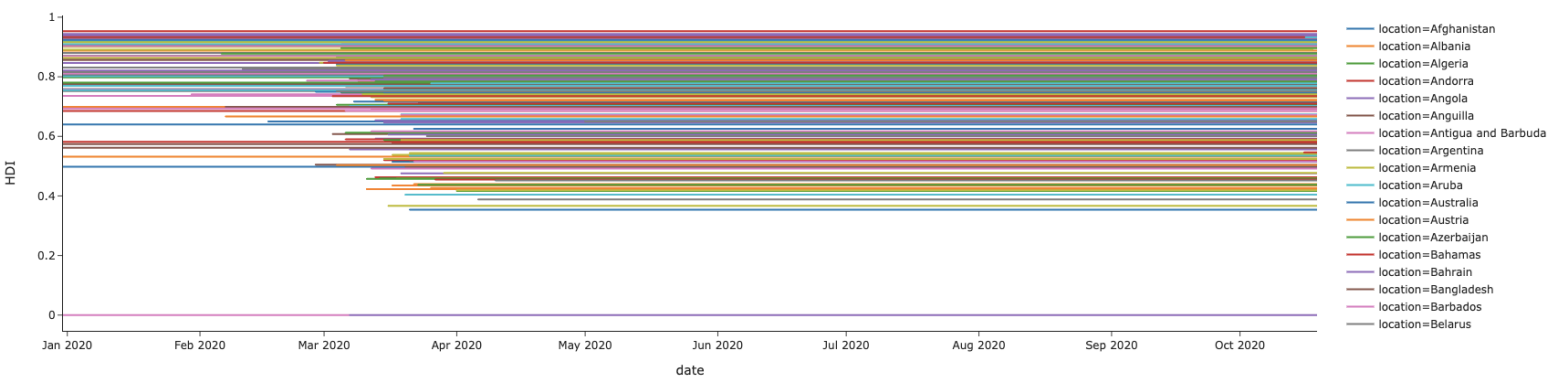
<https://colab.research.google.com/drive/11Em0-GbMQGrQr-KwCKEzHvp3u3HpeAhV#scrollTo=gZZBFlwM9Dds&line=1&uniqifier=1>

On remarque qu'à partir de Mars, des mesures très fortes ont été prises à l'échelle mondiale. Cela s'est traduit en France par exemple par un strict confinement national. Cependant, on voit également que les gouvernements ont commencé à relâcher les restrictions à partir de Septembre 2020. À posteriori, cela peut être considéré comme une erreur puisque l'épidémie a connu un second pic à partir du mois de Novembre 2020.

En traçant par la suite l'évolution de l'IDH au cours de la pandémie, on remarque que sa valeur est restée constante. Cela s'explique par le fait que l'indice varie sur des intervalles de temps plus longs.

```
Graph3 = px.line(df, x="date", y="HDI", color="location",
                  title='Évolution temporelle de l IDH',
                  template="simple_white")
Graph3.show()
```

Évolution temporelle de l IDH

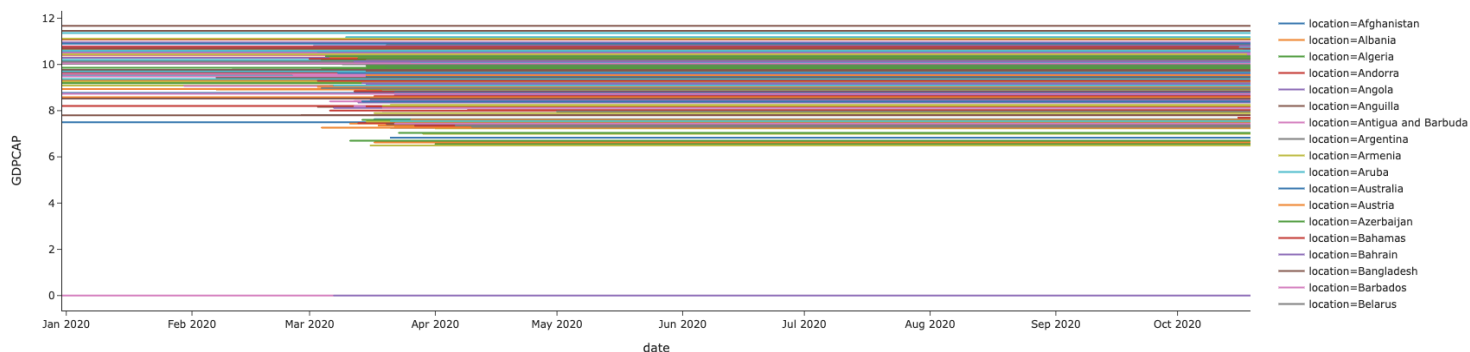


<https://colab.research.google.com/drive/11Em0-GbMQGrQr-KwCKEzHvp3u3HpeAhV#scrollTo=5RloXP6xBBzv&line=2&uniqifier=1>

Ce graphique montre la relation entre la date et la colonne GDPCAP. Le résultat obtenu est cohérent avec le graphe précédent car si le GDPCAP est élevé, l'IDH de ce pays le sera également.

```
Graph4 = px.line(df, x="date", y="GDPCAP", color="location",
                  title='Évolution temporelle du GDPCAP',
                  template="simple_white")
Graph4.show()
```

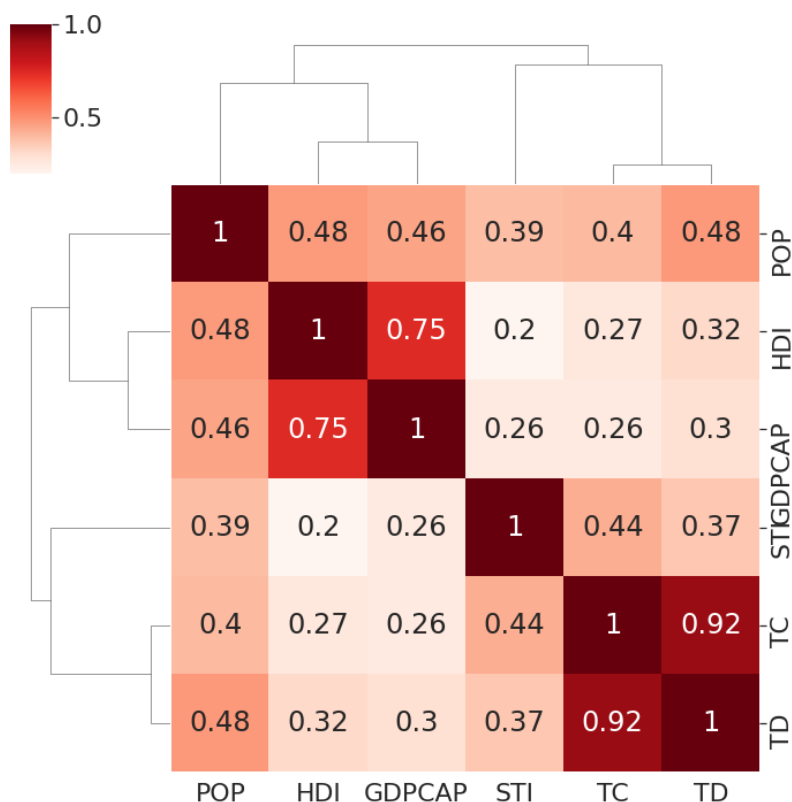
Évolution temporelle du GDPCAP



<https://colab.research.google.com/drive/11Em0-GbMQGrQr-KwCKEzHvp3u3HpeAhV#scrollTo=4lwBa5YrBx5e&line=1&uniqifier=1>

Passons désormais au tracé de la matrice de corrélation qui nous permettra de connaître la corrélation entre les différentes colonnes :

```
plt.figure(figsize=(10,5))
corr_cols = ["TC", "TD", "STI", "POP", "HDI", "GDPCAP"]
sns.clustermap(df[corr_cols].corr(),annot = True,cmap = "Reds")
sns.set(font_scale=14)
```



La matrice permet d'affirmer de manière non surprenante la forte corrélation entre les variables correspondant au nombre total de cas et le nombre total de morts. D'autre part, on remarque également la corrélation entre PIB par habitant et l'IDH de chaque pays, comme cela a été développé précédemment.

On s'intéressera désormais de manière plus détaillée sur le lien pouvant exister entre la santé économique d'un pays et l'incidence du Covid-19 qu'il a pu connaître sur la période considérée.

Tout d'abord j'affiche quelques statistiques descriptives du PIB par habitant :

```
df['gdp_per_capita'].describe()

count      50418.000000
mean       18460.095227
std        20348.222700
min         0.000000
25%        2851.153000
50%        11713.895000
75%        27936.896000
max        116935.600000
Name: gdp_per_capita, dtype: float64
```

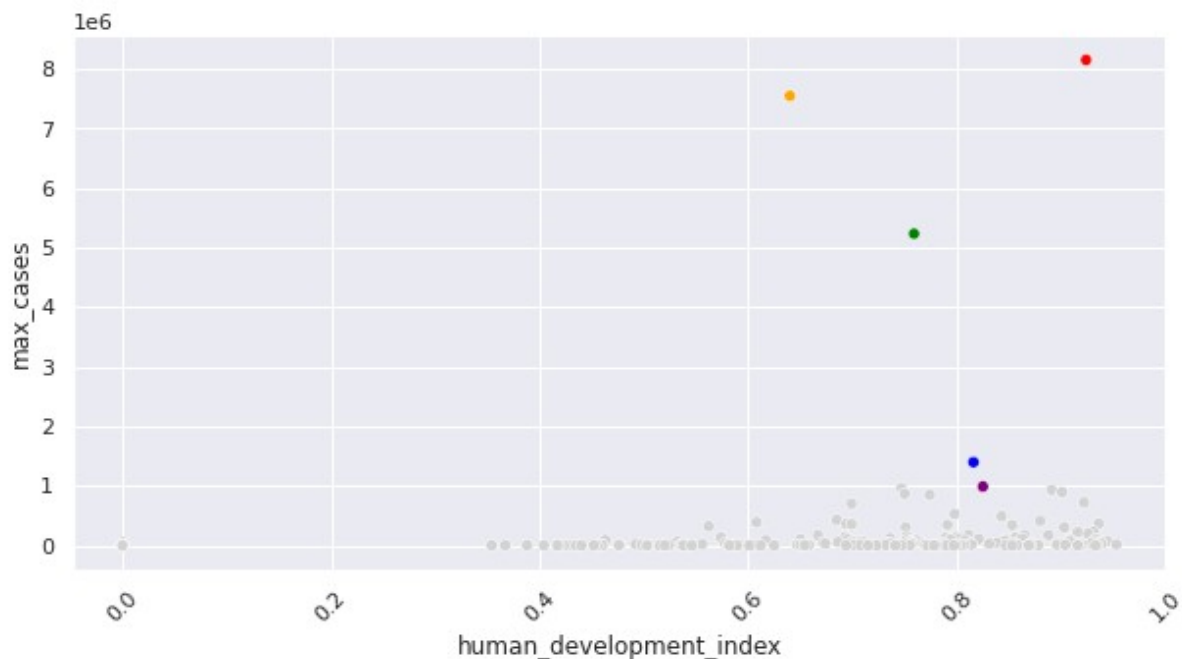
Cela permet de remarquer notamment la grande valeur de l'écart type par rapport à la moyenne du PIB par habitant de l'ensemble des pays.

Ensuite, on trace au sein le nombre de cas dans chaque pays en fonction de l'IDH et on obtient le graphe ci-dessous :

```
total_cases_sorted = covid_agg.dropna(subset =
['human_development_index']).sort_values(['max_cases'], ascending =
False)
colorlist = ['red', 'orange', 'green', 'blue', 'purple']
palette = {c:colorlist[i] for i, c in
enumerate(total_cases_sorted['location'].unique()[:5])}
print(palette)
other_palette = {c:'lightgrey' for c in
total_cases_sorted['location'].unique()[5:]}
palette = {**palette, **other_palette}
```

```
plt.figure(figsize = [10,5])
sns.set(style="darkgrid")

ax = sns.scatterplot(x='human_development_index', y='max_cases',
hue='location', palette = palette, data = total_cases_sorted)
ax.get_legend().remove()
plt.xticks(rotation=45)
plt.show()
```



```
{'United States': 'red', 'India': 'orange', 'Brazil': 'green',
'Russia': 'blue', 'Argentina': 'purple'}
```

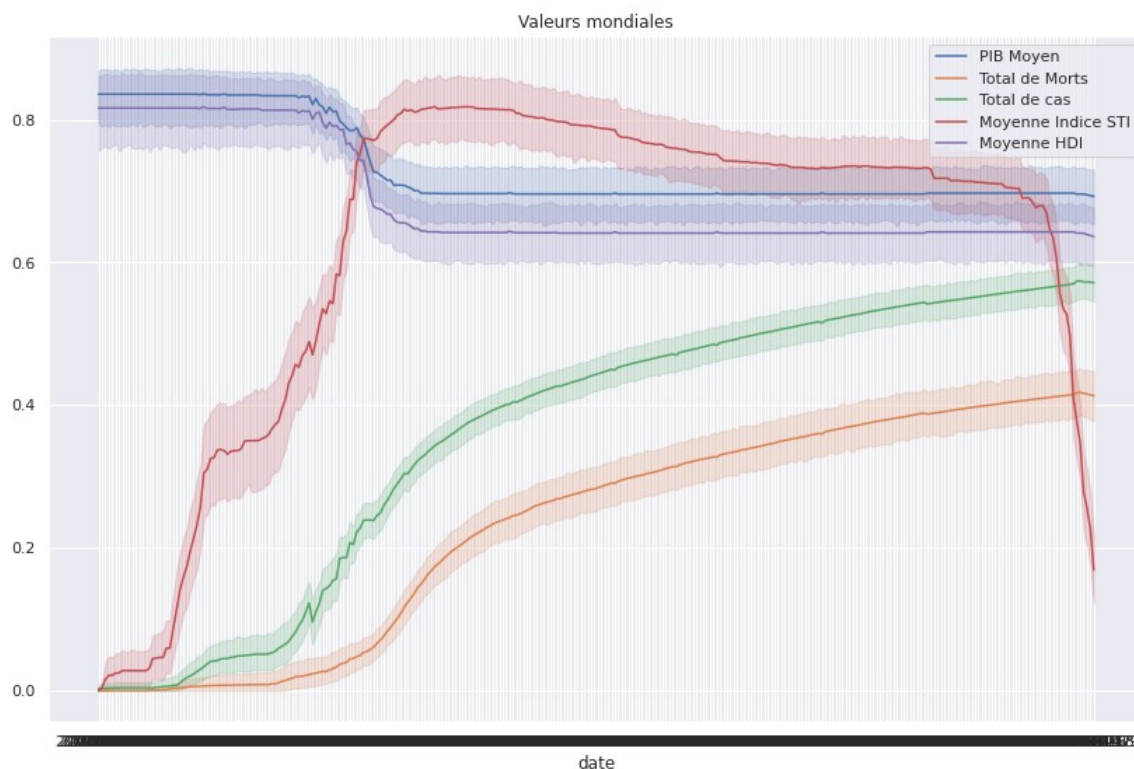
<https://colab.research.google.com/drive/11Em0-GbMQGrQr-KwCKEzHvp3u3HpeAhV#scrollTo=hs2PGxcnGBst&line=1&uniqifier=1>

Cependant ce graphe ne permet pas de conclure de la relation directe pouvant exister entre ces 2 variables car comme on pouvait le remarquer sur la matrice de corrélation qui a été déterminée précédemment : le nombre de cas d'un pays est fortement corrélé à sa taille démographique. De ce fait, les pays ayant connu le plus de cas sont logiquement ceux connaissant les populations les plus importantes. Il serait de ce fait plus judicieux de normaliser en pondérant le nombre de cas par la population de chaque pays afin de créer une nouvelle variable reflétant le nombre de cas par habitant.

Intéressons-nous désormais à l'évolution au cours de la pandémie des principaux indicateurs étudiés jusqu'à maintenant, pour cela on importe la fonction `MinMaxScaler` qui met à l'échelle et traduit chaque caractéristique individuellement de manière à ce

qu'elle se situe dans la plage donnée . Ensuite, via Seaborn, on affiche l'évolution temporelle de ces indicateurs ainsi que l'écart type. Le résultat obtenu est ci-dessous :

```
from sklearn.preprocessing import MinMaxScaler
plt.subplots(figsize=(14,9))
sns.lineplot(x=df.date,y=MinMaxScaler().fit_transform(np.array(df['GDPC
AP']).reshape(-1,1)).ravel(), label='PIB Moyen')
sns.lineplot(x=df.date,y=MinMaxScaler().fit_transform(np.array(df['TD']
)).reshape(-1,1)).ravel(), label='Total de Morts')
sns.lineplot(x=df.date,y=MinMaxScaler().fit_transform(np.array(df['TC']
)).reshape(-1,1)).ravel(), label='Total de cas')
sns.lineplot(x=df.date,y=MinMaxScaler().fit_transform(np.array(df['STI'
])).reshape(-1,1)).ravel(), label='Moyenne Indice STI')
sns.lineplot(x=df.date,y=MinMaxScaler().fit_transform(np.array(df['HDI'
])).reshape(-1,1)).ravel(), label='Moyenne HDI')
plt.title('Valeurs mondiales')
plt.show()
```



<https://colab.research.google.com/drive/11Em0-GbMQGrQr-KwCKEzHvp3u3HpeAhV#scrollTo=y4pQcY7qihLx&line=1&uniqifier=1>

Les tendances obtenues viennent compléter les résultats obtenus précédemment. L'impact réel de Covid 19 sur le PIB et le développement humain est maintenant plus clair. Lorsque le nombre total de cas et le nombre total de décès augmentent, le PIB et l'IDH diminuent et l'indice STI augmente.



Il est intéressant de noter que les changements du PIB, de l'IDH et de l'indice STI sont antérieurs à ceux du nombre total de cas et de décès. Cet effet pourrait se traduire comme une réaction : "Nous l'avions vu venir mais cela ne nous a pas suffi pour nous préparer correctement".

Au cours du dernier mois de l'échelle temporelle, le nombre total de cas et le nombre total de décès ont fortement diminué et le PIB et l'IDH ont augmenté de manière moins que corrélative. L'indice STI devrait diminuer compte tenu des informations précédentes, mais il a augmenté. Cela est peut-être dû à la peur globale de continuer à prendre de mauvaises décisions qui fait son apparition.

## 5. Modélisation statistique

L'ensemble des résultats obtenus lors de la phase de data visualisation ont permis d'explicitier l'évolution des principaux indicateurs au cours de la pandémie. Cela nous a permis par exemple de connaître les pays ayant été le plus impactés. Néanmoins, il reste à répondre à la question principale : Après ajustement pour la population, le PIB par habitant et l'indice de développement humain ont-ils une incidence sur le nombre maximal de cas et de décès ?

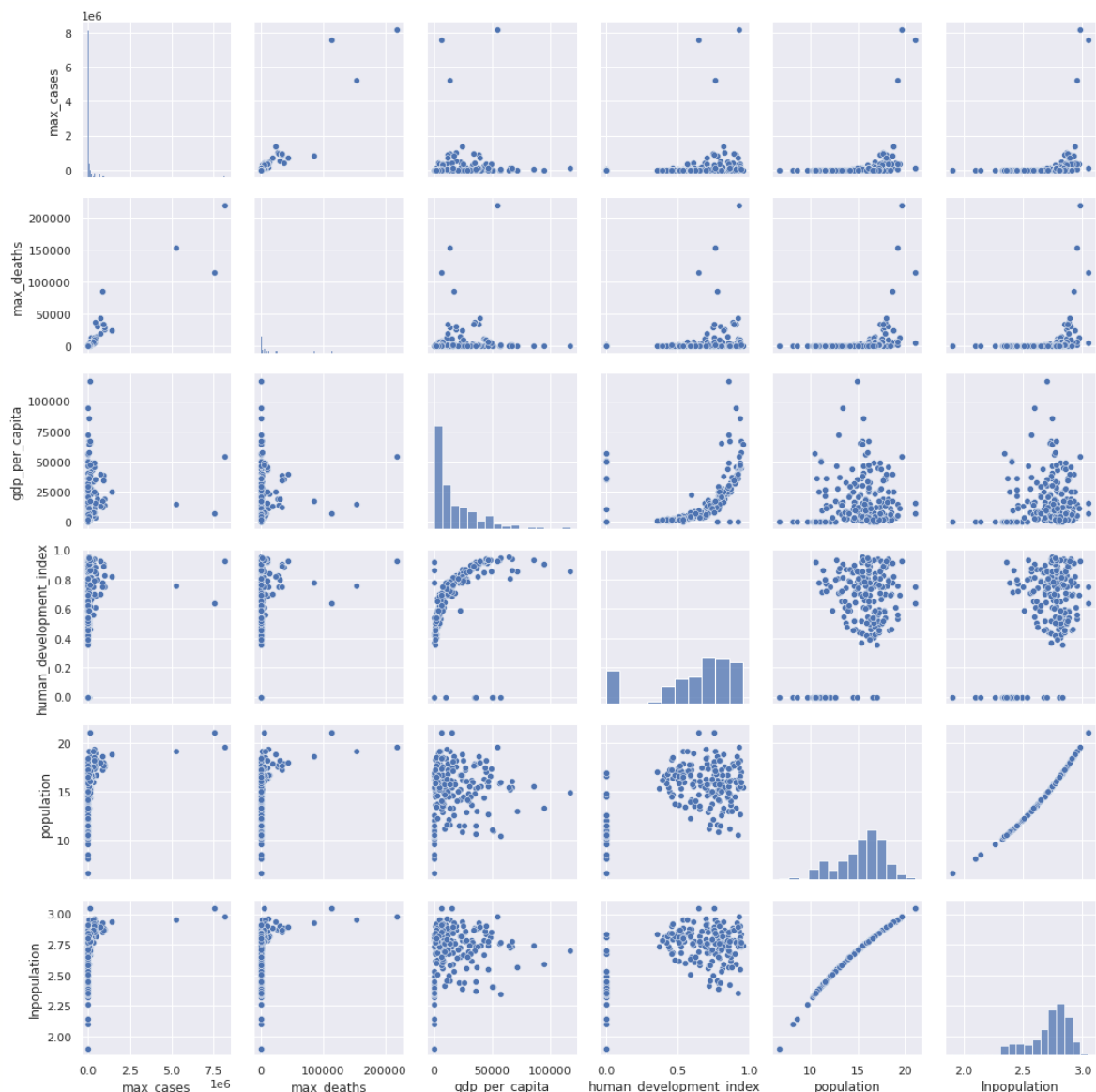
Pour cela on décide de procéder en éliminant l'ensemble des samples présentant des données manquantes afin de mener une approche différente de celle établie précédemment :

```
df.dropna().info()
```

Cette commande permet de conserver 165 pays de l'échantillon.

Pour déterminer si après undersampling, il est toujours possible de tirer des informations cohérentes de notre dataset, j'utilise pairplot de la librairie seaborn qui créera une grille d'axes telle que chaque variable numérique des données sera partagée entre les axes des y sur une seule ligne et les axes des x sur une seule colonne. Des diagrammes diagonaux sont également présentés à travers un diagramme de distribution univarié est dessiné pour montrer la distribution marginale des données dans chaque colonne.

Le résultat obtenu est ci-dessous :



<https://colab.research.google.com/drive/11Em0-GbMQGrQr-KwCKEzHvp3u3HpeAhV#scrollTo=ibCil1QGs3zf&line=1&uniqifier=1>

Compte tenu de la répartition des valeurs prises les indicateurs dans les samples retenus après filtrage, j'en déduis qu'il est possible d'utiliser l'undersampling pour étudier la relation entre les principaux indicateurs économiques et l'impact de la pandémie sur chaque pays (Cas, morts)

Par la suite, j' utilise la fonction Variance Inflation Factor pour vérifier s'il n'existe pas de multi colinéarité entre les colonnes. En effet la matrice de corrélation établie précédemment avait permis de montrer par exemple une forte corrélation entre PIB/hab et IDH. Le code suivant est utilisé :

```
from statsmodels.stats.outliers_influence import
variance_inflation_factor
```

```

Y = covid_agg_cleaned['max_cases']
X = covid_agg_cleaned[['gdp_per_capita', 'human_development_index',
                        'lnpopulation']]

# VIF dataframe
vif_data = pd.DataFrame()
vif_data["feature"] = X.columns

# calculating VIF for each feature
vif_data["VIF"] = [variance_inflation_factor(X.values, i)
                   for i in range(len(X.columns))]

print(vif_data)

```

On obtient le résultat suivant :

	feature	VIF
0	gdp_per_capita	3.999162
1	human_development_index	32.746498
2	lnpopulation	22.415592

On en déduit que les variables PIB/habitant et IDH ont un VIF élevé, indiquant que ces deux variables sont fortement corrélées. Il ne faut donc introduire qu'un seul facteur dans le modèle.

Dans ce cas, le pib\_par\_capita est affecté par le nombre d'habitants. Par conséquent, si nous voulons ajuster pour la population, nous devons utiliser l'IDH.

On passe désormais à la régression statistique via la fonction OLS importée depuis la librairie statsmodels, comme illustrée ci-dessus :

```

import statsmodels.api as sm

Y = df['max_cases']
X = df[['human_development_index', 'lnpopulation']]

result = sm.OLS( Y, X ).fit()
result.summary()

```

### OLS Regression Results

**Dep. Variable:** max\_cases **R-squared (uncentered):** 0.064  
**Model:** OLS **Adj. R-squared (uncentered):** 0.055  
**Method:** Least Squares **F-statistic:** 7.107  
**Date:** Wed, 17 Nov 2021 **Prob (F-statistic):** 0.00103  
**Time:** 22:23:38 **Log-Likelihood:** -3164.7  
**No. Observations:** 210 **AIC:** 6333.  
**Df Residuals:** 208 **BIC:** 6340.  
**Df Model:** 2  
**Covariance Type:** nonrobust

	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
human_development_index	3.099e+0	2.22e+0	1.39	0.16	-	7.47e+0
x	5	5	7	4	1.27e+05	5
Inpopulation	5024.935	5.51e+0	0.09	0.92	-	1.14e+0
	3	4	1	7	1.04e+05	5

**Omnibus:** 335.49 **Durbin-Watson:** 1.958  
 4  
**Prob(Omnibus)** 0.000 **Jarque-Bera** 38865.86  
**:** **(JB):** 6  
**Skew:** 7.881 **Prob(JB):** 0.00  
**Kurtosis:** 67.756 **Cond. No.** 10.8

### Warnings:

[1] Standard Errors assume that the covariance matrix of the errors is correctly specified.

[https://colab.research.google.com/drive/11Em0-GbMQGrQr-KwCKEzHvp3u3HpeAhV#scrollTo=OloqOLIT\\_vDj&line=1&uniqifier=1](https://colab.research.google.com/drive/11Em0-GbMQGrQr-KwCKEzHvp3u3HpeAhV#scrollTo=OloqOLIT_vDj&line=1&uniqifier=1)

```
Y = df['max_deaths']
```

```
X = df[['human_development_index', 'lnpopulation']]

result = sm.OLS( Y, X ).fit()
result.summary()
```

OLS Regression Results

<b>Dep. Variable:</b>	max_deaths	<b>R-squared (uncentered):</b>	0.081
<b>Model:</b>	OLS	<b>Adj. R-squared (uncentered):</b>	0.072
<b>Method:</b>	Least Squares	<b>F-statistic:</b>	9.113
<b>Date:</b>	Wed, 17 Nov 2021	<b>Prob (F-statistic):</b>	0.000161
<b>Time:</b>	22:24:20	<b>Log-Likelihood:</b>	-2391.4
<b>No. Observations:</b>	210	<b>AIC:</b>	4787.
<b>Df Residuals:</b>	208	<b>BIC:</b>	4793.
<b>Df Model:</b>	2		
<b>Covariance Type:</b>	nonrobust		

	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
<b>human_development_index</b>	1.018e+5	5581.3	1.824	0.074	-824.639	2.12e+05
<b>lnpopulation</b>	-222.761	1386.4	-0.161	0.873	-2955.973	2510.45

<b>Omnibus:</b>	316.627	<b>Durbin-Watson:</b>	1.854
<b>Prob(Omnibus):</b>	0.000	<b>Jarque-Bera (JB):</b>	30948.255
<b>Skew:</b>	7.121	<b>Prob(JB):</b>	0.00
<b>Kurtosis:</b>	60.742	<b>Cond. No.</b>	10.8

Warnings:

[1] Standard Errors assume that the covariance matrix of the errors is correctly specified.

<https://colab.research.google.com/drive/11Em0-GbMQGrQr-KwCKEzHvp3u3HpeAhV#scrollTo=URvXeeuaAAgj&line=1&uniqifier=1>

Les R-carrés ajustés pour le nombre de cas et le nombre de décès sont très faibles, ce qui indique que le modèle choisi ne permet pas de représenter l'évolution de ces variables. Une solution possible est d'ajouter plus de facteurs qui justifieraient ces écarts. Malheureusement, nous ne disposons pas de ces facteurs supplémentaires dans le cadre de ce dataset compte tenu de son caractère récent.

### **III. La relance économique**

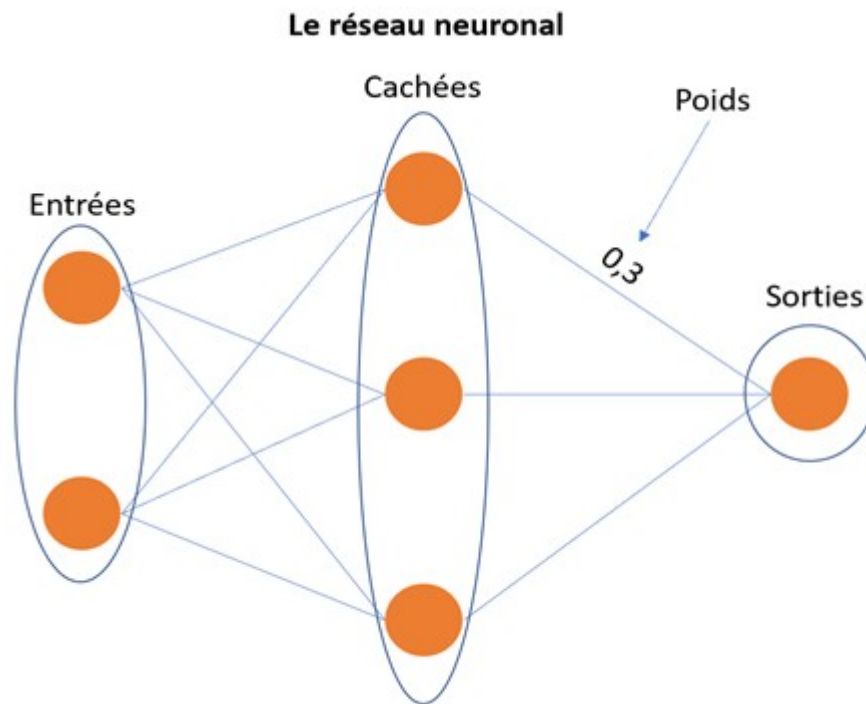
#### **1. Etude des réseaux de neurones**

##### **Le réseau de neurones**

**Entrées** : une paire de deux nombres rationnels.

**Sortie** : 1 ou 0

**Objectif** : entraîner notre IA avec des paires de nombres dont on connaît la sortie pour ensuite pouvoir prédire sur les prochains couples dont on ne connaît pas la sortie, si la sortie sera un 1 ou un 0.



*Fig 11. Le réseau neuronal*

## Création d'un réseau de neurones

Un réseau de neurones est composé de neurones reliées entre elles par des synapses. Dans notre réseau de neurones il y aura 3 couches ; une couche d'entrée

dans laquelle on rentre nos données , une couche cachée de grande taille et enfin une couche de sortie avec nos résultats finaux. Chaque couche de neurone est donc reliée par des synapses et ces synapses ont un poids qui correspond à la force de connexion entre deux neurones.

## Comment fonctionne ce réseau de neurones ?

Il y a plusieurs étapes dans le fonctionnement du réseau de neurones. La première étape va être de multiplier nos valeurs d'entrée par le poids des synapses. Par la suite on va leur appliquer une fonction spéciale, par exemple la fonction sigmoïd très utilisée ( $f(x)=1/(1+e^{-x})$ ). On va donc répéter cette opération entre les neurones de la couche cachée et les neurones de sortie pour obtenir une sortie finale. Notre objectif va alors maintenant être de comparer les résultats finaux obtenus avec le résultat final que l'on aurait dû obtenir pour aboutir sur une marge d'erreur. Une phase de rétropropagation commence alors, son objectif va être de modifier le poids des synapses (la force de connexion entre les neurones) en fonction de la marge d'erreur que l'on aura trouvé à la fin de l'itération.

Cette rétropropagation est primordiale car c'est elle qui va permettre à notre intelligence artificielle de s'entraîner et donc de réduire la marge d'erreur à chaque itération. Cette rétropropagation fonctionne de la manière suivante: on applique la dérivée de la sigmoïd à la marge d'erreur, on va ainsi obtenir une erreur delta. On multiplie alors la matrice des poids des connexions entre les synapses cachées et les synapses par la matrice d'erreur delta, on a alors notre erreur de la couche cachée. On lui applique la dérivée de la sigmoïd et on obtient alors l'erreur delta de la couche cachée. Pour ensuite modifier les synapses on multiplie les valeurs d'entrée par l'erreur delta de la couche cachée pour ajuster ces valeurs avec ce qu'on a pu trouver précédemment.

## Le code

```
21
22 class Reseau(object):
23
24     def __init__(self):
25
26         self.entrées = 2
27         self.sortie = 1
28         self.cachées = 3
29         self.poids1 = np.random.randn(self.entrées, self.cachées)
30         self.poids2 = np.random.randn(self.cachées, self.sortie)
31
```



Fig 12. L'initialisation du code

On crée ici notre classe Réseau qui correspond à notre réseau neuronal. Initialement, notre réseau possède 2 cellules d'entrée (le couple de nombres rationnels que l'on ramène par bijection à un couple entre  $[0 ; 1]$ ), 3 cellules cachées et une cellule de sortie. Elle nous sortira un réel entre  $[0 ; 1]$  que l'on va interpréter de la sorte ; si il est supérieur à 0,5 on considérera que la sortie est 1 et le cas échéant, on considérera qu'elle est de 0. On initialise également les poids entre les différentes cellules dans deux matrices différentes. La première contient le poids des liaisons entre les cellules d'entrées et les cellules cachées et la seconde celui des liaisons entre les cellules cachées et celles de sortie. On initialise ces matrices en les remplissant de nombres aléatoires compris entre  $[0 ; 1]$ . On sera amenés à changer ces valeurs par la suite.

```
31
32 def sigmoide(self, s):
33     return 1/(1+np.exp(-s))
34
35 def propagationavant(self, X):
36
37     self.z = np.dot(X, self.poids1)
38     self.z2 = self.sigmoide(self.z)
39     self.z3 = np.dot(self.z2, self.poids2)
40     o = self.sigmoide(self.z3)
41     return o
```

Fig 13. La fonction propagation avant

On crée ensuite une fonction sigmoïde que l'on va utiliser, comme expliqué précédemment, dans notre programme. On crée alors une fonction de propagation avant qui prend en entrée X qui correspond aux couples d'entrées ramenés entre  $[0 ; 1]$  de notre problème. On leur applique les poids entre les cellules d'entrées et celles cachées par une multiplication matricielle entre les entrées et la première matrice des poids. On applique à ce nouveau vecteur de la taille des cellules cachées la fonction sigmoïde. La première opération est appliquée de nouveau sur le vecteur mais avec la seconde matrice des poids, puis on termine par appliquer une dernière fois notre fonction sigmoïde. La fonction propagation avant retourne un nombre entre  $[0 ; 1]$  qui sera la sortie de notre réseau neuronal.

```

48
49 def sigmoidederive(self, s):
50     return s * (1 - s)
51
52
53 def retropropagation(self, X, y, o):
54
55     self.oErreur = y - o
56     self.o_delta = self.oErreur*self.sigmoidederive(o)
57
58     self.z2_erreur = self.o_delta.dot(self.poids2.T)
59     self.z2_delta = self.z2_erreur*self.sigmoidederive(self.z2)
60
61     self.poids1 += X.T.dot(self.z2_delta)
62     self.poids2 += self.z2.T.dot(self.o_delta)
63

```

*Fig14. La rétropropagation*

On veut ici créer une fonction rétropropagation pour pouvoir ajuster les poids entre les cellules et entraîner notre intelligence artificielle. On va ici utiliser un algorithme appelé « algorithme du gradient ». Pour modifier les poids, on calcule la marge d'erreur entre la sortie donnée par le réseau neuronal et la vraie sortie. On la multiplie par la dérivée de la fonction sigmoïde appliquée à notre sortie (que l'on implémente dans la classe au préalable) pour remonter la propagation avant, on obtient alors l'erreur delta. On fait alors une multiplication matricielle entre la seconde matrice de poids et l'erreur delta pour obtenir l'erreur cachée. On applique une nouvelle fois l'opération sigmoïdale et la dernière étape est une multiplication entre la première matrice de poids et l'erreur delta cachée. On ajuste ensuite les valeurs des matrices des poids en fonction des erreurs calculées dans la rétropropagation.

```

64
65 def entraînement(self, X, y):
66
67     o = self.propagation avant(X)
68     self.retropropagation(X, y, o)
69

```

*Fig 15. La fonction entraînement*

On crée enfin une fonction entraînement où l'on va un grand nombre de fois tester notre réseau de neurones avec des entrées dont on connaît la sortie pour ajuster les poids de notre réseau neuronal.

## 2. L'évolution du PIB

Dans cette partie on cherche à utiliser l'algorithme présenté précédemment au vu de l'étude de l'impact du covid sur l'économie mondiale. L'ergonomie de l'algorithme que nous allons utiliser nous impose de travailler avec deux entrées et une sortie, j'ai donc choisi d'étudier l'évolution de la croissance du PIB de chaque pays en 2021 et 2022 en fonction du PIB de ces pays en 2019 et 2020 pour mieux comprendre la relance économique post crise économique liée au Covid (Le taux de croissance du PIB français en 2020 était de moins huit pourcents). Cette étude met en évidence deux phénomènes que l'on souhaite étudier consécutivement. Le premier est la relance forte du taux de croissance du PIB durant l'année 2021 pour l'ensemble des pays du monde. Le second lui concerne une décélération de cette croissance prévue pour l'année 2022 dans de nombreux pays.

### La base de données

1	Taux de croissance du PIB						
2			Pays	2019	2020	Prévision 2021	Prévision 2022
3			Etats Unis	2,16	-3,486	7	4,
4		Données Banque Mondiale	Allemagne	1,05	-4,57	3,6	4,
5		Données FMI	France	1,84	-7,85	5,8	4,
6			Italie	0,28	-8,87	4,9	4,
7			Espagne	2,09	-10,82	6,2	5,
8			Japon	0,27	-5,8	2,8	
9			Royaume Uni	1,37	-9,8	7	4,
10			Canada	1,86	-5,3	6,3	4,
11			Chine	5,94	2,3	8,1	5,
12			Inde	4,04	-7,9	9,5	8,
13			Russie	2,03	-2,95	4,4	3,
14			Brésil	1,41	-4,65	5,3	1,
15			Méxique	-0,05	-8,23	6,3	4,
16			Afghanistan	3,911603419	-1,934778249		
17			Albanie	2,173692288	-3,311239444		
18			Argentine	-2,088014861	-9,905234856		
19			Australie	2,160956295	-0,284839298		
20			Autriche	1,418734272	-6,259034819		
21			Azerbaïdjan	2,480151591	-4,309989133		
22			Belgique	1,784694379	-6,283929951		
23			Bangladesh	8,152684947	2,375521656		
24			Bosnie-Herzégov	2,831002603	-4,327345806		
25			Bolivie	2,21670564	-7,82328995		
26			Botswana	3,025910054	-7,893053589		
27			Suisse	1,210992207	-2,392826042		
28			Chili	0,942005307	-5,771501669		

Fig 16. La base de donnée

La base de données que nous allons utiliser est une concaténation de deux bases de données. La première provient de la Banque Mondiale et contient l'ensemble des taux de croissance du PIB des différents pays du monde de 1950 à 2020. La deuxième a été produite par le Fond Monétaire International (FMI) et contient, pour une dizaine de pays du monde, les estimations du taux de croissance du PIB prévu pour les années 2021 et 2022. Cette deuxième base de données va nous permettre

d'entraîner notre réseau de neurones pour estimer les fluctuations du taux de croissance du PIB des autres pays en 2021 et 2022.

Certains pays ont été supprimés de notre base de données finale pour trois raisons différentes. La première est l'absence de données de taux de croissance en 2019 ou 2020 pour un pays. Ensuite il faut savoir que pour utiliser les données dans notre réseau de neurones il faut les normer en fonction de la plus grande valeur absolue du taux de croissance du PIB de l'année correspondante. On souhaite donc supprimer les pays possédant des taux de croissance extrêmes (Pour donner un exemple concret, tous les pays en 2019 ont un taux de croissance du PIB compris entre -10% et 10%, on va donc supprimer les 2/3 irrégularités qui ont 30% de croissance du PIB). Enfin, comme on étudie les fluctuations du taux de croissance du

PIB on souhaite supprimer les pays ayant une population trop faible (Par exemple Monaco) car ceux-ci ont souvent des économies mal équilibrées dont les fluctuations vont donc directement dépendre de celles de leur secteur d'activité principal.

## L'obtention de résultats.

Notre algorithme ne possédant qu'une seule sortie, on veut qu'il réponde à une question rhétorique. Nous souhaitons pour chaque pays répondre à chacune de ces questions :

- La croissance du PIB reprend-t-elle en 2021 ?
- La différence entre le taux de croissance du PIB de 2020 et celui de 2021 est-elle supérieure à +10% ?
- Le taux de croissance de 2022 sera-t-il inférieur à celui de 2021 ?
- Si oui, diminue-t-il de plus de 2% ?

Les résultats seront donc sous la forme d'un tableau à 4 colonnes ou pour chaque pays (lignes) on aura une réponse à toutes ces questions.

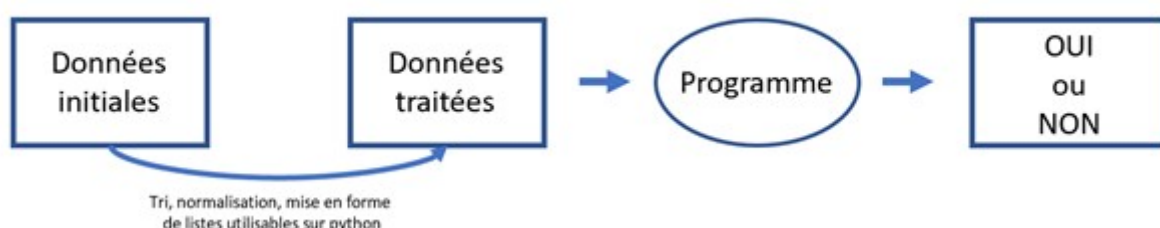


Fig 17. Schéma de fonctionnement de la boucle.

On connaît les réponses aux questions que l'on se pose pour les pays présents dans la base de données du Fond Monétaire International. On va donc utiliser ces valeurs pour entraîner notre réseau de neurones à une question

spécifique. On réalise ensuite un nombre d'itérations suffisantes pour ne plus avoir d'erreur entre la sortie donnée par le réseau et celle connue sur les données test.

```
def entraînement(self, X, y):  
    o = self.propagationavant(X)  
    self.retropropagation(X, y, o)  
  
def prediction(self):  
    if(self.propagationavant(xPrediction) < 0.5):  
        return "OUI"  
    else:  
        return "NON"  
  
Cerveau = Reseau()  
for i in range(50000):  
    Cerveau.entraînement(X,y)  
  
for i in range (0,len(pays)):  
    xPrediction=np.array(pays[i])  
    print(Cerveau.prediction())
```

Fig 18. L'exécution du code

Les vecteurs X et y indiquent respectivement les valeurs des taux de croissance du PIB des années 2019 et 2020 des pays pour lesquels on connaît les réponses des questions que l'on se pose et les valeurs des réponses (0 pour oui et 1 pour non) pour les pays dont on connaît les réponses aux questions (valeurs données par le Fond Monétaire International. La liste des pays comprend les valeurs des taux de croissance du PIB des années 2019 et 2020 triées, normalisées et mises en forme pour l'ensemble des autres pays. On entraîne ici notre réseau neuronal cinquante mille fois puis l'on prédit, pour les pays restants, les réponses aux questions rhétoriques que l'on se pose et qui sont directement écrites dans la console python. On obtient alors un tableau excel contenant pour chaque pays les réponses aux

questions qui nous intéressent. Il s'agit maintenant d'exploiter ces résultats. Pour ce faire, on réalise dans un premier temps une étude graphique de ses résultats présentés sous un certain angle puis on réalise des cartes du monde en couleur pour chacune des questions que l'on se pose.

## Les résultats

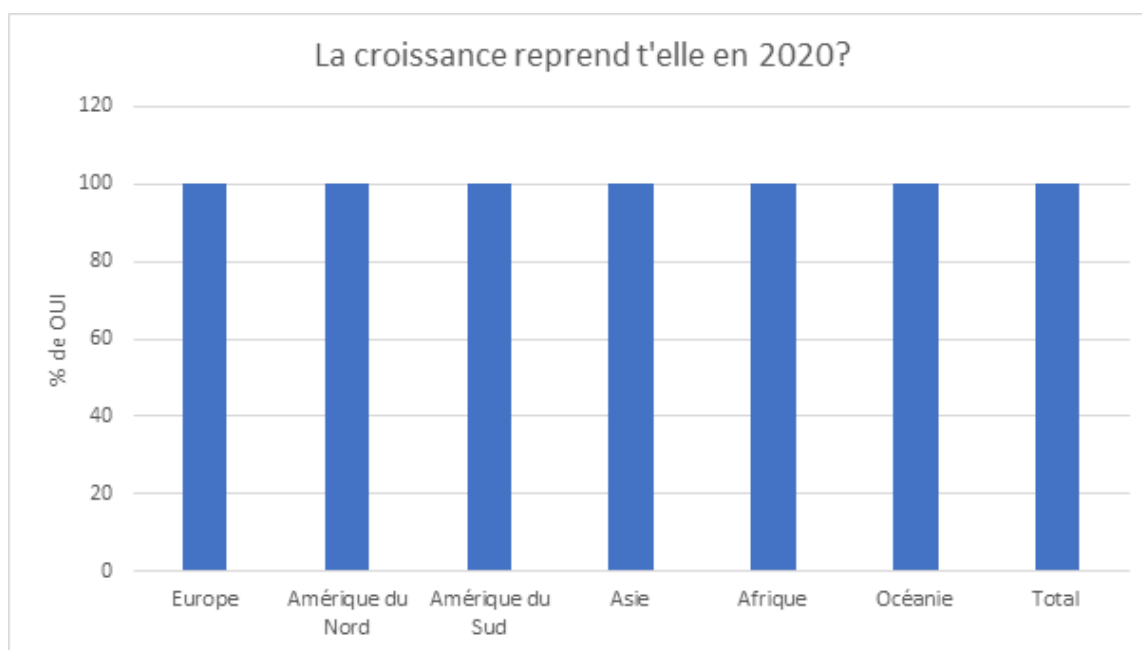


Fig 19. Graphique des réponses à la question La croissance reprend-t-elle en 2020 ?

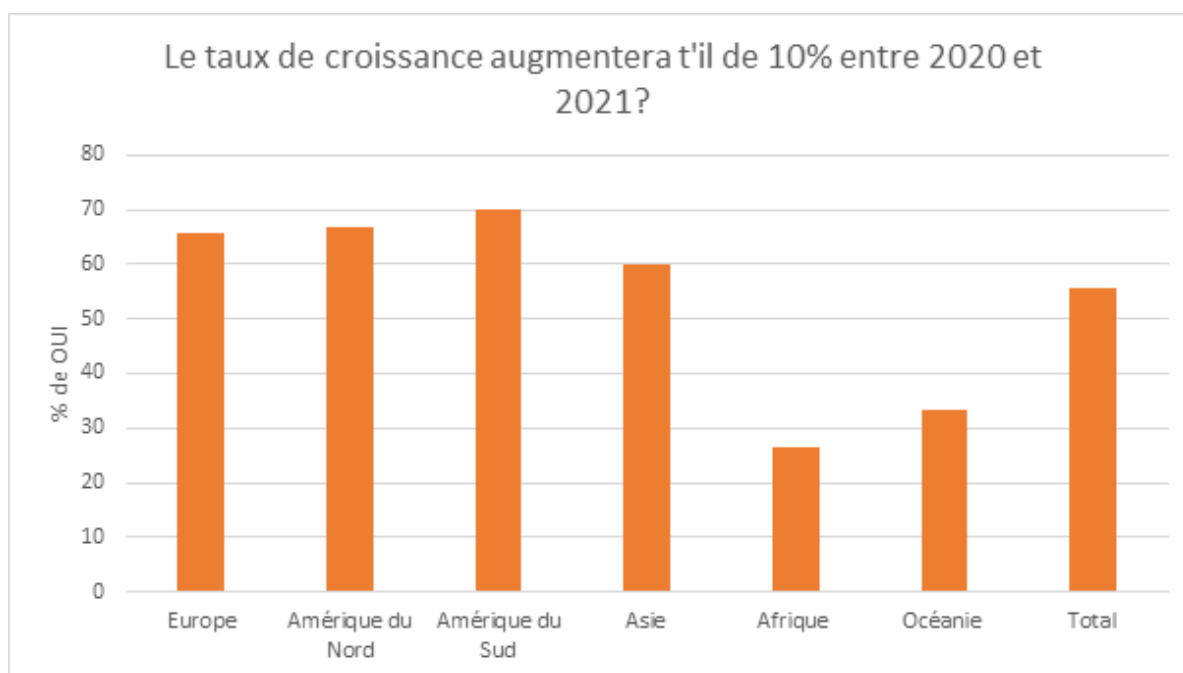


Fig 20. Graphique des réponses à la question Le taux de croissance augmentera-t-il de plus de 10% entre 2020 et 2021 ?

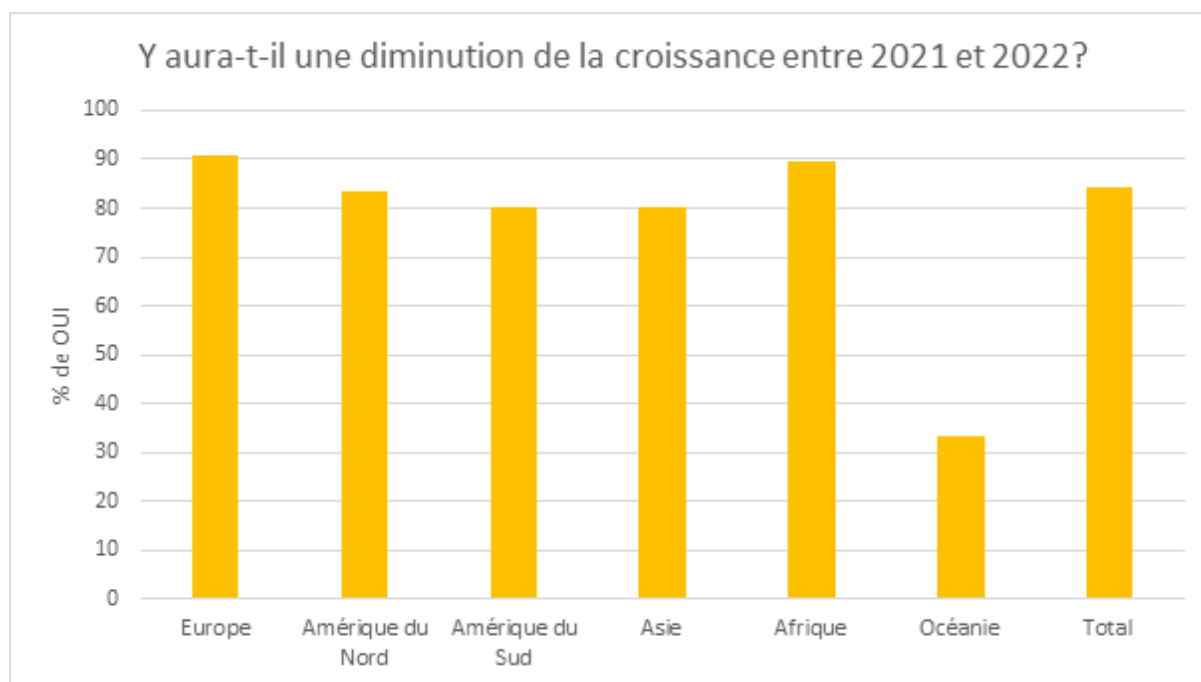
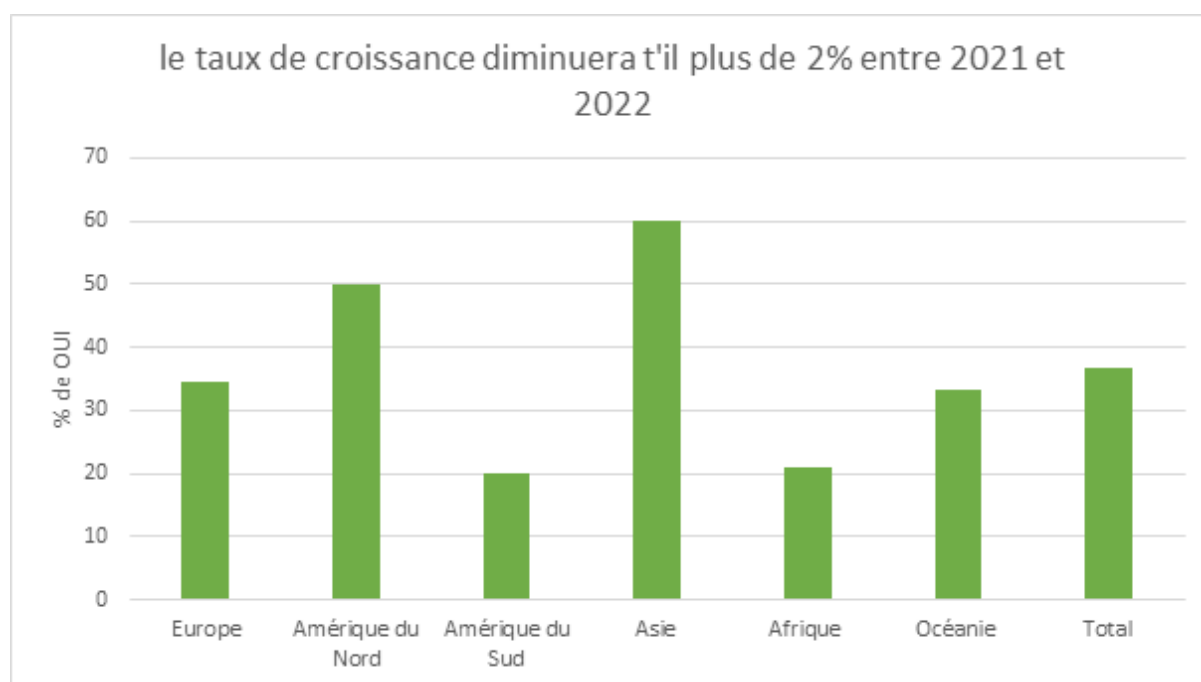


Fig 21. Graphique des réponses à la question Y'aura-t-il une diminution du taux de croissance entre 2021 et 2022?



*Fig 23. Graphique des réponses à la question Le taux de croissance diminuera-t-il de plus de 2% entre 2021 et 2022 ?*

Ces 4 graphiques représentent respectivement les réponses aux questions que l'on s'est posé précédemment lorsque l'on utilise l'algorithme de réseau neuronal exposé précédemment. Les réponses ont été triées par région. Le graphique 19 représente parfaitement la reprise économique mondiale ; 100% des pays du monde verront leur taux de croissance du PIB augmenter entre 2020 et 2021, cela quel que soit la région. Le graphique 20 apporte une complémentarité quantitative au graphique 19. Plus de 55% des pays du monde connaîtront une augmentation de leur taux de croissance du PIB de plus de 10% entre 2020 et 2021. Cette croissance est malheureusement inégalitaire, plus de 65% des pays européens sont concernés par cette hausse de plus de 10% contre seulement 25% des pays africains.

Les graphiques 21 et 22 montrent que 83% des pays verront leur taux de croissance du PIB diminuer en 2022. Le graphique 22 permet de quantifier cette décroissance. Le taux de croissance diminue de plus de 2% entre 2021 et 2022 pour seulement 37% des pays. Encore une fois ces résultats diffèrent en fonction des régions du monde. 60% des pays asiatiques sont concernés par cette baisse de plus de 2% contre 34% des pays européens.

Pour l'étude graphique je n'ai pas trouvé d'autres solutions que de compter à la main, sur l'excel des résultats, l'ensemble des réponses par continent. On peut déduire plusieurs constats de ces résultats. Il apparaît évident que la croissance repart en 2021 pour l'ensemble des pays du monde après les mauvais résultats de 2020 dus à la crise de la Covid. Néanmoins, cette croissance n'est pas homogène dans l'ensemble des continents, en Afrique et en Océanie les pays ne connaissent pas une croissance aussi fulgurante en 2021 que les pays développés comme en Europe ou en Amérique du Nord ou que les pays en fort développement comme ceux d'Asie ou d'Amérique du Sud qui sont plus habitués à des croissances importantes.

On observe également une baisse globale du taux de croissance du PIB entre 2021 et 2022, pour plus de 80% des pays du monde. Les pays vont donc connaître une croissance forte en 2021 après les résultats catastrophiques de 2020. Cette croissance va perdurer en 2022 mais elle sera plus modérée. L'Asie, l'Europe et l'Amérique du Nord font partie des continents qui auront le plus de pays dont le taux de croissance du PIB diminuera de plus de 2% entre 2021 et 2022. Néanmoins ce n'est pas si étonnant car c'est dans ces continents que l'on trouve les pays qui auront une croissance bien supérieur à la croissance dont ils ont l'habitude.



Pour conclure, les résultats désastreux de croissance en 2020 pour l'économie mondiale seront suivis d'une réponse en 2021. Le taux de croissance augmentera de plus de 10% entre 2020 et 2021 pour plus de 55% des pays du monde, cependant, tous les pays verront leur taux de croissance du PIB augmenter. Ce saut de croissance commencera à s'estomper en 2022 pour plus de 80% des pays pour que l'économie mondiale revienne dans la normalité après la crise de la Covid-19.

### **3. L'évolution du taux de chômage.**

La crise de la Covid-19 entraîne une crise économique qui se ressent notamment dans l'augmentation du taux de chômage pour une majorité des pays du monde car, notamment dans les services tertiaires, de nombreuses personnes ont perdu leur travail. A travers l'étude du PIB on a remarqué que pour une majorité de pays, on avait prédit une reprise importante de l'économie en 2021 et 2022. On cherche maintenant à savoir si, cette reprise économique va avoir un impact sur le taux de chômage dans le monde, et si, cette reprise se fait de manière synchronisée avec la hausse du taux de croissance du PIB qui est l'indicateur économique par excellence.

de l'OCDE nous servent ici à entraîner notre réseau de neurones code précédemment pour pouvoir ensuite faire des prévisions sur l'ensemble des pays du monde

50

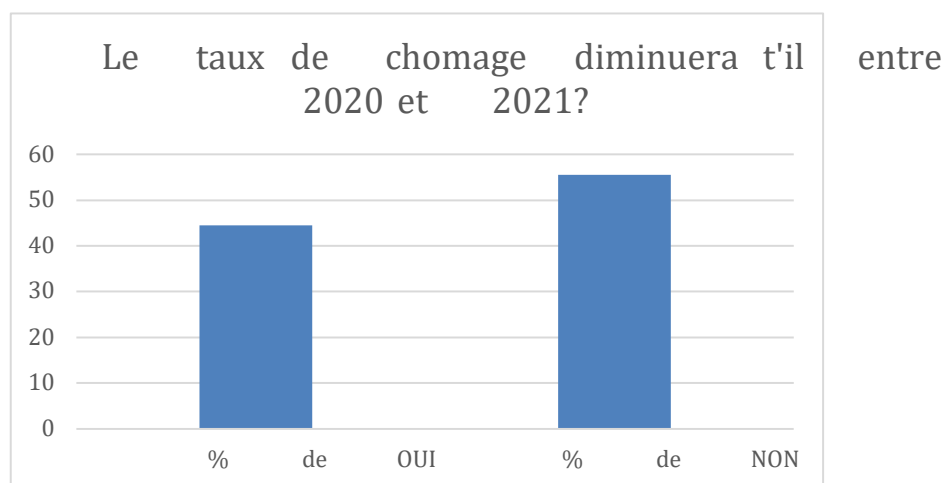
## L'obtention de résultats.

Comme pour l'étude du PIB qui précède, on utilise le code python de réseau neuronal codé dans la partie 1. La première étape consiste à normaliser notre base de données grâce à la plus grande valeur de chaque colonne car notre algorithme ne travaille qu'avec des nombres compris entre 0 et 1. Ensuite, on entraîne, pour chaque question que l'on se pose sur l'évolution du taux de chômage, notre algorithme car on connaît les réponses à ces questions pour les pays dont les données sont fournies par l'OCDE. Enfin, on met en forme notre jeu de données pour qu'il soit exploitable par notre algorithme python, et on obtient, pour chaque pays une réponse à notre question rhétorique.

## Les résultats :

Dans le cadre de notre étude sur l'évolution du taux de chômage en 2021 et 2022 pour les différents pays du monde, on va se poser, pour chaque pays 4 questions :

- Le taux de chômage diminuera-t-il, pour le pays en question, entre 2020 et 2021 ?
- Le taux de chômage diminuera-t-il de plus d'1% entre 2020 et 2021 ?
- Le taux de chômage diminuera-t-il entre 2021 et 2022 ?
- Le taux de chômage diminuera-t-il de plus d'1% entre 2021 et 2022 ?



*Fig 25. Réponse à la question : Le taux de chômage diminuera-t-il entre 2020 et 2021 en % du nombre de pays par rapport au 182 pays de la base de données.*

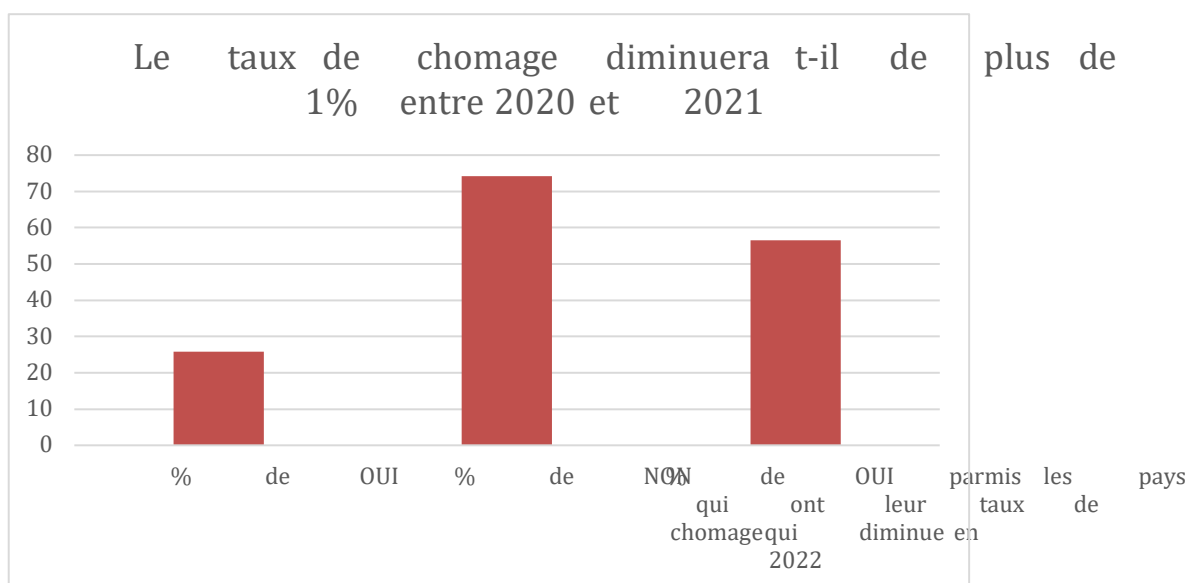


Fig 26. Réponse à la question : Le taux de chômage diminuera-t-il de plus de 1% entre 2020 et 2021 en % du nombre de pays par rapport au 182 pays de la base de données.

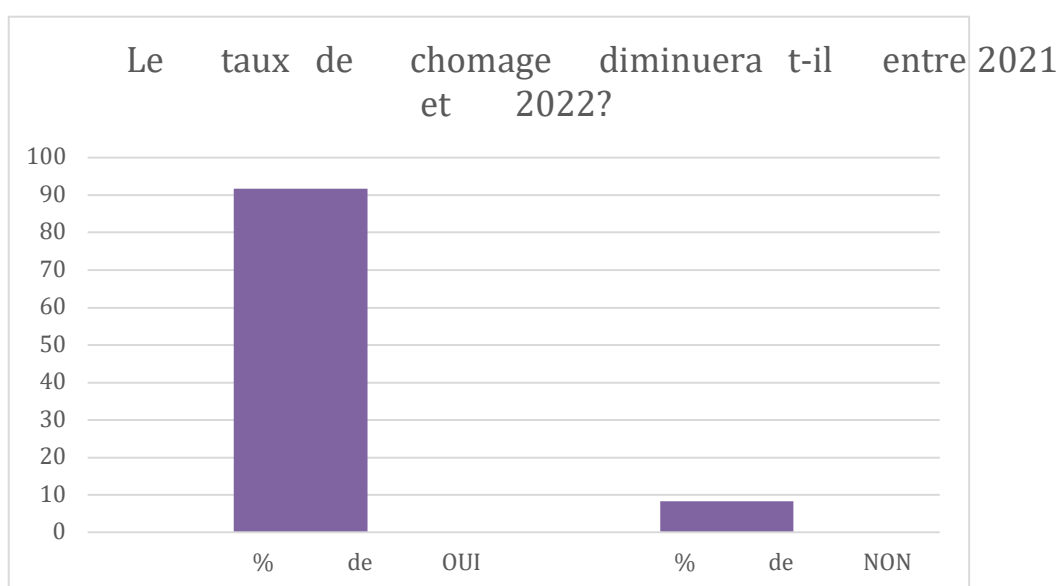
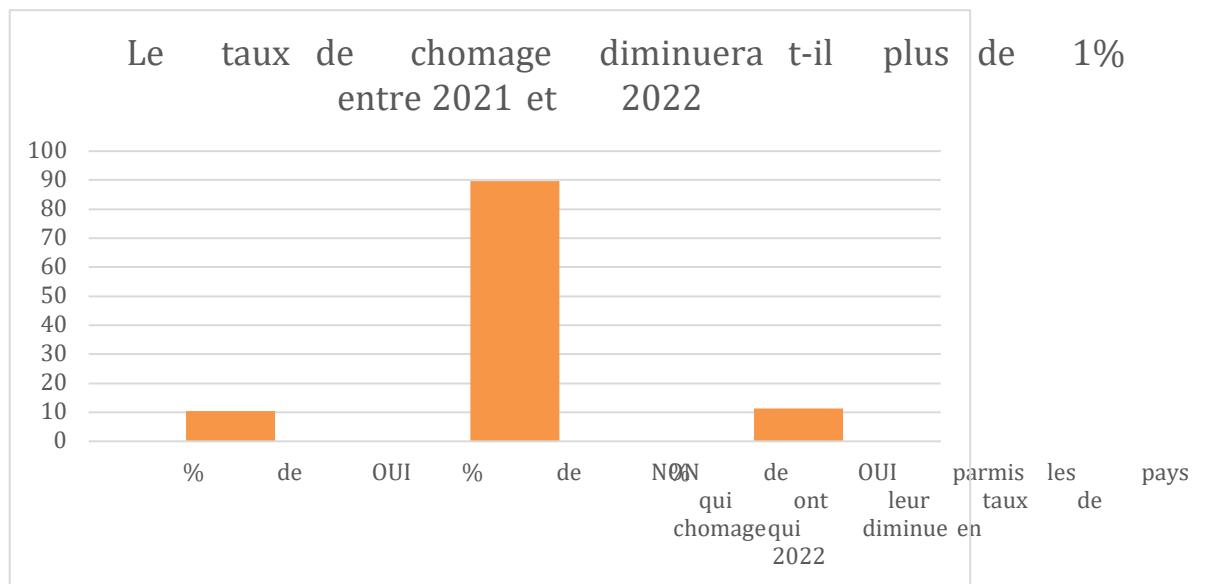


Fig 27. Réponse à la question : Le taux de chômage diminuera-t-il entre 2021 et 2022 en % du nombre de pays par rapport au 182 pays de la base de données.



*Fig 28. Réponse à la question : Le taux de chômage diminuera-t-il de plus de 1% entre 2021 et 2022 en % du nombre de pays par rapport au 182 pays de la base de données.*

Ces 4 graphiques représentent respectivement les réponses aux questions que l'on s'est posé précédemment lorsque l'on utilise l'algorithme de réseau neuronal exposé précédemment. Le graphique 25 nous montre que le taux de chômage diminuera pour 44,5% des pays du monde, il ne diminuera donc pas pour plus de 55,5% d'entre eux. Le graphique 26 apporte une complémentarité quantitative aux résultats du premier graphique ; 25,8% des pays du monde verront leur taux de chômage diminuer de plus de 1% entre 2020 et 2021. Néanmoins, si on prend en compte que les pays pour lesquels le taux de chômage augmente en 2021 alors plus de 56,6% d'entre eux verront leur taux de chômage diminuer de plus de 1% entre 2020 et 2021.

Les graphiques 27 et 28 reprennent l'étude menée lors des graphiques 25 et 26, à la différence près que celle-ci est maintenant réalisée entre les années 2021 et 2022. Le graphique 27 nous apprend qu'entre 2021 et 2022, 89,6% des pays verront leur taux de croissance chuter. Ces résultats sont à nuancer par le graphique 28. En effet, seuls 10,4% des pays connaîtront une baisse de leur taux de chômage de plus de 1% entre 2021 et 2022. Si l'on prends uniquement en compte les pays pour qui le taux de chômage diminuer en 2022, pour seuls 11,3% de ces pays il diminuera de plus d'1%.

## **L'analyse des résultats :**

Dans un premier temps on observe que, parallèlement à la reprise du taux de croissance du PIB en 2021 pour une majorité des pays du monde, plus de 44% des pays verront le taux de chômage diminuer entre 2020 et 2021. Ces deux indicateurs nous montre une reprise économique mondiale après les résultats catastrophiques de 2020 liés à la crise sanitaire de la Covid-19 qui a eu le plus d'impact cette année-là. Cette diminution du taux de chômage sera importante (de plus d'1%) pour plus de 55% des pays qui verront leur taux de chômage diminuer entre 2020 et 2021 (cela ne représente environ que 25% des pays du monde)

Dans un second temps, on avait observé que même si de nombreux pays avaient une forte augmentation (de plus de 10%) du taux de croissance du PIB entre 2020 et 2021. On pouvait également observer que cette augmentation du taux de croissance avait tendance à être plus faible entre 2021 et 2022, et pour quelques pays, ce taux de croissance du PIB diminuait même de plus de 2% entre 2021 et 2022. On en avait déduit que cela correspondait à un retour à la normale après un rebond économique en 2021. Pour le taux de chômage, ce n'est pas la même observation. En effet, pour le taux de chômage, il diminuera pour plus de 90% des pays du monde entre 2021 et 2022. Néanmoins, seuls un peu plus de 10% de ces pays verront leur taux de chômage diminuer de plus d'1% entre 2021 et 2022. Cette décroissance est donc globale en 2022 mais reste à nuancer.

Pour conclure, le taux de chômage diminuera pour de nombreux pays entre 2020 et 2021 pour de nombreux pays parallèlement à l'augmentation du taux de croissance du PIB. On observe donc une forte reprise économique en 2021. Pour 2022, contrairement à l'évolution globale du taux de croissance du PIB, le taux de chômage diminuera pour plus de 90% des pays du monde. Les indicateurs économiques réagissent donc selon la même tendance ; une reprise économique forte, à la crise économique de 2020. Ils n'ont cependant pas la même réponse temporelle car la diminution du taux de chômage sera plus visible en 2022 contrairement au taux de croissance du PIB.

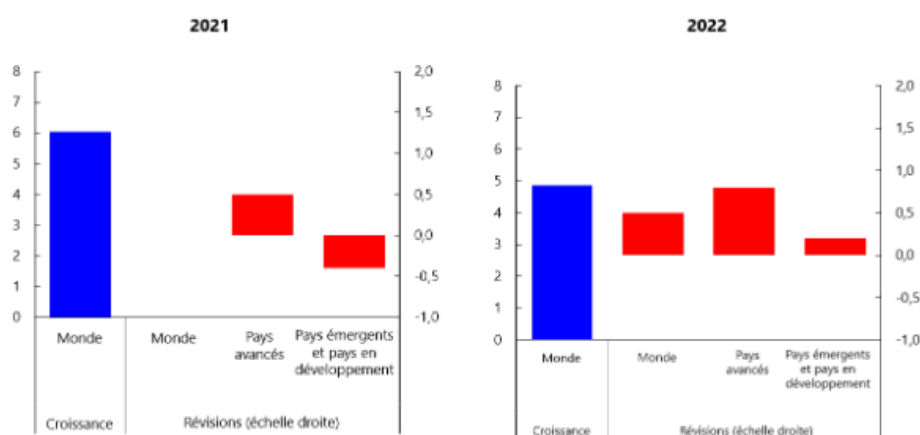
## 4. Une reprise économique inégalitaire.

Lors de l'étude sur la reprise de l'économie mondiale après la crise de la covid-19, nous avons essayé d'anticiper les variations du taux de croissance du PIB ainsi que de l'évolution du taux de chômage. On remarque alors premièrement une forte reprise économique en 2021 qui s'accompagne d'une reprise économique plus modérée mais toujours présente en 2022. Cependant cette étude est une moyenne mondiale de ces indicateurs et elle soulève de nombreuses questions. Cette croissance économique en 2021 et 2022 est-elle uniforme à l'échelle de la planète ? S'il existe des inégalités de croissance, comment se manifestent-elles et d'où viennent-elles ?

### Des reprises inégales

Les divergences entre pays se creusent en raison de variations de la disponibilité des vaccins et des mesures de soutien.

(en points de pourcentage)



Sources : FMI, *Perspectives de l'économie mondiale* ; calculs des services du FMI.

Note : Les révisions indiquent l'écart entre les prévisions de l'édition de juillet 2021 des PEM et celles des PEM d'avril 2021. Les chiffres positifs indiquent une révision à la hausse de la croissance.

IMF

Fig 29. Des reprises inégales

Ce document présenté par le FMI nous permet de confirmer deux choses. Premièrement, d'un point de vue global, il valide les résultats de notre étude précédente concernant la reprise de la croissance économique ; elle sera forte en 2021 (6% en moyenne dans le monde), toujours présente en 2022 bien que plus faible (4,8% en moyenne dans le monde). Cependant, ces graphiques nous apportent également un autre regard sur la situation ; la reprise économique est plus faible dans les pays dis « avancés » que dans les pays émergents ou les pays en développement. La révision des taux de croissance nous montre effectivement qu'en 2021 la croissance des pays émergents et en développement a été revue à la baisse, cette révision es également plus faible en 2022 que celle apportée aux pays avancés.

Les pays émergents ainsi qu'en développement ont également ceux qui ont été le plus touchés par la crise économique liée au covid. En effet, la pandémie a induit une baisse de revenu disponible par habitant de 2,8% par an dans les pays avancés par rapport aux estimations qui ont pu être faites. Tandis que, pour les pays en développement et émergents cette baisse de revenu disponible par habitant est de 6,3% par an (à l'exception près de la Chine). Ces chiffres dramatiques soulignent une forte inégalité entre les différents pays vis-à-vis de la crise économique de la Covid-19.

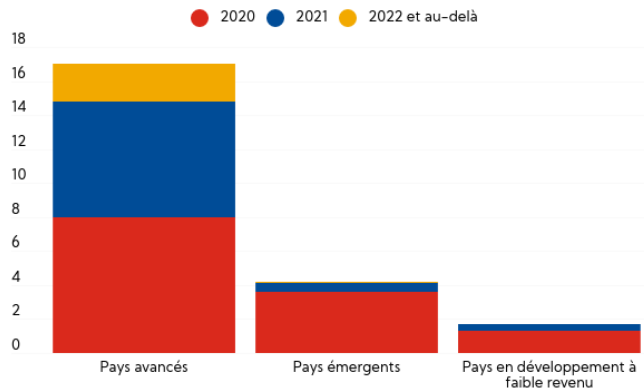
La question que l'on est logiquement amené à se poser est alors : A quoi sont dues ces inégalités face à cette crise économique ? Premièrement, l'évolution de la pandémie dans le monde n'est pas homogène, notamment avec l'apparition du variant delta. En effet, lorsque l'on s'intéresse au taux de vaccinations de chaque pays du monde, ces inégalités sont déjà présentes. On remarque que, pour les pays avancés près de 40% de la population a reçu un cycle vaccinal complet. Alors qu'on est bien loin de ces chiffres, pour les pays en développement où seuls 11% des habitants ont été pleinement vaccinés et pour les pays émergents à faible revenu où l'on se situe plutôt autour de 1%. Pour les pays développés, ce fort taux de vaccination ainsi qu'une gestion de crise sanitaire plus efficace que prévu permettent de revoir à la hausse les taux de croissance de ces pays en 2021 et 2022 (voir figure 29). Tandis que pour les pays émergents et en développement, à cause du manque d'accès au vaccin, les vagues épidémiques de la Covid-19 se font plus fréquentes et plus difficiles à gérer comme le montre l'estimation revue à la baisse en 2021 pour ces pays (voir figure 29).



### Divergences entre les mesures de soutien

Tandis que, dans les pays développés, les mesures de soutien budgétaire se poursuivent, dans les pays émergents et les pays en développement, la plupart de ces mesures sont arrivées à échéance en 2020.

(mesures totales en recettes et en dépenses en riposte à la COVID-19 ; en pourcentage du PIB de 2020)



Sources : base de données du Moniteur des finances publiques du FMI consacrées aux mesures budgétaires que les pays ont prises en riposte à la pandémie de COVID-19 ; calculs des services du FMI.

IMF

Fig 30. Les divergences entre les mesures de soutien

Un autre phénomène permet d'expliquer ces inégalités de reprise économique ; il s'agit de l'inégalité des mesures de soutiens apportés aux différents pays du monde. Pour les pays développés, ce soutien est plus important et dure plus longtemps. Près de 4600 milliards de dollars seront amenés en soutien aux pays développés pour 2021 et les années qui vont suivre. Ceci explique notamment la revue à la hausse du taux de croissance des pays avancés (figure 29). Cela est notamment vrai pour les pays européens grâce aux fonds prévus dans le plan de relance de l'Europe. Pour les pays en développement ainsi qu'émergents, les mesures de soutiens s'arrêtaient souvent en 2020. Il faut, pour ces pays, essayer de créer des marges de manœuvre budgétaires.

Pour conclure, la reprise économique, bien que globalement existante, est loin d'être homogène sur l'ensemble des pays. Les pays en développement ainsi qu'émergents sont ceux qui ont le plus souffert de la crise économique liée à la Covid-19. C'est aussi eux qui ont la relance économique la plus faible à cause de deux principales raisons : le manque d'accès à la vaccination dans ces pays et le manque d'aides financières. La crise de la Covid-19 va donc creuser les inégalités qui étaient déjà existantes entre les pays avancés et les autres.

## IV. Synthèse : (Mariem)

En 2020, l'économie mondiale traverse une situation historique, les économistes prédisent une chute insolite contrairement aux années précédentes qui apportent un surplus de richesse. La pandémie du covid 19 qui a débuté en Chine en 2019 a engendré une crise économique mondiale. En effet, pour enrayer la propagation du virus, plusieurs pays ont pris des mesures de confinement. La crise économique est inédite de par sa vitesse de diffusion à l'échelle planétaire. La chute des marchés boursiers notamment entraîne une baisse de la valeur des pertes d'actions, les ménages craignent des pertes dans leur plan d'épargne et les entreprises craignent des pertes dans leurs placements.

Une crise économique est définie en tant que choc de demande dans lequel la demande diminue ce qui provoque une diminution de l'activité économique comme par exemple un choc pétrolier issue de l'augmentation brutale du prix du pétrole ou un choc d'offre dans lequel l'offre diminue comme par exemple lors d'une hausse des impôts qui fait que les gens ont moins d'argent et de ce fait la consommation diminue. La crise économique provoquée par le coronavirus a été de cette ampleur parce qu'elle a concerné l'offre et la demande à la fois, ce qui est extrêmement rare et propre aux catastrophes naturelles. La particularité de la crise du covid réside alors dans la dualité. En effet, à cause des mesures de confinement qui ont été mises en place, tout a été fermé ou ralenti dans le meilleur des cas. En France par exemple, l'activité économique a été réduite d'un tiers, l'industrie a été affaiblie et de nombreux secteurs en particulier la construction et la restauration étaient presque à l'arrêt. Dans le même temps, les gens ont ralenti leur consommation, personne n'investissait étant donné l'incertitude des temps et les particuliers anticipent des temps difficiles donc ne se permettait plus d'acheter.

L'évolution des prix dans une crise économique dépend en effet de la distinction entre un choc d'offre et un choc de demande. L'activité économique étant de moins en moins important et ce qu'on appelle la récession, c'est extrêmement grave et entraîne dans un cercle vicieux qui commence par l'augmentation du chômage et ainsi il y a moins une tendance à dépenser ou à un investir de l'argent, les entreprises reportent leurs investissements faute de clients, il y a une spirale récessionniste. Il s'agit de revenir au plus proche du point d'équilibre de l'offre et de la demande. Sur le court terme, on ne peut pas agir sur l'offre en adaptant les entreprises à la nouvelle condition de crise, cela prend du temps. En particulier pour la crise du covid, le choc d'offre venant du confinement il n'est pas en notre faveur d'adapter les entreprises à cette mesure étant donnée le fait que le confinement ait été mis en place par choix et que ce n'est qu'une solution momentanée et non éternelle. Il s'agit alors de soutenir la

demande en faisant que la population conserve ses revenus. Avec l'idée fixe que l'économie pourra repartir après, des mesures ont été prises en sorte de perfusions faites à l'économie afin de limiter la casse pendant la crise. Par exemple, ceci correspond en France aux mesures de chômage partiels qui ont concerné 10 millions de salariés en avril 2020, aux états unis le gouvernement verse une indemnité de 1200 dollars à des dizaines de milliers d'américains. Cela permet aux gens de subvenir à leurs besoins et d'entretenir la demande pour que les entreprises maintiennent leurs investissements et leurs clients.

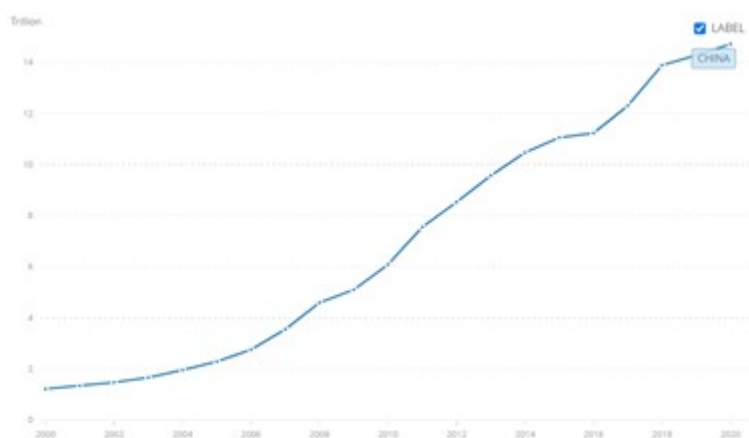
Deux conséquences résident en une inflation ou hausse des prix si jamais les gens ne peuvent plus travailler dans certains secteurs économiques et comme de cette façon c'est la demande qui est soutenue mais pas l'offre car cela coûterait trop cher aux entreprises de produire. La seconde conséquence est que les mesures de soutien à la demande coûtent extrêmement cher. Pour se situer dans cette ampleur, pour la France, l'effet de la crise de 2008 a fait que la dette publique par rapport au PIB passe de 80% du PIB à 100% du PIB.

Nous allons d'abord nous intéresser à ce qui s'est passé dans des pays qui représentent une importance dans notre analyse. Ensuite viendra notre synthèse de la partie qui étudie les indicateurs économiques mentionnés dans la partie Intelligence Artificielle de ce projet.

## **1. Le paradoxe de la Chine :**

La maladie infectieuse et très dangereuse de Coronavirus 2019 est apparue à Wuhan en Chine. La pandémie du covid a d'abord eu un énorme impact sur l'économie chinoise, sur les business ainsi que l'industrie. La Chine compte plus de 18 millions de petites à moyennes entreprises, celles-ci même ayant été les premières affectées par la crise, beaucoup plus d'argent devait être dépensé lorsqu'il s'agissait de coût de production stoppée, d'inventaire ou de location ainsi que de salaires. Le capital de ce genre d'entreprises étant limité, elles n'étaient pas capable d'assumer tous ces coûts. En enchaînant sur cette faillite des petites à moyennes entreprises, une faillite des banques s'en est suivie. En effet, la crise économique encourue suite au covid 19 est venue à un moment où la Chine percevait une croissance exponentielle de son économie comme le montrera le graphique ci-dessous et où Beijing tissait des liens économiques nouveaux avec le monde entier. En 2019, le PIB était évalué à \$14200 milliards. Le PIB chinois représente 11.72% de l'économie mondiale. Notons que le PIB chinois a une moyenne d'approximativement \$2362 milliards de 1960 à 2019, atteignant sa valeur maximale après une croissance exponentielle en l'année 2019, année d'apparition du covid 19 à Wuhan et en comparaison avec sa valeur minimale d'approximativement \$47 milliards en 1962. Les prévisions économiques en 2019 annonçaient avant l'apparition du covid un PIB de la valeur de \$15100 milliards en 2020. La réalité en a dit autrement étant donné qu'en janvier et février 2020 seulement,

la Chine avait connu un déficit commercial de \$7 milliards. A l'apparition de l'épidémie, les imports chinois avaient connus une chute de 4% par rapport à l'année précédente, les exports quant à eux une chute de 17.2% en janvier et février de l'année 2020.



\* [Fig. 31]: GDP (current US\$), China, years 2000 to 2020

Un an après le virus, la situation est qualifiée de retour à la normale ou business as usual. Selon les derniers chiffres du \* [12] **Bureau national des Statistiques de Chine en Avril 2020**, la production industrielle a augmenté de 3.9% en glissement annuel, ce qui était au-dessus des attentes du marché de 1.5%. Ce dépassement des attentes du marché est également vu à travers la croissance des exportations chinoises de 8.2% en avril 2020. Un sondage de Wind Information, principal fournisseur chinois de données financières, révélait aussi que 12 institutions montraient des prévisions négatives. Ces statistiques montrent que l'activité économique avait repris et que la reprise d'activité s'accélère. La circulation urbaine avait repris, avait recommencé à être congestionnée, la fréquentation des restaurants était plus intense et la vie revenait à la normale. En effet, la Chine a été la première force mondiale à être sortie du tunnel de cette épidémie.

Les facteurs expliquant cette reprise économique sont la forte demande du marché ainsi que la poursuite de l'industrialisation et de l'urbanisation en particulier les diverses politiques de soutien à l'économie. Car face aux impacts économiques provoqués par le covid-19, la Chine a mis en place des mesures ad hoc :

- Mesures sociales : réduction d'impôt, exonération des frais administratifs, émission de coupons de consommation
- Mesures incitatives pour la construction d'infrastructures : émission par les collectivités locales de titres financiers spéciaux.
- Mesures politiques : Lors d'une assemblée populaire nationale, le premier ministre chinois a souligné qu'en 2020, il était nécessaire d'accentuer les efforts sociaux cités plus haut et de renforcer le soutien financier aux entreprises ainsi que de stabiliser et de développer l'emploi ce qui a redonné confiance aux entrepreneurs chinois et étrangers dans le marché chinois et son développement.

Le PDG de l'Oréal Chine confirme la résilience de l'économie chinoise après la crise du Covid-19. La Chine était le premier pays à se sortir de l'épidémie mondiale de par la reprise de son activité économique qui aurait constitué une source d'inspiration pour d'autres nations.

## 2. Cas de la France :

### Ménages (particuliers et entrepreneurs individuels)

(en milliards d'euros, non CVS)

	Encours			Flux			
	Déc. 2019	Mars 2020	T1 2020	Janvier	Février	Mars	Moyenne mensuelle Janvier 2017 / Février 2020
<b>Placements bancaires</b>							
Dépôts bancaires	1511,8	1562,3	32,4	5,5	7,3	19,6	5,9
- Dépôts à vue	490,2	515,9	21,0	1,6	5,7	13,8	3,2
- Dépôts rémunérés	1021,7	1046,4	11,3	3,9	1,6	5,8	2,7
Pièces et billets	82,6	83,5	1,0	- 1,4	0,4	2,0	0,6
<b>Endettement</b>							
Crédits bancaires	1483,0	1492,1	9,5	5,1	4,8	- 0,4	6,5
- Consommation et autres	285,0	283,5	- 2,7	- 0,5	- 0,7	- 1,4	1,0
- Habitat	1187,9	1208,6	12,3	5,7	5,6	1,0	5,6

Source : Banque de France

**\* [table 2] L'impact de la crise du Covid-19 sur la situation financière des ménages et des entreprises : une première photographie à partir des données monétaires et financières à fin mars 2020**

La progression de l'épargne financière liquide est en forte hausse de par la faible consommation qui est dû au confinement de Mars 2020.

Six mois après le début de l'épidémie du coronavirus et après huit semaines de mise à l'arrêt des activités économiques non prioritaires ont eu un impact négatif forcément sur l'économie française. Les dernières prévisions pour 2020 par la Banque de France prévoient une baisse de -8.7% de chute du PIB, moins de richesses et pas de rebond de l'économie comme il était prévu au début.

En effet, les mesures de confinement ont fait que l'économie avait tourné à 50% de sa capacité et les entreprises dans l'exception de la santé et de l'alimentaire ont arrêté leur production. Cette crise sanitaire qui comprend un choc d'offre et de demande et d'autant plus que la France est une économie dominée par les services qui se sont, du fait de l'épidémie, arrêtés en premier. Financièrement, il y a eu un soutien de l'état qui pourrait se voir à travers un chiffre important et qui est le pourcentage de la dette publique qui est passé de moins de 100% avant la crise à 120% du PIB en 2020, c'est de l'endettement et de l'argent mis sur la table surtout afin de soutenir les entreprises dans un premier temps et aussi pour subvenir à la mise en chômage partiel des

salariés et le fait que l'état assure leurs salaires et cette mesure a représenté un bouclier anti chômage en elle-même.

On a vu aussi le bouclier anti-faillite de par les prêts bancaires facilités car ils sont garantis par l'état et qui sont appelés les PGE. Ensuite, la France a mis en place un plan de relance comme l'a annoncé Jean Castex en septembre 2020 et qui est dirigé vers les entreprises pour qu'elles puissent redémarrer avec des investissements dans les relocalisations industrielles, dans le digital et dans la transition écologique. Pour retrouver un niveau d'activité comme en 2019, les prévisions se font jusqu'en 2022. Et pour y arriver la France dispose de son trésor d'épargne, le taux d'épargne a grimpé contre 14% en 2019 des revenus mis de côté on est passé à 27% en 2020 du revenu mis de côté et ceci est un productif pour l'économie et surtout les épargnant représentent des clients en moins pour les entreprises à court terme mais elles en ont besoin pour reprendre leur activité. Le ministre délégué aux petites et moyennes entreprises urge les français à contribuer à la relance de l'économie, à consommer français et à avoir une activité de loisir lorsque cela est possible.

“Selon l'enquête de la Banque de France, les ventes du commerce de détail ont en effet chuté de 24 % par rapport à février.”

Ensuite, pour 2021 :

- Sur les sept premiers mois de l'année, les flux de dette brute des sociétés non financières augmentent de 6 milliards d'euros et les flux de trésorerie de 9 milliards d'euros.

- De janvier à juillet 2021, le cumul du total des flux nets de placements financiers des ménages est estimé à 146 milliards d'euros et reste sur tendance très supérieure à celle qui prévalait avant la crise Covid

- En cumul, entre le premier trimestre 2020 et le deuxième trimestre 2021, le surplus d'épargne financière des ménages sont de 157 milliards d'euros après 111 milliards d'euros à fin 2020

**\* [13] Communiqué de la Banque de France : L'impact de la crise du Covid-19 sur la situation financière des entreprises et des ménages en juillet 2021, Septembre 2021**

### **3. Cas de l'Union Européenne :**

En 2020 le PIB a connu une chute historique en zone euro. En effet, le PIB a chuté de 6.8%. La crise de 2009 avait connu quant à elle une chute de 3.7%. L'Espagne, l'Italie et la France sont les pays les plus touchés par la récession de 2020. La commission européenne ne prévoyait pas un retour à l'activité pré-covid avant 2022 étant donné qu'en fin d'année 2020 les niveaux économiques étaient moins bons que les prédictions, quoique la récession était moindre d'1 point que les prévisions.

En 2020, il y a 7.8% de PIB en moins par rapport à 2019 ce qui affecte surtout dans l'ordre l'Espagne, l'Italie et la France :

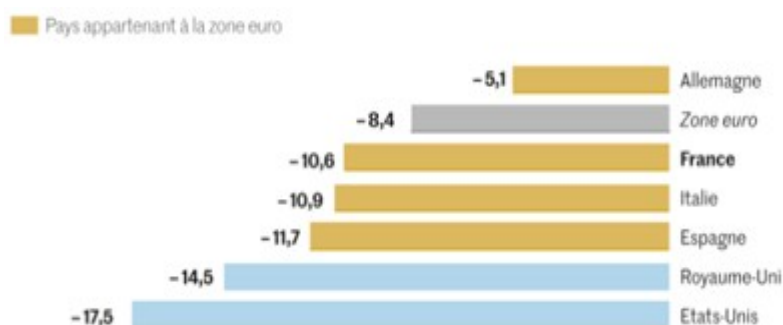
- Espagne: -11% de produit intérieur brut en 2020
- Italie: -8.8% de produit intérieur brut en 2020
- France: -8.3% de produit intérieur brut en 2020
- Allemagne: -5% de produit intérieur brut en 2020



**\* [Fig. 32] Covid-19 : en zone euro, une chute historique du PIB de 6,8 % en 2020**

En effet, pour l'année 2020, les pays étaient en confinement ce qui a fermé l'économie et de ce fait, fait baisser le PIB de cette façon historique. En comparaison avec la Chine, les pays européens ont été plus radicaux sur les mesures de confinement et d'isolement ce qui fait que la crise a vraiment pris de l'envergure par rapport à la Chine et son rétablissement économique plus rapide. Nous avons vu que la crise de la covid-19 était assez atypique. C'est pour cela et vu les dégâts engendrés économiquement, la Commission Européenne avait levé 7.4 milliards d'euros à la recherche contre le coronavirus en mai 2020, en provenance de 40 états.

Les pays riches ont notamment utilisé des mesures de soutien. Mais aussi, le FMI a calculé 11600 milliards d'euros d'intervention publique mondiale en 2020.



**\* [Fig. 33] Covid-19 : en zone euro, une chute historique du PIB en zone euro**

Ainsi, pour que le PIB retrouve son taux de 2019, avant la crise économique, pour l'Union Européenne, on devra attendre 2022, et pas fin 2021 comme le prévoyait la Commission Européenne en mai 2020. En effet, pour ses prévisions, la Commission n'a pas pris en compte de nombreuses mesures de confinement qui avaient été décidées par les États.

Autre que le PIB, un indice assez intéressant a été construit : COVID-19 Economic Vulnerability Index ou CEVI pour faire part de l'impact économique de la pandémie et placer les pays de l'Union Européenne selon leur niveau de vulnérabilité face à la crise du covid 19. Nous citons pour cela l'article **\* [14] Covid-19 Economic Vulnerability Index: EU Evidence, Procedia Computer Science, Joanna Brzyska, Izabela Szamrej-Baran, 2021** qui synthétise un data set sur 15 dimensions appliqués à l'étude d'un indicateur global appliqué à 27 pays de l'UE. En effet, l'impact économique de la pandémie du covid 19 a montré les vulnérabilités économiques différentes entre les pays. Cet indicateur peut aider plusieurs pays dans leur prise de décision future et améliorer leur résistance économique. L'impact économique du covid est difficile à identifier de par sa complexité et ses effets multidimensionnels, avec la petite quantité de données statistiques pouvant être utilisée. L'étude grâce au CEVI a été menée grâce à des méthodes statistiques multivariées comme le regroupement agglomératif et l'évaluation d'objet à plusieurs attributs notamment en utilisant la méthode de Hellwig. Les 15 variables utilisées sont regroupées sous 4 catégories : Health, People and Work, Economy, Business and Innovation. Les sources des dataset sont The Johns Hopkins Coronavirus Resource Center pour le nombre de cas par million d'habitants (une des dimensions pour Health) et l'Eurostat pour le reste (citons par exemple le taux de chômage pour People and Work, le pourcentage de baisse du PIB à prix du marché pour Economy et le pourcentage de changements des vols commerciaux par rapport à l'année précédente pour Business). La valeur de l'indice CEV est la moyenne arithmétique des quatre dimensions citées plus haut, chacune ayant été calculé grâce à l'agrégation des 15 variables normalisées dans chacune de



leur dimension. L'indice est obtenu entre 0 et 100, plus il est proche de 0 moins le pays est vulnérable à l'impact économique du covid 19.

Country	COVID-19 Economic Vulnerability Index, CEVI	Ranking among economies	Dimension Score (lowest vulnerability: 0 min-100 max: highest vulnerability)			
			Health	People & Work	Economy	Business & Innovation
Spain	67,2	1	56,4	84,0	67,2	61,2
Croatia	59,2	2	59,0	45,2	59,7	73,0
Greece	58,1	3	34,6	76,0	73,1	48,7
Italy	57,8	4	55,7	79,5	53,8	42,2
Cyprus	57,1	5	63,6	36,5	70,2	58,0
Slovenia	55,4	6	66,1	56,0	45,8	53,8
Poland	51,9	7	62,7	40,9	49,6	54,4
Malta	50,9	8	49,9	35,7	53,6	64,3
Latvia	50,8	9	59,6	36,1	46,3	61,1
Portugal	50,6	10	46,2	57,5	43,6	55,1
Romania	50,3	11	56,1	41,0	43,0	61,0
Lithuania	49,5	12	50,7	51,0	53,6	42,8
Hungary	47,7	13	53,7	31,2	48,8	56,9
Czech Republic	47,2	14	60,2	39,6	38,0	51,1
Slovakia	46,7	15	56,4	30,1	33,1	67,2
Estonia	45,9	16	65,7	35,2	40,6	42,2
Bulgaria	44,1	17	39,0	48,0	35,7	53,7
France	43,8	18	42,4	51,2	45,2	36,6
Luxembourg	42,2	19	77,4	31,0	19,5	40,9
Belgium	41,6	20	47,5	52,0	52,9	14,0
Ireland	39,7	21	65,0	12,2	27,0	54,7
Netherlands	39,6	22	56,2	37,2	35,7	29,5
Austria	36,8	23	23,3	42,1	52,6	29,2
Sweden	36,2	24	54,3	41,0	23,0	26,3
Finland	34,8	25	38,3	37,3	29,0	34,6
Denmark	32,7	26	47,2	26,0	23,0	34,7
Germany	27,3	27	16,6	44,0	26,6	21,7
Average Score	46,9		52,0	44,4	44,1	47,0

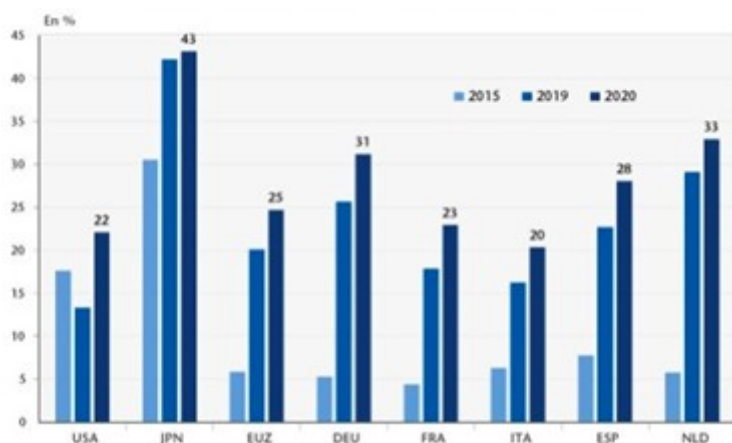
**\* [Table 3] COVID-19 Economic Vulnerability Index (CEVI)**

Cette recherche montre avec précision, malgré l'utilisation d'une approche statistique simple, une description de l'impact économique du covid 19, l'Union Européenne montre différents niveaux de vulnérabilité entre les pays. De par les résultats obtenus, les pays du sud de l'Europe comme l'Espagne (la plus touchée par ces effets économiques), la Croatie, la Grèce et l'Italie sont les plus vulnérables à la pandémie, notamment par l'effet sur le secteur du tourisme sur lequel repose beaucoup les économies de ces pays, sans oublier le manque d'innovation et les déficits dont ils ont fait preuve. D'autre part, l'Allemagne (la moins touchée par ces effets économiques) et les pays scandinaves ont été des économies moins sensibles et ont prouvé être en tête les domaines des finances publiques, de l'innovation, à combattre la baisse du chômage et gérant d'une façon favorable la santé publique.

## Prévisions économiques pour l'UE :

La Banque Centrale Européenne a fait preuve d'assouplissement lorsqu'il s'agissait de prendre des décisions par rapport aux effets de la crise économique, malgré le fait qu'elle n'ait pas été de nature financière non plus. La BCE a alors décidé d'ignorer la clé de répartition de son capital pendant la crise en achetant plus de titre de dette italienne par exemple qui a été l'un des deux pays les plus touchés et moins de dette française, chose qu'elle n'aurait pas faite selon la règle instaurée qui représente le pourcentage d'achat d'actifs (20% de dette française et 17% de dette italienne, pour reprendre notre exemple).

Ce qu'a surtout fait la Banque Centrale Européenne c'est de s'être engagé à racheter une partie de la dette publique. Ce qui affecte les estimations sur l'année 2020 de façon à voir que la BCE a ainsi absorbé dans les 70% de la dette européenne.



**\* [Fig. 34] Stock de dette publique détenue par les banques centrales**

Du fait que la pandémie de la covid-19 ait eu cette ampleur de conséquences économiques et sociales, un plan de relance européen a été mis en place à l'été 2020 par l'Union Européenne sous la forme de prêts aux états mais aussi de subventions, en particulier à l'Italie et à l'Espagne, qui comme on l'a vu plus haut ont été le plus affectés (notamment la baisse de PIB).

Une décision importante par rapport aux mesures mises en place serait aussi en deuxième position et de manière assez novatrice : la dette commune européenne ou eurobonds qui se définirait en tant que des emprunts sur les marchés par la Commission Européenne au nom des pays membres de l'Union Européenne.

Au-delà de cela, il serait aussi question de transformer les dettes des pays membres en dette européenne remboursable sur une longue durée.

« Une fois la crise passée, on pourrait décider de sortir les « dettes Covid » (toute la dette émise par les pays européens pour gérer la crise sanitaire) des budgets nationaux et de les transférer au niveau européen. »

**\* [15] L'économie européenne 2021 : l'UE face à la crise de la covid-19, ses.ens-lyon.fr, Mai 2021**

Ainsi, maintenant que le monde émerge de la crise du covid-19 notamment grâce à la vaccination, l'économie mondiale est à un tournant décisif. Les campagnes de vaccination ont stimulé la croissance et la reprise dépendait en début d'année 2021 de l'ampleur des mesures de soutien mises en place pour la vaccination et leurs efficacités. Bien que le PIB ait reculé en 2020 de -3.5%, l'économie mondiale selon les prédictions du Fonds Monétaire International devrait renouer avec la croissance en 2021 avec une hausse de +5.5 du PIB, ensuite une croissance un peu plus modeste de +4.2% en 2022 selon les prédictions. Bien sûr, une reprise hétérogène est attendu mais notamment en Union Européenne qui était en 2020 à une baisse du Produit Intérieur Brut de -7.2%, devrait passer en 2021 à une augmentation quant à elle de +4.2% du PIB et avec une baisse moins importante comme mentionné plus haut en 2022 de +3.6% de PIB.

Toutes ces prévisions reposent sur le fait que l'appui budgétaire devra continuer à investir dans le médical et les soins de santé, à soutenir les travailleurs au chômage et les entreprises viables ainsi qu'investir aussi dans les infrastructures écologiques et numériques.

Un point de vue intéressant en rapport avec la bioéconomie au sein de l'Union Européenne dans la période de l'après covid a été étudié dans l'article **\*[16] Bioeconomy during the COVID-19 and perspectives for the post-pandemic world: Example from EU, EFB Bioeconomy Journal par Ewa Woźniak, Agata Tyczewska, 2021**, où les auteurs mentionnent l'importance qui a été apportée par la crise du covid à montrer le besoin réelle d'une économie qui repose sur le développement durable, l'importance du développement bioéconomique national et régional et l'amélioration de la mise en place de l'économie circulaire. L'économie circulaire en particulier repose sur un constat paradoxal : défi écologique auquel il faut répondre aujourd'hui contre l'appareillage économique actuel. La bioéconomie, bien qu'assez freinée par la crise du covid, peut voir en cette situation insolite de crise économique une opportunité de développement. La bioéconomie prend sa définition du fait d'utiliser les ressources renouvelables et naturelles pour la production de nourriture, matériaux et énergie. Pour donner un ordre de grandeur de l'importance de la bioéconomie dans l'économie européenne, on peut voir qu'en 2017, elle représentait 4.7% du PIB de l'Union Européenne. La Commission Européenne avait déjà entrepris d'intégrer la bioéconomie avant l'apparition du covid, à travers par exemple l'ambitieux but que l'UE devienne climatiquement neutre en 2050 ou le plan

d'action de l'économie circulaire instauré en 2015. Cependant, les effets socio-économiques et environnementaux du covid-19 ont commencé avec la propagation du covid en Europe qui a débuté en mars 2020. Le développement économique en UE, comme on le verra plus bas dans notre projet, reposera sur le succès de la vaccination et sur la sévérité des mesures prises par les gouvernements. La pandémie sera un facteur très important dans le développement de l'économie mondiale en 2021 et 2022 et le secteur agricole, très touché, se voit face à deux choix d'action soit une reprise lente, soit une reprise « verte ». Par rapport à la production de plastique et de recyclage de déchet, face à la grande demande en masques, gants et anti-bactériens dans des bouteilles en plastique, la World Health Organization a demandé une augmentation de 40% de la production en mars 2020. D'un autre côté, les mesures de confinement ont eu un effet positif sur la qualité de l'air, la pollution sonore ainsi que la réduction des gazs à effet de serre engendré par le secteur du transport, secteur ralenti ou stoppé lors des confinements généraux. La réduction de la consommation mondiale d'énergie et des émissions de CO2 est estimée à 8,8% lors des confinements généraux. La bioéconomie faisant partie intégrante de la stratégie de plusieurs pays, plusieurs pays ont mis à jour leurs politiques après l'apparition du covid, notamment le Portugal et la Finlande en bioéconomie forestière. La crise du covid 19 a aidé à diagnostiquer les failles dans chaînes d'approvisionnement alimentaire mondiales qui peut avoir des conséquences désastreuses dans l'élimination de la pauvreté et de la famine, près de 71 millions de personnes supplémentaires se retrouveront dans l'extrême pauvreté à cause de la pandémie. Etant donné que les gouvernements en UE sont en train de prioriser les actions pour la santé de leurs citoyens, cela a mis un coup de frein à l'implémentation de l'accord vert européen et à l'implémentation des stratégies nationales et régionales à la croissance de la bioéconomie.

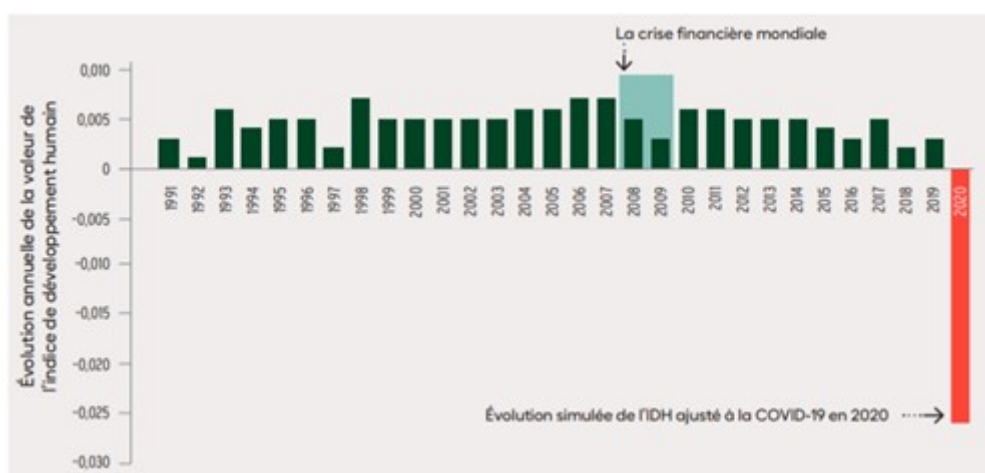
Pour analyser la crise économique mentionnée jusqu'ici, la partie IA de notre projet a d'abord pris en compte un dataset qui permet la visualisation de l'impact du covid 19 sur l'économie mondiale c'est-à-dire plus précisément l'impact sur 210 pays. Les principaux indicateurs à avoir été pris en compte sont les trois suivants : l'Indice de Développement Humain IDH, l'Indice de Rigueur STI, le Produit Intérieur Brut PIB.

#### **4. L'Indice de Développement Humain :**

Pour faire part d'une croissance économique ou comme dans notre cas d'une crise économique, nous nous reposons généralement sur les mesures de PIB. Avant cela, nous allons commencer par parler de l>IDH ou Indice de Développement Humain qui permet dans son approche de compléter le PIB et afin de pallier ses limites. Cet indicateur humain a été développé par le Programme des Nations Unies pour le Développement et permet de mesurer les perspectives d'avenir offertes aux individus à l'intérieur d'un pays, il adopte une démarche assez qualitative et pluridimensionnelle

à travers le Revenu National Brut par habitant en parité pouvoir d'achat en dollars, à travers la santé à savoir à travers l'espérance de vie à la naissance et à travers l'éducation qui est incorporée dans cet indice par la durée de scolarisation.

Selon le Rapport sur le développement humain 2020, la pandémie de covid 19 pourrait avoir eu l'effet extrême de faire rentrer plus de 100 millions d'individus dans l'extrême pauvreté, définie par l'ONU et des agences nationales comme vivre avec 1,25 dollars ou son équivalent par jour. Ceci pourrait constituer le pire recul en une génération selon ce rapport. Dans la figure ci-dessous, on voit qu'en 2020, l'indice de développement humain subit une chute sans précédent par rapport à l'évolution de sa valeur annuelle. Notons que pendant la crise financière de 2008, il n'avait pas encore subi de contretemps comme il a été le cas en 2020.



**\* [Fig. 35] Le choc inédit de la pandémie de COVID-19 sur le développement humain**

Lorsque l'on parle de cet indicateur dans le cas de la crise économique du covid, de par la partie IA de notre projet, une première observation serait qu'au cours de la pandémie, à savoir à partir de la courbe de l'évolution de l'IDH de janvier 2020 à octobre 2020, la valeur de cet indice reste constante. De par la définition énoncée plus haut, on peut comprendre que l'indice de développement humain par pays varie sur des intervalles assez grands et que pour la crise du covid, il n'est pas très révélateur. Cependant, lorsque nous nous intéressons au cours de la pandémie aux principaux indicateurs (deux desquels seront présentés plus bas), nous tirons la conclusion que l'IDH diminue lorsque le nombre total de cas et de décès liés au covid 19 augmentent. Cette observation a été faite par le traçage de la courbe de la moyenne mondiale de l'indice de développement humain et de la courbe du total des morts sur la même échelle de temps mentionnée qui est sur presque la totalité de l'année 2020, année

où le covid a commencé à se propager sur une échelle mondiale, après son apparition en Chine en 2019. Cette diminution viendrait d'une façon antérieure à ce qui semble en être la cause.

## 5. L'indice de rigueur :

L'indice de rigueur constitue une mesure du covid 19 qui a été développé par l'Université d'Oxford pour saisir et évaluer en détail les réponses des gouvernements à l'évènement pandémique, appelé Stringency Index ou STI pour la partie IA dont la synthèse sera faite plus bas. L'indice de rigueur est utilisé dans son évolution temporelle par rapport au taux de mortalité (nombre de cas, nombre de décès liés au covid 19) et de ce fait des intercorrélations peuvent être synthétisés entre les mesures de cet indice et l'évolution des courbes de mortalité.

L'Université d'Oxford a mis en place un suivi pour collecter et évaluer les données des mesures politiques prises en réponse à la pandémie et ce dans le cadre de 180 pays et ce dans le but d'évaluer le risque et afin d'orienter ces mêmes mesures qui ont été prises vers soit un assouplissement soit une fermeture plus rigoureuse. Cette démarche utilise tout d'abord le recueil d'informations sur 20 indicateurs qui sont regroupés au travers de quatre indices. Le premier concerne les réponses des gouvernements générales à l'évolution de la pandémie, le second concerne les mesures de confinement et de restrictions de fermeture des commerces et autres qui sont mises en place, le troisième concerne les mesures de soutien économique mises en place et le dernier qui est l'indice de rigueur original et qui concerne en particulier les comportements des personnes dans le cadre de ces mesures type confinement général. Cet indice global est donné de 0 à 100, 0 étant la meilleure réponse et 100 étant la pire réponse adoptée par le gouvernement étudié.

Un exemple du STI sur le Monde et l'Europe est donné ci-dessous, ce graphique est à la date du 16 novembre 2021 à titre d'exemple et renseigne par un code couleur sur à quelle point les mesures adoptées par le gouvernement d'un pays en particulier est stricte.



**\*[Fig. 36] Covid-19 Stringency Index (World and Europe)**

Pour les pays européens, nous notons les 6 pires indices de rigueur de 2020 à titre d'exemple : l'Italie est en premier rang avec un indice de 67,9 suivie du Portugal à 66,7 ensuite l'Espagne à 66,4 viennent après les Royaumes-Unis avec 66,3 l'Albanie avec 65,9 et enfin la France en sixième position avec 64,1. Ceci est pour nous donner une idée de la cohérence de cet indice avec les faits réels et nous assurer de son exactitude. Lorsque l'on s'intéresse à trouver une corrélation entre cet indice STI et le nombre de décès liés au covid 19, il est évident qu'il n'y a pas de corrélation uniforme entre les mesures sévères et les mesures légères mais des augmentations très importantes du pourcentage de la diminution du taux de mortalité sont perceptibles avec des valeurs élevées de sévérité c'est à dire de cet indice.

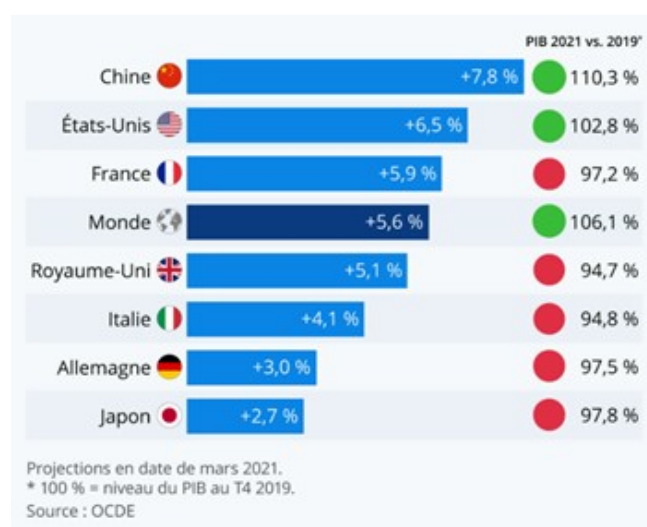
En effet, de par la partie IA de notre projet, nous synthétisons le fait que dans le graphique qui montre le nombre total des morts liés au covid 19 à travers le temps, ce nombre augmente fortement dans chaque pays et très légèrement par la suite. Cette diminution perceptible de l'augmentation du nombre de morts est due aux mesures prises par chaque pays notamment à travers le confinement et la fermeture de plusieurs secteurs de travail, et cela se reflète à travers notre indicateur STI. Une courbe d'évolution temporelle de ce dernier reflète, par pays, les mesures prises pour faire face à la propagation du virus. On remarque qu'à partir du mois de mars 2020, cet indicateur est très élevé à l'échelle mondiale, notamment en France où la décision de confinement général national a été prise. A partir de septembre 2020, les mesures de cet indicateur étaient moins élevées de par le relâchement des mesures, devenues moins strictes, peut être considéré comme une erreur étant donné le deuxième pic de la pandémie plus tard dans l'année. Lorsque nous nous intéressons au cours de la pandémie à l'indice de rigueur, nous tirons la conclusion que le STI diminue lorsque le nombre total de cas et de décès liés au covid 19 augmentent. Cette observation a été faite par le traçage de la courbe de la moyenne mondiale de l'indice de rigueur et de la courbe du total des morts sur l'échelle de temps qui correspond à janvier 2020 jusqu'à octobre 2020. Au cours du dernier mois de cette étude, le nombre total de cas et de décès a fortement diminué néanmoins le STI a augmenté au lieu de diminuer compte tenu des informations précédentes, faisant allusion au fait que les gouvernements ont eu peur de la sévérité continue des mesures qu'ils ont prises par le passé, sûrement accompagnée de la peur leurs effets économiques sur le long terme.

## **6. Le Produit Intérieur Brut :**

L'économiste en chef du Fonds Monétaire International a prévu une croissance mondiale en 2020 qui tomberait à -3%. Ils avaient supposé que la pandémie et les mesures de confinement allaient voir leur pic au deuxième quartile de 2020 dans la majorité des pays et qu'ils reculaient au deuxième semestre de 2020. Ce qui fait du Grand Confinement la pire récession depuis la Grande Dépression et bien pire que la

crise financière mondiale. En supposant que la pandémie de covid 19 allait se dissiper dans le deuxième semestre de l'année 2020 et que les mesures politiques prises dans le monde entier permettent aux entreprises de ne pas faire faillite et permettent d'éviter les pertes d'emploi prolongées et les tensions financières à l'échelle du système, le Fonds Monétaire International a prévu que la croissance mondiale rebondira de +5.8% en 2021.

Nous allons ainsi nous intéresser au produit intérieur brut et à son évolution dans plusieurs pays qui nous intéressent. On voit alors plus bas les prévisions de croissance du PIB en 2021 et la comparaison du PIB prévu à la fin de l'année par rapport à 2019.



\* [Fig. 37] Projections PIB 2021 vs 2019

En traçant l'évolution temporelle du PIB par habitant ou GDPCAP qui est la division du produit intérieur brut total par la population, sur la période allant de janvier 2020 à octobre 2020, nous obtenons un résultat cohérent avec l'évolution de l'indice de développement humain IDH à savoir que si le GDPCAP est élevé, l'IDH l'est aussi. Une corrélation avec le nombre de cas et de décès liés au covid 19 en suit alors, semblable à notre analyse plus haute. Plus en détail, nous utilisons une matrice de corrélation entre les variables suivantes : le nombre total de cas, le nombre total de décès et nos trois indices énoncés à savoir l'IDH, le STI et le GDPCAP. Une confirmation du fait que lorsque le nombre total de morts et de cas de covid 19 augmente, le PIB diminue. Cependant, on remarque qu'au cours du mois d'octobre 2020 et vers le dernier mois de cette étude le nombre total de cas et le nombre total de décès ont fortement diminué et le PIB a augmenté de manière moins que corrélative.

En second temps de la partie IA de notre projet, une étude de la reprise de la



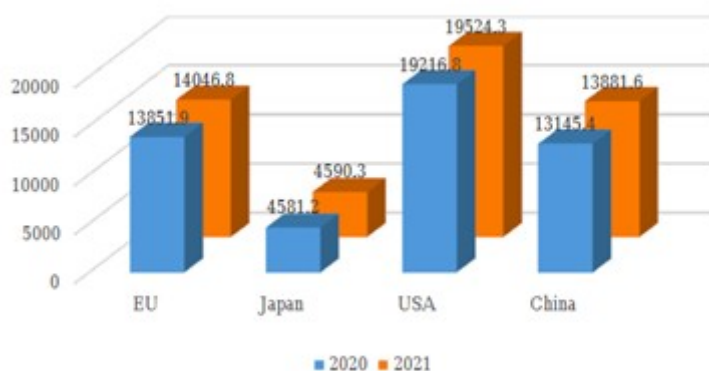
croissance économique après la crise du covid a été faite en utilisant l'étude de l'évolution de la croissance du PIB en 2021 et 2022. La base de données utilisée provient de la Banque Mondiale pour les taux de croissance du PIB historiques à savoir de 1950 à 2020 et du Fond Monétaire International qui quant à elle contient des estimations du taux de croissance du PIB pour 2021 et 2022. L'algorithme du réseau de neurones a été utilisé. Avant de passer aux résultats de la partie IA de ce projet, notons que les algorithmes à réseau de neurones ont été utilisés plusieurs fois dans le cadre de l'utilisation des données et de l'intelligence artificielle pour lutter contre la propagation du virus et afin de trouver de lutter contre la maladie en elle-même, aux États-Unis. En effet, les algorithmes ont été entraînés pour percevoir les images caractéristiques de la maladie dans un ct scan et l'université de Waterloo en Occident a mis en ligne un réseau de neurones ouvert pour aider à diagnostiquer cette maladie. Une base de données ouverte est nécessaire à entraîner cet algorithme qui en nécessite une quantité assez importante et des efforts mondiaux ont été faits pour exploiter des données et estimer des modèles à l'aide de l'intelligence artificielle. D'autre part, à l'aide de l'algorithme de réseau de neurones, l'Université de Washington a créé une carte à l'échelle atomique d'une partie infectante du virus pour pouvoir la viser et en trouver la neutralisation.

Des graphiques de réponse utilisant d'une part des mesures déjà connues de l'algorithme de par la base de données entrée et mesurant le taux de croissance de PIB par continent pour l'année 2020, à savoir sa baisse. Et d'autre part, en répondant à la question de l'évolution de ce taux de croissance de 10% de 2020 à 2021. L'algorithme nous ressort le pourcentage de réponse positives à la question posée. En troisième temps, nous obtenons un graphique qui décrit la confirmation à la question de diminution du taux de croissance du PIB entre 2021 et 2022 pour se pencher plus en détail à l'envergure de cette diminution et ainsi obtenir le graphique suivant qui sera celui de la diminution de plus de 2% du taux de croissance du PIB entre 2021 et 2022. La croissance du PIB a repris en 2021 sur une échelle mondiale mais cette croissance n'en est pas moins hétérogène par continent étudié. A savoir en Afrique et en Océanie où cette croissance n'est pas à la hauteur de la croissance européenne ou celle de l'Amérique du Nord. Ensuite, pour plus de 80% des pays du monde entier une baisse globale du taux de croissance est prévu en 2022, à noter que la croissance du PIB n'en est pas moins interrompue mais seulement qu'une baisse de plus de 2% est prévu notamment en Europe, Asie, Amérique du Nord qui seront les plus touchés, mais aussi ceux qui ont été les plus touchés par l'accélération de la croissance du PIB en 2021, après l'effet dévastateur de la pandémie du covid 19 en 2020.

Nous concluons alors sur la forte relance de la croissance du PIB mondial en 2021, en particulier un augmentation de plus de 10% du taux de croissance dans plus de 55% des pays du monde et d'un autre côté, une décélération de la croissance du PIB

par prévision pour 2022 en particulier une baisse du taux de croissance dans plus de 80% des pays du monde.

Plusieurs articles se sont penchés sur le sujet des prévisions de l'impact du covid 19 sur l'économie mondiale en 2022. Dans son article daté de décembre 2020, \* **[17] *Global Economic Crisis Reflected in the Statistical Forecasts, Romeo-Victor Ionescu*** (figure suivante incluse dans cet article en tant que author's contribution), considère comme indicateur à son analyse et prévisions le Produit Intérieur Brut en prenant comme support à son analyse les changements de statistiques officielles qui résultent de l'impact de la pandémie sur l'économie mondiale. L'analyse combine le taux de chômage et la dette publique brute.



\* **[Fig. 38] The value of GDP in the Pre-Pandemic Statistics**

Dans les statistiques officielles, il y a une connexion claire entre la pandémie et l'environnement économique mondial. Le résultat de cela a été une première analyse pointant cet effet de changement sur les statistiques officielles, s'en est suivie une analyse de comment les rapports statistiques aident à la compréhension équilibre économique de la puissance mondiale et enfin une troisième analyse pour déceler les gagnants et perdants suite à cette crise en parlant des principaux acteurs économiques mondiaux. Trois hypothèses ont été vérifiées suite à cette recherche.

Les informations données par l'Eurostat entre l'automne 2019 et Avril 2020 sont très différentes et de ce fait il y a une relation directe de cause à effet entre la pandémie et les données statistiques. Ensuite, la pandémie a un effet d'ampleur sur son environnement économique, de par l'étude de la croissance du PIB, a été décelé le fait que sa chute est directement liée à la hausse des effets de la pandémie de covid19. Cela est entièrement reflété dans les données statistiques mondiales. Quant aux prévisions en rapport avec les forces mondiales et leurs avancées dans cette situation de crise économique, on a vu que la chute de l'économie en 2020 a précédé à sa hausse en 2021 mais pas suffisamment pour la contrebalancer, pour un retour à la normale pré covid. Les données prévisionnelles pour 2022 annoncent un environnement économique délicat et l'écart entre les puissances économiques

mondiales se fera sentir avec un changement significatif : la Chine diminuera son écart économique avec les Etats-Unis et obtiendra de meilleurs résultats économiques que l'UE notamment. Le PIB chinois aura un écart de 4758.6 milliards d'euros avec le PIB américain en 2022, comparé à 5199.8 milliards d'euros en 2021. En comparant au PIB de l'Union Européenne, le PIB chinois sera de +708.4 milliards d'euro en 2022.

## Conclusion générale :

Un 16 novembre 2019, à WUHAN, dans une province en Chine appelée HUBEI, apparaît une maladie infectieuse et très dangereuse appelée la maladie à Coronavirus 2019 ou tout simplement Covid-19 liée à la famille du Coronavirus SARS-CoV-2. En 2020, l'économie mondiale traverse une situation historique, les économistes prédisent une chute insolite contrairement aux années précédentes. En effet, pour enrayer la propagation du virus, plusieurs pays ont pris des mesures de confinement. La crise économique est inédite de par sa vitesse de diffusion à l'échelle planétaire.

Nous avons étudié les mesures d'interventions prises par les banques centrales accompagnées des dégâts économiques engendrés par la crise du Covid-19. La crise sanitaire s'est transformée en une crise économique sous l'effet de deux chocs : un choc d'offre et un autre de demande. Face à cette crise, la Banque Centrale Européenne (BCE) a réagi en mars 2020 : Elle a réactivé son programme d'achats de titres qui a permis d'assouplir les conditions de crédit auxquelles sont confrontés l'État et les entreprises et d'injecter des liquidités supplémentaires dans l'économie. En Chine, la banque centrale chinoise a débloqué fin février des extensions ou des renouvellements de prêts aux entreprises et a annoncé le 13 mars une baisse du ratio de réserve obligatoire des banques, libérant 550 milliards de yuans (70,6 milliards d'euros) pour soutenir l'économie.

Notre approche par des techniques de modélisation statistique et Machine Learning avait pour but de modéliser et d'analyser l'impact économique de la crise du COVID. Nous avons visualisé les données dans un dataset contenant les données de 210 pays en ce qui concerne l'impact de covid-19 sur l'économie mondiale faisant apparaître des graphiques avec les modules plotly et seaborn. Les principaux indicateurs retenus au sein du dataset sont l'indice de développement humain (IDH), l'indice de rigueur et le PIB par habitant. Lors de la régression statistique effectuée pour déterminer s'il est possible d'affirmer l'existence d'une relation entre le nombre de morts/cas et les indicateurs économiques. L'indicateur variance inflation factor (VIF) est utilisé. Nous tirons plusieurs conclusions. L'IDH diminue lorsque le nombre total de cas et de décès liés au covid 19 augmentent. Cette diminution viendrait d'une façon antérieure à ce qui semble en être la cause. Lorsque nous nous intéressons au cours de la pandémie à l'indice de rigueur, nous tirons la conclusion que le STI diminue lorsque le nombre total de cas et de décès liés au covid 19 augmentent. Au cours du dernier mois de cette étude, le nombre total de cas et de décès a fortement diminué néanmoins le STI a augmenté au lieu de diminuer compte tenu des informations précédentes, faisant allusion au fait que les gouvernements ont eu peur de la sévérité

continue des mesures. Nous avons utilisé ensuite une matrice de corrélation entre les variables suivantes : le nombre total de cas, le nombre total de décès et nos trois indices énoncés à savoir l'IDH, le STI et le GDPCAP. Nous obtenons une confirmation du fait que lorsque le nombre total de morts et de cas de covid 19 augmente, le PIB diminue. En second temps de la partie IA de notre projet, une étude de la reprise de

la croissance économique après la crise du covid a été faite en utilisant l'étude de l'évolution de la croissance du PIB en 2021 et 2022. L'algorithme du réseau de neurones a été utilisé. Nous avons conclu sur la forte relance de la croissance du PIB mondial en 2021, en particulier une augmentation de plus de 10% du taux de croissance dans plus de 55% des pays du monde ainsi qu'une décélération de la croissance du PIB par prévision pour 2022 en particulier une baisse du taux de croissance dans plus de 80% des pays du monde.

De par notre recherche dans les articles, les données prévisionnelles pour 2022 annoncent un environnement économique délicat et l'écart entre les puissances économiques mondiales se fera sentir, à travers le fait que la Chine qui diminuera son écart économique avec les Etats-Unis.

## SOURCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- [Fig. 1] Thèse : L'économie mondiale face à la pandémie de la Covid-19 : état des lieux, analyses et perspectives. Jonas Kibala Kuma, 3 Juillet 2020.
- [Fig. 2] Rapport de l'Ocde, Décembre 2020, <https://www.oecd.org/perspectives-economiques/decembre-2020/>
- [Fig. 3] Rapport du Conseil National de la Productivité, Décembre 2020
- [Fig. 4] Rapport de l'Organisation Mondiale de la Santé, Janvier 2021, <https://www.who.int/fr>
- [1] La pandémie de Covid-19 provoque un krach boursier historique, Isabelle CHAPERON, 13/03/2020, [https://www.lemonde.fr/economie/article/2020/03/13/la-pandemie-de-covid-19-provoque-un-krach-boursier-historique\\_6032861\\_3234.html](https://www.lemonde.fr/economie/article/2020/03/13/la-pandemie-de-covid-19-provoque-un-krach-boursier-historique_6032861_3234.html)
- [Table 1] Rapport des nations unies sur le commerce et le développement, De la pandémie à la prospérité pour tous, 2020
- [Fig. 5] Rapport de l'OPEP : Organisation des Pays Exportateurs du Pétrole, <https://prixdubaril.com/petrole-index/organisation-des-pays-exportateurs-de-petrole-opec.html>
- [Fig. 6] INSEE, Données de paiements par carte bancaire (CB); calculs des auteurs, <https://www.insee.fr/fr/accueil>
- [Fig. 7] Le chômage retombe à son niveau d'avant crise - Alain Ruello, 13 août 2021, <https://www.lesechos.fr/economie-france/social/le-chomage-est-revenu-a-son-niveau-davant-la-crise-du-covid-1338583>
- [Fig. 8] Estimations du Secrétariat de l'OCDE d'après l'enquête économique « Des risques qui comptent » 2020, 28/04/2021, <https://www.oecd.org/fr/>
- [Fig. 9] Estimations du Secrétariat de l'OCDE d'après l'enquête économique « Des risques qui comptent » 2020, 28/04/2021, <https://www.oecd.org/fr/>
- [2] UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME, *Human Development Index (HDI)*
- [3] The Indian Express, *What is Stringency Index?*, May 2020
- [4] FocusEconomics, *What is GDP per capita? Q3 2020*
- [5] Makina Corpus : Initiation aux machines learning avec python
- [6] Numpy.org
- [7] WIKIPÉDIA : Réseau de neurones
- [8] Medium : Réseau de neurones en python

- [9] FMI : base de données sur les prévisions des taux de croissance du PIB en 2021 et 2022 pour certains pays.
- [10] Banque Mondiale : base de données sur les taux de croissances du PIB pour l'ensemble des pays du monde entre 1950 et 2019.
- [Fig. 29 et 30] FMI : Reprise mondiale : le fossé s'élargit entre les pays Gita Gopinath, 27/07/2021, <https://www.imf.org/fr/News/Articles/2021/07/27/blogs-drawing-further-apart-widening-gaps-in-the-global-recovery>
- [Fig. 31] World Bank: GDP (current US\$), China, years 2000 to 2020.
- [12] Bureau national des Statistiques de Chine, Avril 2020
- [Table 2] Communiqué de la Banque de France, Avril 2020
- [13] Communiqué de la Banque de France : Septembre 2021
- [Fig. 32] Publié par Eric Albert : Le Monde, Février 2021
- [Fig. 33] Publié par Eric Albert : Le Monde, Février 2021
- [14] Covid-19 Economic Vulnerability Index: EU Evidence, Procedia Computer Science, Joanna Brzyska, Izabela Szamrej-Baran, 2021
- [Table 3] COVID-19 Economic Vulnerability Index (CEVI) – performance by economy, Joanna Brzyska, Izabela Szamrej-Baran, 2021
- [Fig. 34] Publié par Christophe Blot et Paul Hubert, Blog de l'OFCE, Janvier 2021
- [15] ses.ens-lyon.fr : L'économie européenne 2021 : l'UE face à la crise de la covid-19, Mai 2021
- [16] Bioeconomy during the COVID-19 and perspectives for the post-pandemic world: Example from EU, EFB Bioeconomy Journal, Ewa Woźniak, Agata Tyczewska, 2021
- [Fig. 35] Programme des Nations Unies pour le Développement PNUD, Rapport sur le développement humain, 2020
- [Fig. 36] Oxford Covid-19 Government response tracker, Covid-19 Stringency Index, November 2021
- [Fig. 37] Publié par Tristan Gaudiaut, statista, 12 mars 2021
- [17] Global Economic Crisis Reflected in the Statistical Forecasts, Romeo-Victor Ionescu, Décembre 2020
- [Fig. 38] Global Economic Crisis Reflected in the Statistical Forecasts, Romeo-Victor Ionescu, Décembre 2020

