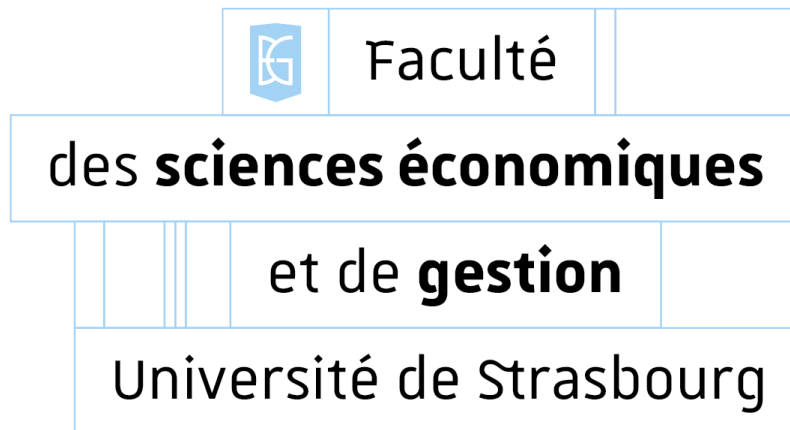


Université de Strasbourg

Faculté des Sciences Economiques et de Gestion



Année universitaire 2023-2024

Quels sont les effets de la crise covid-19 sur la production par tête des pays membres de l'UE : Une étude comparative entre les pays membres de l'OCDE

PROJET ECONOMETRIE DES DONNÉES DE PANEL
Master 1 Data Science pour l'Economie et l'Entreprise du futur

Auteur :
Valentin Barthel

Supervisé par :
Jalal El Ouardighi

Table des matières

1	Introduction	1
2	Le Cadre statistique	1
2.1	Présentation des Données	1
2.2	Statistiques descriptives	2
3	Présentation des Principaux Résultats	4
3.1	Les Estimations	4
3.2	Résultats des Tests	6
4	Conclusion et Discussion	7
5	Les Annexes	8
5.1	Les Figures	8
5.2	Quelques Lignes de Code	10

1 Introduction

La pandémie de Covid-19 a provoqué une crise sanitaire et économique mondiale, affectant particulièrement l'économie des pays les plus développés et dépendants de l'économie mondiale. L'ampleur des répercussions ont varié d'un pays à l'autre, mettant en avant l'importance des structures institutionnelles et des politiques économiques conçues pour stabiliser l'ampleur des chocs économiques. Dans ce contexte, l'appartenance des pays à des organisations internationales telles que l'Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OCDE) et l'Union européenne (UE) présente un intérêt particulier, compte tenu de leur potentiel rôle stabilisateur face aux chocs de nature conjoncturels et structurels. Afin d'expliquer l'évolution du PIB par habitant par tête, nous intégrerons des variables macroéconomiques tels que le taux de chômage, conformément à la loi d'Okun (Okun, 1963) et l'inflation qui, de manière indirecte à travers le chômage selon la courbe de Phillips (Samuelson and Solow, 1960) est liée à la production. D'autres part aux théories de la croissance endogène (Romer, 1986) dans la construction de notre modèle, plus particulièrement aux théories de la convergence conditionnels (Barro, 1996), (Acemoglu, Johnson and Robinson, 2005) mettant en avant un lien entre la croissance économique et l'appartenance à de fortes institutions mondiales. L'appartenance à ces institutions est souvent associée à un niveau de vie élevé, un capital humain développé et infrastructures développées ou encore à des capacités en Recherche et Développement (R&D) plus importantes.

Ainsi, nous poserons le modèle à effet aléatoire suivant :

$$\begin{aligned} \log(\text{PIB}/\text{hab}_{it}) = & \alpha + \beta_0 \text{Chom}_{it} + \beta_1 \text{Inflation}_{it} + \beta_2 \text{Covid}_{it} + \beta_3 \text{EntreeOCDE}_{it} + \beta_4 \text{UE}_{it} \\ & + \beta_5 \text{DepSant}_{it} + \beta_6 \text{R\&D}_{it} + \beta_7 \text{FBCF}_{it} + \beta_8 \text{Covid} * \text{EntreeOCDE}_{it} \\ & + \beta_9 \text{Covid} * \text{UE}_{it} + \mu_i + \lambda_t + \epsilon_{it} \end{aligned} \quad (1)$$

Notre choix du modèle à effet aléatoire permet de capturer les chocs conjoncturels affectant l'économie sous l'hypothèse que ces effets non-observés ne sont pas corrélés avec nos variables explicatives. La crise covid est considéré dans la littérature, comme étant à la fois d'origine conjoncturel de par ses effets immédiats sur les activités économiques mais également structurel pour ses effets à long terme, notamment ceux liés à la course pour la numérisation (Anthony Jnr and Abbas Petersen, 2021). Par ailleurs, la crise Covid étant corrélée à l'inflation, le chômage ou encore les dépenses de santé, nous choisirons d'inclure dans notre modèle une indicatrice "Covid" aux années correspondantes à cet effet.

2 Le Cadre statistique

2.1 Présentation des Données

Notre étude visant à expliquer l'effet de la Covid-19 sur le PIB par habitant de l'ensemble des états membres de l'OCDE (38) en fonction de leur date d'entrée et de leur appartenance ou non à l'Union Européenne, nous nous intéresserons à la période 2009 à 2022, ainsi avec $i=38$ et $t=14$, nous disposons de 532 observations.

L'ensemble des données ont été récoltées sur le site de l'OCDE et se présentent comme-suit :

- **PIB/habitant** : Indicateur de productivité exprimé en Dollars US/habitant de 2009 à 2022.
- **Chom** : Le taux de chômage annuel exprimé en part de la population active de 2009 à 2021.
- **IPC** : Le taux de croissance annuel de l'inflation.
- **Covid** : Une variable indicatrice prenant 1 pour 2019 et 2020, 0 sinon pour l'ensemble des pays.
- **EntreeOCDE** : Une variable prenant comme valeur la date d'entrée du pays observé dans l'OCDE. Nous verrons par la suite que celle-ci sera transformée en variable indicatrice prenant 1 si le pays observé a adhéré à l'OCDE avant 1980, 0 sinon.
- **UE** : Une variable indicatrice prenant comme valeur 1 si le pays appartient à l'UE, 0 sinon.
- **DepSant** : Une variable exprimant les dépenses de Santé totale en part du PIB servant à évaluer le capital humain de 2009 à 2021.
- **R&D** : Une variable exprimant les dépenses en Recherche et Développement en part du PIB servant à évaluer l'amélioration du capital travail.
- **FBCF** : Taux de croissance annuel de la Formation brute en capital fixe représentant les investissements des entreprises servant à évaluer le capital travail de 2009 à 2021.

Nous avons traité les valeurs manquantes des variables PIB/habitant, IPC et Chom par la moyenne et effectué un lissage pour les valeurs manquantes concernant la R&D, DepSanté et FBCF.

2.2 Statistiques descriptives

Tout d'abord, nous avons remarqué durant le nettoyage de notre base de données que la plupart des valeurs manquantes étaient particulièrement associées aux pays membres de l'OCDE les moins riches, notamment le Costa Rica, le Mexique ou encore la Colombie, témoignant de la faiblesse institutionnel des pays les plus pauvres face aux pays les plus riches appartenant à l'OCDE.

Table 1. Statistiques descriptives

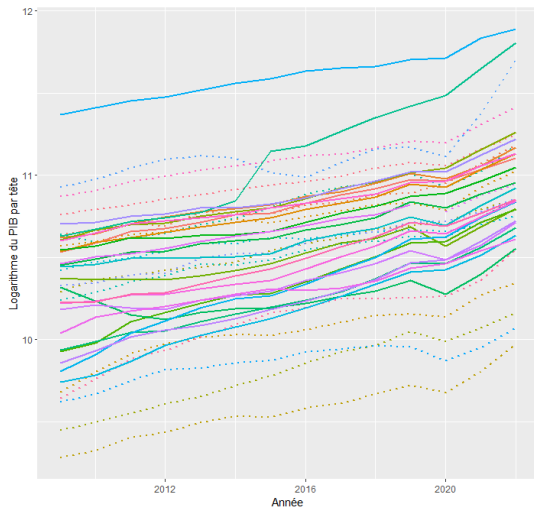
	PIB/habitant	IPC	Chom	Covid	UE	EntreeOCDE	DepSanté	R&D	FBCF
nobs	532	532	532	532	532	532	532	532	532
NAs	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Minimum	10,721	-4.500	2.020	0	0	1,961	4.117	0.194	-47.500
Maximum	145,972	72.300	27.820	1	1	2,021	18.756	5.706	100.700
1. Quartile	29,078	0.700	4.818	0	0	1,961	7.126	1.170	-2.025
3. Quartile	50,462	3.125	9.158	0	1	1,996	10.381	2.876	6.200
Mean	42,731.520	2.586	7.647	0.143	0.600	1,978.658	8.881	1.933	2.145
Median	40,803.500	1.800	6.535	0	1	1,961	8.999	1.704	2.600
Sum	22,733,169	1,375.672	4,067.960	76	319	1,052,646	4,724.798	1,028.320	1,141.100
SE Mean	859.799	0.184	0.185	0.015	0.021	0.967	0.099	0.048	0.444
LCL Mean	41,042.500	2.224	7.283	0.113	0.558	1,976.758	8.686	1.839	1.272
UCL Mean	44,420.550	2.947	8.010	0.173	0.641	1,980.558	9.076	2.026	3.018
Variance	393,283,415.000	18.024	18.175	0.123	0.241	497.476	5.249	1.207	105.042
Stdev	19,831.380	4.246	4.263	0.350	0.490	22.304	2.291	1.098	10.249
Skewness	1.678	9.171	1.826	2.035	-0.406	0.714	0.727	0.537	1.372
Kurtosis	4.768	136.575	4.174	2.147	-1.839	-1.198	1.775	-0.137	19.315

La production par tête présente des disparités importantes selon les observations, cela peut s'expliquer particulièrement par des différences inter-pays puisqu'il existe des différences importantes de production par habitant entre pays au sein de l'OCDE (notamment entre le Luxembourg et Chili) mais également intra-pays dans le temps avec par exemple la production par tête de l'Irlande qui triple de 2014 à 2022. Concernant, les dépenses de santé nous observons un maximum et un minimum très éloignés, c'est à dire que parmi les pays membres de l'OCDE, certains consacrent près de 4% de leur PIB en dépenses de santé tandis que d'autres en consacreront jusqu'à 18%. Par ailleurs, l'écart-type de 2,3 ainsi qu'un Kurtosis faible et inférieur à 3¹ témoignant de différences importantes entre pays et/ou périodes. Notons cependant que ces différences peuvent s'expliquer par un accroissement des dépenses de santé avec la crise Covid.

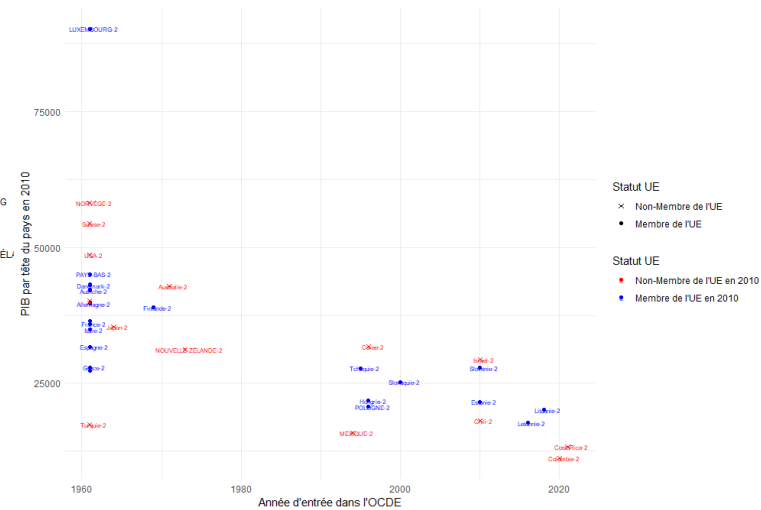
1. Kurtosis d'une distribution parfaitement normale.

Figure 1. Représentation graphique des liens entre le PIB par habitant et les variables institutionnelles

(a) Evolution du PIB par habitant des pays membres de l'OCDE dans le temps en fonction du statut UE :



(b) Année d'entrée dans l'OCDE des pays en fonction de leur PIB par habitant et du statut UE :



UE EntreeOCDE	EntreeOCDE <1980	EntreeOCDE >1980	Somme
UE = 1	61,7%	57,1%	59,9%
UE = 0	38,3%	42,9%	40,1%
Somme	100%	100%	100%

Ces graphiques nous permettent de tirer plusieurs enseignements. Tout d'abord, l'évolution du PIB par habitant des pays membre de l'OCDE semblent s'accroître de manière constante sur la période étudiée, présentant un phénomène d'accroissement "automatique" (cf. Figure 1a). Nous observons cependant des micro-fluctuations dans le temps pouvant s'expliquer par les chocs conjoncturels qui affectent nos économies, renforçant notre choix d'un modèle à effet aléatoire. Nous observons une tendance à des perturbations communes entre 2009 à 2011 et de 2019 à 2021, témoignant du rétablissement de la crise de 2008 et de l'effet de la crise Covid. Ensuite les pays membres de l'UE semblent suivre une tendance moyenne avec une faible disparité au sein de ce groupe, les empêchant d'apparaître comme les plus pauvres bien qu'ils ne soient pas forcément associés au groupe les plus riches à l'exception de l'Irlande et du Luxembourg. Par ailleurs, nous observons que les premiers pays adhérents à l'OCDE sont souvent associés à un PIB par habitant plus important (cf. Figure 1b). Cependant, il ne semble pas y avoir de lien significatif entre le fait d'être futur membre à l'UE et l'adhésion précoce à l'OCDE. De ce fait, nous procéderons à une transformation de la variable EntreeOCDE afin de ne distinguer que les deux périodes d'adhésion à l'OCDE (1 si le pays a rejoint l'OCDE avant 1980, 0 sinon).

3 Présentation des Principaux Résultats

3.1 Les Estimations

Table 2. Tableau des Estimations : OLS, Within et GLS à effet double avec et sans indicatrice Covid.

	Dependent variable :					
	log(PIB/hab)					
	OLS	Within	GLS	OLS Covid	Within Covid	GLS Covid
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Constant	10.290*** (0.095)		10.511	10.261		10.491*** (0.213)
Chom	-0.040*** (0.003)	-0.014*** (0.004)	-0.018*** (0.004)	-0.039*** (0.003)	-0.014** (0.005)	-0.017*** (0.005)
IPC	0.002 (0.002)	0.003 (0.002)	0.004*** (0.001)	0.002** (0.001)	0.003** (0.001)	0.005*** (0.001)
Covid				0.192		0.197*** (0.054)
EntreeOCDE	0.503*** (0.042)		0.631	0.516		0.645*** (0.127)
UE	0.216*** (0.025)	0.010 (0.028)	0.048* (0.027)	0.224*** (0.025)	0.001 (0.077)	0.038 (0.073)
DepSanté	-0.006 (0.010)	-0.043*** (0.010)	-0.032* (0.017)	-0.007 (0.017)	-0.042* (0.024)	-0.033 (0.024)
R&D	0.088*** (0.011)	-0.012 (0.011)	0.019 (0.026)	0.088*** (0.026)	-0.012 (0.032)	0.016 (0.030)
FBCF	0.004*** (0.001)	-0.0004 (0.001)	0.00002 (0.0004)	0.004*** (0.0004)	-0.0004 (0.001)	0.0002 (0.001)
Covid :EntreeOCDE				-0.061*** (0.022)	-0.061	-0.061** (0.024)
Covid :UE				-0.056*** (0.016)	0.015	0.007 (0.020)
Observations	532	532	532	532	532	532
R ²	0.644	0.371	0.313	0.654	0.396	0.358
Adjusted R ²	0.639	0.297	0.304	0.648	0.322	0.346
Residual Std. Error	0.265			0.262		
F Statistic	135.557***	46.725***	239.244***	98.563***	38.730***	290.705***

Note :

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

L'analyse des différents modèles statistiques appliqués aux données en panel, incluant les modèles Within à effets fixes et les modèles à effets aléatoires GLS avec et sans interactions liées au Covid, révèle des informations pertinentes sur les facteurs influençant le PIB par habitant des pays de l'OCDE. De manière globale à travers les modèles, le taux de chômage et l'inflation émergent comme des variables significatives, avec d'une part une relation négative entre le chômage et le PIB par habitant, et d'autre part, une relation positive entre l'inflation et le PIB par habitant conformément à la loi d'Okun et indirectement à la Courbe de Phillips à travers le chômage comme évoqué en introduction.

Concernant les modèles à effets aléatoires, nous observons que l'intégration de l'indicatrice "Covid" et de ses interactions semblent statistiquement pertinentes pour expliquer les variations de la production. En effet, en moyenne la période Covid sera associée à une hausse de près de 20% de PIB par habitant au seuil 1% de productivité (pouvant s'expliquer par l'accélération de la numérisation et de l'automatisation, des politiques gouvernemen-

tales menant à des dépenses défensives² ou encore des effets de sélection économique, conduisant à la faillite des entreprises les moins adaptées à l'environnement économique et aux transitions numériques (Anthony Jnr and Abbas Petersen, 2021) durant la crise) mais également à une diminution du PIB par habitant de 6% pour les premiers pays adhérents à l'OCDE au seuil 5%, ceteris paribus (pouvant s'expliquer par le fait que les premiers pays adhérents sont aujourd'hui les pays les plus développés économiquement et également les plus dépendants à l'économie mondiale durement fragilisée pendant la période Covid).

Cependant, contrairement à nos attentes, nous n'obtiendrons pas d'effets significatifs quant à l'appartenance à l'UE européenne face à la crise Covid. Par ailleurs, les effets dépenses en R&D et de l'investissement ne semblent pas significatifs dans ce modèle s'expliquant par les effets long-termes attendus par ces agrégats. Les dépenses de santé n'étant plus significatives avec l'ajout des écarts-types robustes, cela témoignant de l'hétéroscédasticité. Par ailleurs, contrairement à nos attente nous n'obtiendrons pas d'effets significatifs quant à l'appartenance à l'UE face à la crise Covid.

Figure 2. Résidus Temporels par Année dans le modèle avec l'indicatrice Covid et sans l'indicatrice.



Les résidus temporels exposés dans ces graphiques (cf. Figure 2) mettent en avant les deux modélisations Within à effet fixe, l'une intégrant l'indicatrice Covid (cf. Figure 2a) et l'autre non (cf. Figure 2b) sur la période étudiée. Nous observons des fluctuations initiales des résidus entre 2009 et 2012, reflétant potentiellement des conséquences résiduelles de la crise financière de 2008 non capturées par ces modèles. De 2012 jusqu'à 2018, nous observons une stabilisation relative des résidus, indiquant une meilleure performance des modèles. Toutefois, à partir de 2019, nous remarquons une différence entre les deux modèles. En effet, l'ajout de la l'indicatrice "Covid" semble fournir une explication supplémentaire quant aux variations du PIB par habitant par rapport au modèle sans l'indicatrice, pour lequel la crise Covid se présente comme un choc exogène sur le PIB par habitant.

Table 3. Informations supplémentaires des modèles à effet aléatoire.

Paramètre	GLS	GLS Covid
Variance Idiosyncratique	0.003103	0.0029941
Variance Individuelle	0.047220	0.0478864
Variance Temporelle	0.001005	0.0009003
Theta	0.7239	0.7147

L'analyse des variances idiosyncratiques et temporelles des modèles GLS (cf. Table 3) tend à nous faire choisir le modèle avec l'indicatrice "Covid". En effet, nous observons une diminution de ces variances dans cette deuxième

2. Une dépense défensive (ou sophisme de la vitre cassée) est une dépense augmentant le PIB par le financement d'actions visant à réparer des dommages mais n'étant pas une réelle production pour le pays.

spécification bien que l'on puisse observer une augmentation de la variance individuelle, s'expliquant par le fait que la pandémie de Covid-19 a eu des effets hétérogènes à travers les différentes unités individuelles, ce qui est capturé par l'augmentation de la variance individuelle dans le modèle avec l'indicatrice "Covid". Cette augmentation de la variance individuelle à l'ajout de notre variable "Covid" nous présente les limites de l'utilisation d'une indicatrice Covid à valeur identique pour l'ensemble des pays observés puisqu'en effet, celle-ci ne représente pas les disparités entre pays en raison des conséquences issues des différents choix politiques appliqués pour chacun des pays, notamment le nombre de décès et les conséquences sur le PIB par habitant.

3.2 Résultats des Tests

Table 4. Résultats des tests d'existence des effets spécifiques du Multiplicateur de Lagrange (LM-test) pour les effets individuel, temporel et double.

Type d'effet	Statistique Chi-2	P-valeur	Hypothèse alternative
Effet individuel	1645.4	< 2.2e-16	Effets significatifs
Effet temporel	229.7	< 2.2e-16	Effets significatifs
Effet double	1875.1	< 2.2e-16	Effets significatifs

Les résultats du LM-test nous conduisent à rejeter H_0 pour les effets de l'ensemble des modèles en faveur de l'hypothèse alternative. Ainsi nous pouvons conclure à l'existence des deux effets.

Nous départagerons ensuite le modèle à effet fixe et le modèle à effet aléatoire à l'aide du test de spécification d'Hausman.

Table 5. Résultats des tests de spécification d'Hausman pour différentes spécifications.

Effet	Statistique Chi-2	P-valeur	Conclusion
Effet individuel (Within Covid et GLS Covid)	4.7854	0.7802	DH0
Effet temporel (Within Covid et GLS Covid)	92.809	< 2.2e-16	RH0
Effet double (Within Covid et GLS Covid)	12.971	0.07283	DH0

D'après les résultats de ce test de spécification, dans le cadre d'un modèle à effet double, nous supposons que le modèle à effet aléatoire est convergent et efficace.

Table 6. Résultats des tests d'autocorrélation de Wooldridge sur les modèles à effet fixe et aléatoire.

Modèle Indicatrice	Statistique Chi-2	P-valeur	Modèle sans Indicatrice	Statistique Chi-2	P-valeur
Modèle à effet fixe	268.16	< 2.2e-16	Modèle à effet fixe	283.82	< 2.2e-16
Modèle à effet aléatoire	248.91	< 2.2e-16	Modèle à effet aléatoire	268.81	< 2.2e-16

D'après ces résultats, le modèle contenant l'indicatrice "Covid" semble réduire l'autocorrélation par rapport au modèle sans indicatrice. L'ajout de cette variable permet de réduire le biais de variable omise et ainsi corriger l'autocorrélation, montrant que le biais de variable omise affecte davantage l'autocorrélation que le risque de dépendance spatiale, par ailleurs, l'ajout des termes d'interactions ne semble pas affecter positivement le niveau d'autocorrélation. Bien que la statistique du Chi-2 soit sensiblement moins importante pour le modèle avec indicatrice et à effet aléatoire que celle du modèle à effet fixe qui est sans indicatrice, nous concluons à la présence d'autocorrélation pour ces deux modèles, avec pour potentiel source, la sélection non-aléatoire en raison du choix d'observation des pays membres de l'UE et ce qui ne le sont pas, mais également par le fait que notre modèle ne suive pas une spécification dynamique.

4 Conclusion et Discussion

Dans cette étude, nous avons exploré l'effet de la crise économique de la Covid-19 sur le PIB par habitant pour les pays membres de l'OCDE en portant une attention sur des différences d'ordre institutionnel entre les pays dans le cadre de période d'adhérence à l'OCDE et de l'appartenance ou non à l'UE. À l'aide de l'utilisation d'un modèle à effet aléatoire afin de capturer l'effet des chocs conjoncturels qui ne sont pas corrélés à nos variables (notre analyse des variances du modèle à effet aléatoire et notre test de spécification d'Hausman nous ayant conforté dans notre choix de modèle visant à capturer ces effets sur le PIB par habitant). Conformément aux relations observées dans le cadre de loi Okun (Okun, 1963) ainsi que celle de la relation de Phillips (Samuelson and Solow, 1960) nous avons intégré plusieurs variables explicatives macroéconomiques. Par ailleurs, nous nous sommes inspirés des théories de la croissance endogène dans la construction de notre modèle en intégrant des variables liés aux capitaux humains et physiques avec la part du PIB consacré aux dépenses de santé et de R&D ainsi que le taux d'accroissement de la formation brute en capital fixe. Bien qu'une indicatrice pour notre variable Covid soit moins efficace que des statistiques liés au nombre de décès pour capturer les effets individuels comme présenté dans notre analyse des variances entre nos modèles avec et sans l'indicatrice, notre analyse comparative des résidus temporels nous a tout de même conduit à conclure à une capture efficace des effets de la crise Covid-19 sur le PIB dans notre modèle avec indicatrice.

Cependant, ce modèle ne prenant pas en compte la dimension dynamique, de nombreux effets ne seront donc pas capturés, particulièrement en ce qui concerne l'effet des dépenses de santé et R&D ainsi que la formation brute en capital fixe qui paraîtront non-significatifs dans notre modèle au vu des effets long-termes attendus par ces agrégats économiques. Par ailleurs, proprement aux modèles macroéconomiques statiques, notre modèle est potentiellement sujet à de l'endogénéité en raison de problèmes de causalités inverses pour la plupart de nos variables, notamment à ceux qui touchent à l'emploi ou encore l'indice des prix. De plus, les résultats du test de Wooldridge nous conduisent à conclure à une importante autocorrélation présente dans nos modèles à effet fixe et effet aléatoire. En d'autres mots, un modèle dynamique pourrait permettre de résoudre les problèmes d'identification des causalités et de capturer des effets retardés ainsi que l'autocorrélation.

Il pourrait être intéressant d'étendre notre modèle en incluant un degré d'ouverture des pays à l'économie mondiale, tout en y examinant l'impact du Covid sur cette variable. En effet, cela permettrait d'approfondir notre hypothèse selon laquelle les pays membres initiaux de l'OCDE, de par de leur PIB par habitant plus élevé et donc de leur supposée plus grande dépendance à l'économie mondiale, pourraient être plus significativement affectés. Par ailleurs, il pourrait s'avérer intéressant d'exploiter d'autres outils de Machine Learning non-supervisés tels que la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) qui pourrait s'avérer intéressant afin d'évaluer l'évolution des distances entre les pays membres de l'OCDE au fur et à mesure du temps (cf. Figure 4) ou encore des méthodes de réduction de dimension, tel que l'Analyse en Composantes Principales (ACP) afin d'explorer des sous-ensembles de variables explicatives, et par conséquent, éviter les risques de surajustement.

5 Les Annexes

5.1 Les Figures

Figure 3. Présentation des relations entre variables.

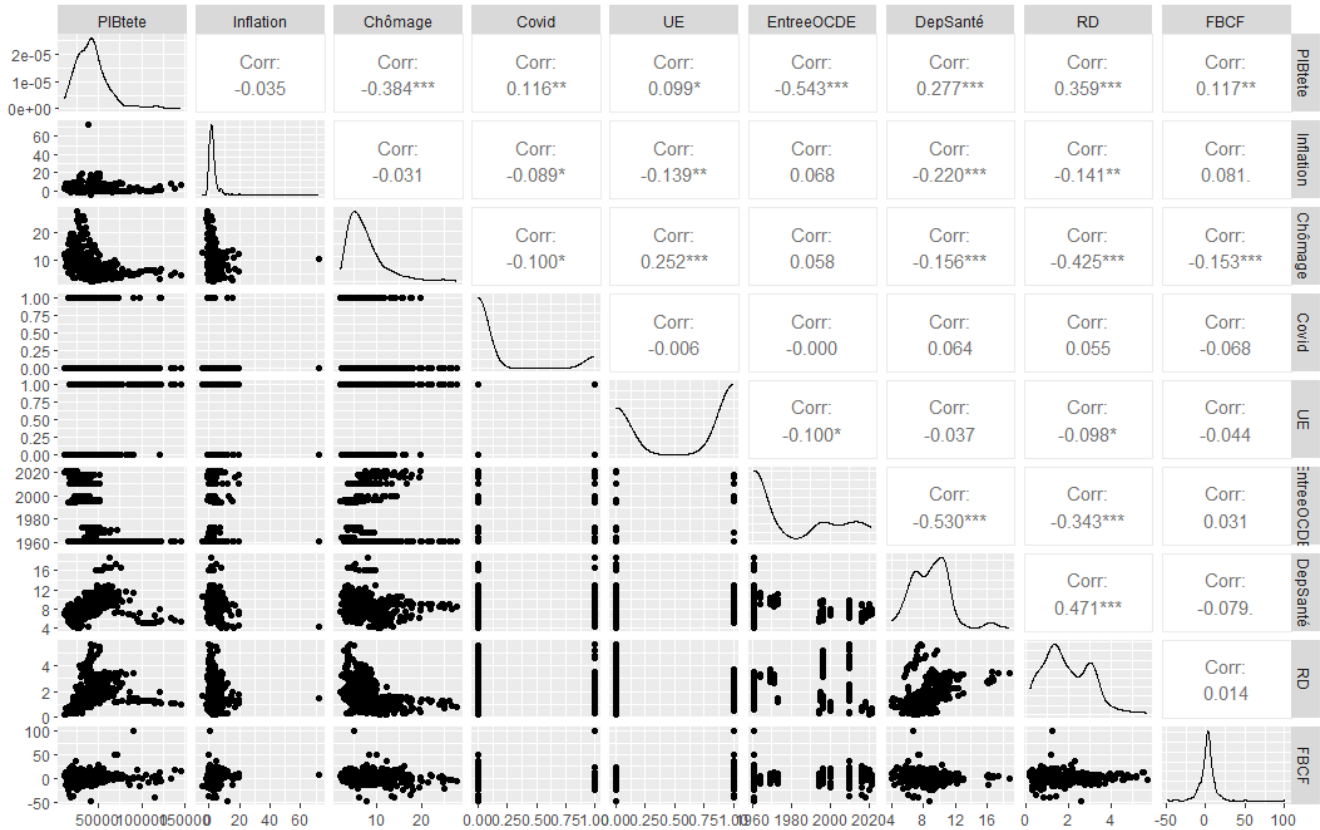
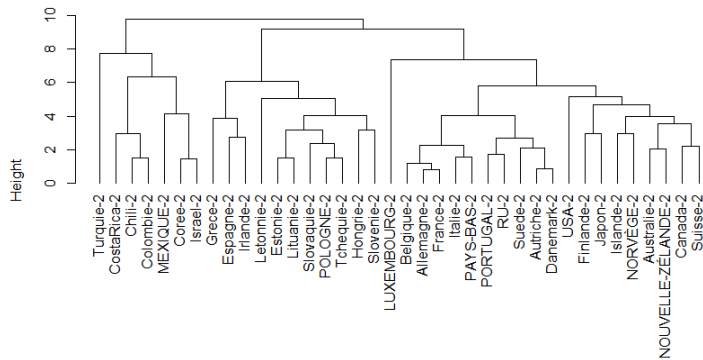
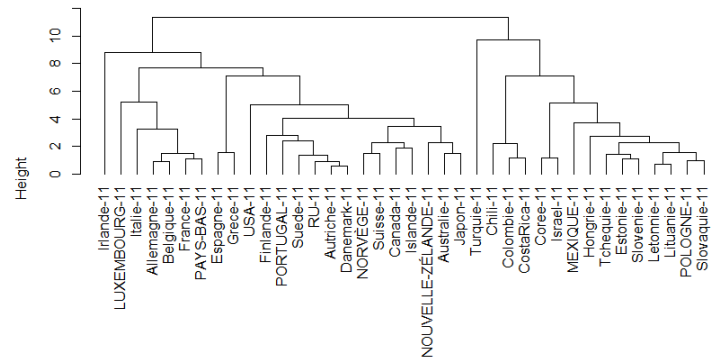


Figure 4. Application de Classifications Ascendantes Hiérarchiques (CAH) sur différentes observations de la période étudiée.

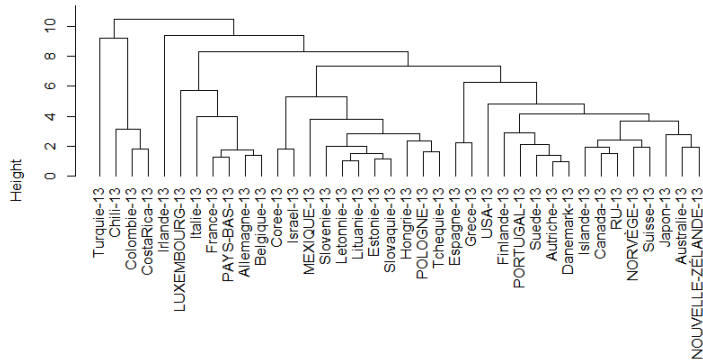
(a) Dendrogramme OCDE-2010, post-Crise 2008.



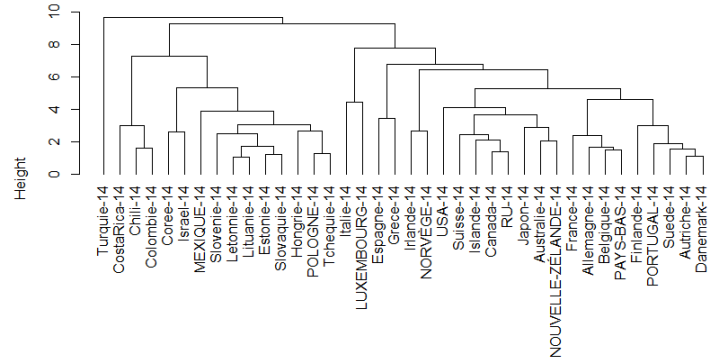
(b) Dendrogramme OCDE-2019, pré-COVID-19.



(c) Dendrogramme OCDE-2021, post-COVID-19.



(d) Dendrogramme OCDE-2022, post-COVID-19.



5.2 Quelques Lignes de Code

Code Figure 1 :

```
1 #####Figure 1-a
2 ggplot(Base_de_donnee_modifiee, aes(x = Ann e, y = log(PIBtete), color = Pays)) +
3   geom_line(aes(linetype = as.factor(UE)), size = 1) +
4   scale_linetype_manual(values = c("1" = "solid", "0" = "dotted")) +
5   labs(x = "Ann e", y = "Logarithme du PIB par t te", linetype = "Membre UE")
6
7 #####Figure 1-b
8 ggplot(Base2010, aes(x = EntreeOCDE, y = PIBtete, color = as.factor(UE), shape = as.
9   factor(UE))) +
10  geom_point() +
11  geom_text(aes(label = NomDeLaLigne), nudge_x = 0.5, nudge_y = 0.5, check_overlap = F,
12    size = 3) + # Ajoute des tiquettes pour chaque observation en utilisant la
13    nouvelle colonne 'NomDeLaLigne'
14  theme_minimal() +
15  scale_color_manual(values = c("0" = "red", "1" = "blue"),
16    labels = c("0" = "Non-Membre de l'UE en 2010", "1" = "Membre de l'
17    UE en 2010"),
18    name = "Statut UE") +
19  scale_shape_manual(values = c("0" = 4, "1" = 16),
20    labels = c("0" = "Non-Membre de l'UE", "1" = "Membre de l'UE"),
21    name = "Statut UE") +
22  labs(x = "Ann e d'entr e dans l'OCDE",
23    y = "PIB par t te du pays en 2010")
```

Code Figures 2 :

```
1 #####D veloppement graphique des r sidus mod le sans indicatrice Covid
2 temps <- index(W_t)[,2]
3 Ti <-Base_de_donnee_modifiee$Ann e
4 summary(pdf)
5 moyennes <- aggregate(cbind(PIBtete, Inflation, Ch mage, UE, EntreeOCDEbi, DepSant ,
6   RD, Change, FBCF) ~ Ti, data = pdf, FUN = mean)
7 modele_moyennes <- lm(PIBtete ~ Inflation + Ch mage +UE + RD + DepSant + FBCF,
8   data = moyennes)
9 alpha_hat <- coef(modele_moyennes)[1] #Intercept
10 alpha_hat
11 beta_hat <- coef(modele_moyennes)[-1] # Beta
12 beta_hat
13 epsilon_t_hat <- moyennes$PIBtete - (alpha_hat + rowSums(sweep(moyennes[, c("Inflation",
14   "Ch mage","UE","RD","DepSant ","FBCF")],2, beta_hat, "*)))
15 epsilon_t_hat
16 residus_temporels <- data.frame(Ti = moyennes$Ti, epsilon_t_hat = epsilon_t_hat)
17 residus_temporels
18
19 ggplot(moyennes, aes(x = Ti, y = epsilon_t_hat)) +
```

```

18 geom_line(group = 1, color = "blue") +
19 geom_point(color = "red") +
20 theme_minimal() +
21 labs(title = "R sidus Temporels par Ann e",
22      x = "Ann e",
23      y = "R sidus Temporels Estim s") +
24 theme(axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust = 1))
25
26 #####D veloppement graphique des r sidus mod le avec indicatrice Covid
27 temps_c <- index(Wc_t)[,2]
28
29 moyennes <- aggregate(cbind(PIBtete, Inflation, Ch mage ,UE,EntreeOCDEbi,DepSant ,RD,
30      Change,FBCF, Covid) ~ Ti, data = pdf, FUN = mean)
31 modele_moyennes <- lm(PIBtete ~ Inflation + Ch mage +UE + RD +DepSant + FBCF+ Covid,
32      data = moyennes)
33 alpha_hat <- coef(modele_moyennes)[1] #Intercept
34 alpha_hat
35 beta_hat <- coef(modele_moyennes)[-1] #Beta
36 beta_hat
37 epsilon_t_hat <- moyennes$PIBtete - (alpha_hat + rowSums(sweep(moyennes[, c("Inflation",
38      "Ch mage","UE","RD","DepSant ","FBCF","Covid")],2, beta_hat, "*")))
39 epsilon_t_hat
40 residus_temporels <- data.frame(Ti = moyennes$Ti, epsilon_t_hat = epsilon_t_hat)
41 residus_temporels
42
43 ggplot(moyennes, aes(x = Ti, y = epsilon_t_hat)) +
44 geom_line(group = 1, color = "blue") +
45 geom_point(color = "red") +
46 theme_minimal() +
47 labs(title = "R sidus Temporels par Ann e avec Covid",
48      x = "Ann e",
49      y = "R sidus Temporels Estim s") +
50 theme(axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust = 1))

```

Code Figure 4 :

```

1 #####CAH pour l'annee 2010
2 Base2010 <-pdata.frame(Base_de_donn e_modifiee, index = c("Pays"),
3      drop.index = TRUE, row.names= TRUE)
4 Base2010 <- subset(Base2010, Ann e ==2010)
5 Base2010 <- Base2010[ , !(names(Base2010) %in% c("RegionMonde"))]
6 Base2010_scaled <- scale(Base2010)
7 Base2010_scaled
8 dist_matrixBase2010 <- dist(Base2010_scaled, method = "euclidean")
9 dist_matrixBase2010
10 hcBase2010 <- hclust(dist_matrixBase2010, method = "complete")
11 hcBase2010
12 par(mar=c(5, 4, 4, 2) + 0.1)

```

```

13 plot(hcBase2010, hang = -1)
14
15 #####CAH pour l'annee 2019
16 Base2019 <-pdata.frame(Base_de_donnee_modifiee, index = c("Pays"),
17                          drop.index = TRUE, row.names= TRUE)
18 Base2019 <- subset(Base2019, Ann e ==2019)
19 Base2019 <- Base2019[ , !(names(Base2019) %in% c("RegionMonde"))]
20 Base2019_scaled <- scale(Base2019)
21 Base2019_scaled
22 dist_matrixBase2019 <- dist(Base2019_scaled, method = "euclidean")
23 dist_matrixBase2019
24 hcBase2019 <- hclust(dist_matrixBase2019, method = "complete")
25 hcBase2019
26 par(mar=c(5, 4, 4, 2) + 0.1)
27 plot(hcBase2019, hang = -1)
28
29 #####CAH pour l'annee 2021
30 Base2021 <-pdata.frame(Base_de_donnee_modifiee, index = c("Pays"),
31                          drop.index = TRUE, row.names= TRUE)
32 Base2021 <- subset(Base2021, Ann e ==2021)
33 Base2021 <- Base2021[ , !(names(Base2021) %in% c("RegionMonde"))]
34 Base2021_scaled <- scale(Base2021)
35 Base2021_scaled
36 dist_matrixBase2021 <- dist(Base2021_scaled, method = "euclidean")
37 dist_matrixBase2021
38 hcBase2021 <- hclust(dist_matrixBase2021, method = "complete")
39 hcBase2021
40 par(mar=c(5, 4, 4, 2) + 0.1)
41 plot(hcBase2021, hang = -1)
42
43 #####CAH pour l'annee 2022
44 Base2022 <-pdata.frame(Base_de_donnee_modifiee, index = c("Pays"),
45                          drop.index = TRUE, row.names= TRUE)
46 Base2022 <- subset(Base2022, Ann e ==2022)
47 Base2022 <- Base2022[ , !(names(Base2022) %in% c("RegionMonde"))]
48 Base2022_scaled <- scale(Base2022)
49 Base2022_scaled
50 dist_matrixBase2022 <- dist(Base2022_scaled, method = "euclidean")
51 dist_matrixBase2022
52 hcBase2022 <- hclust(dist_matrixBase2022, method = "complete")
53 hcBase2022
54 par(mar=c(5, 4, 4, 2) + 0.1)
55 plot(hcBase2022, hang = -1)

```

Références

Acemoglu, Daron, Simon Johnson, and James A Robinson, “Institutions as a fundamental cause of long-run growth,” *Handbook of economic growth*, 2005, 1, 385–472.

Barro, Robert J, “Determinants of economic growth : A cross-country empirical study,” 1996.

Jnr, Bokolo Anthony and Sobah Abbas Petersen, “Examining the digitalisation of virtual enterprises amidst the COVID-19 pandemic : a systematic and meta-analysis,” *Enterprise Information Systems*, 2021, 15 (5), 617–650.

Okun, Arthur M, *Potential GNP : its measurement and significance*, Cowles Foundation for Research in Economics at Yale University, 1963.

Romer, Paul M, “Increasing returns and long-run growth,” *Journal of political economy*, 1986, 94 (5), 1002–1037.

Samuelson, Paul A and Robert M Solow, “Analytical aspects of anti-inflation policy,” *The American Economic Review*, 1960, 50 (2), 177–194.

Données utilisées :

- **PIB/hab** : OCDE (2024), Produit intérieur brut (PIB), Total, Dollars US/habitant, 2009 – 2022 (indicateur). doi: [10.1787/dddb17ae-fr](https://doi.org/10.1787/dddb17ae-fr) (Consulté le 31 mars 2024).
- **IPC** : OCDE (2024), Inflation (IPC) Total, Taux de croissance annuel (%), 2009 – 2022 (indicateur). doi: [10.1787/29ad7eaf-fr](https://doi.org/10.1787/29ad7eaf-fr) (Consulté le 31 mars 2024).
- **Chom** : OCDE (2024), Taux de chômage annuel Total, % de la population active, 2009 – 2021 (indicateur). doi: [10.1787/de6758ad-fr](https://doi.org/10.1787/de6758ad-fr) (Consulté le 31 mars 2024).
- **DepSanté** : OCDE (2024), Dépenses de santé Total, % du PIB, 2009 – 2022(indicateur). doi: [10.1787/1ae0af3d-fr](https://doi.org/10.1787/1ae0af3d-fr) (Consulté le 16 février 2024).
- **R&D** : OCDE (2024), Dépenses intérieures brutes de R-D Total, % du PIB, 2009 – 2022 (indicateur). doi: [10.1787/49ef953e-fr](https://doi.org/10.1787/49ef953e-fr) (Consulté le 16 février 2024).
- **FBCF** : OCDE (2024), Investissement (FBCF) (indicateur) Total, Taux de croissance annuel (%), 2009 – 2021. doi: [10.1787/014e5a22-fr](https://doi.org/10.1787/014e5a22-fr) (Consulté le 16 février 2024).