

Econométrie des séries temporelles

Dossier : la productivité du travail

LAMON Océane
PEDROT Emma
SEZESTRE Émilien

Master I Économie appliquée parcours Ingénierie
et Évaluations Économiques (IEE)

Enseignant : Phillipe Compaire

Table des matières

I.	Introduction	2
II.	Données	4
i.	Présentation des données	4
III.	Modèle à correction d'erreur (MCE).....	6
i.	Étape 1	7
ii.	Étapes 2 et 3.....	8
iii.	Étape 4	9
iv.	Solution de long terme	10
IV.	Cointégration.....	10
V.	Modèle vectoriel auto régressif (VAR)	17
VI.	Conclusion.....	20
VII.	Annexes	22

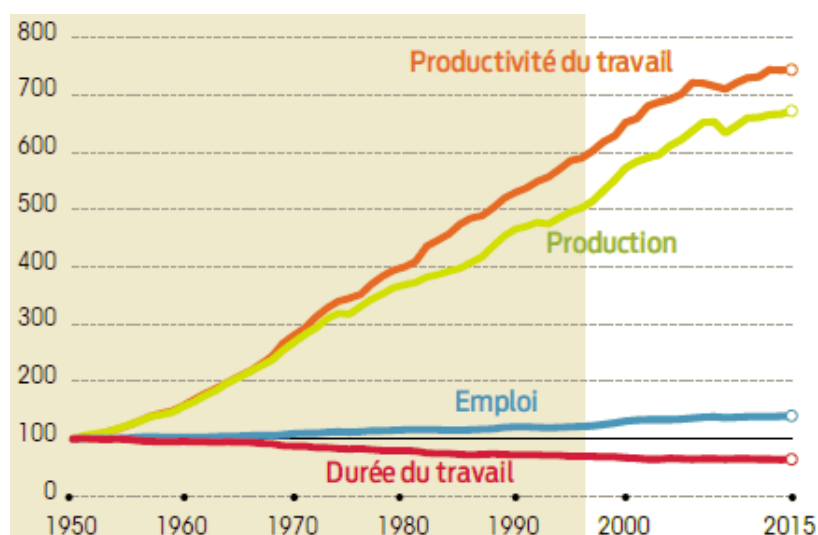
I. Introduction

La productivité du travail est un indicateur économique important de par son lien avec la croissance économique et la compétitivité des territoires. Elle permet en effet de rendre compte de l'efficacité productive de la main d'œuvre d'un pays, mesurée par le rapport du volume total de production par unité de travail, au cours d'une période donnée.

Par extension, la productivité du travail permet également de témoigner du niveau de vie de la population active et plus généralement du niveau de développement d'un pays. En effet, si on la considère comme le rapport entre une production et les ressources –quantité de facteur travail– mises en œuvre pour l'obtenir, la productivité du travail n'est en mesure d'augmenter que dans un contexte où la population active dispose de bonnes conditions de travail –on entend par là la mise à disposition d'outils et d'équipements de travail adaptés, ainsi que des horaires et un temps de travail soutenables– ainsi que d'une rémunération capable de palier à bien plus que leurs besoins primaires.

Autrement dit, pour être efficace et productif, le travailleur doit pouvoir effectuer ses tâches dans un environnement adapté, et doit être –en dehors du cadre de son travail– en mesure de répondre à ses besoins culturels, sociaux, et de disposer d'un temps de repos adéquat. Un environnement de travail adapté en termes logistique et de relations sociales entre individus permet également au salarié de répondre à ses besoins d'appartenance, d'accomplissement et d'estime de soi, les trois dimensions les plus élevées de la pyramide des besoins de Maslow qui illustrent sa théorie de la motivation, issue de la seconde édition de son ouvrage *Motivation and Personality* (1970).

De par cette caractéristique, une productivité du travail élevée est un but primordial à atteindre par les différents pays, car elle est le reflet d'une population satisfaite de son niveau de vie tout en permettant de favoriser la croissance économique –ce qui peut mener à une hausse des salaires ou une baisse des prix des biens et services, avec pour conséquence une hausse du pouvoir d'achat des ménages– et la compétitivité du territoire en question. Pour stimuler la productivité des travailleurs à l'échelle d'une entreprise, il est ainsi possible d'agir sur plusieurs dimensions : le capital physique (par le biais du progrès technique), le niveau d'éducation et compétences des travailleurs (formations), l'organisation du travail (gestion du personnel), la rémunération des salariés.



Source : The Conference Board, Total Economy Database, septembre 2015

Le graphique ci-dessus fait état de la productivité, la durée du travail et l'emploi en France, en base 100 avec 1950 comme point de référence jusqu'à l'année 2015. Nous pouvons constater que la productivité et la production ont simultanément et fortement augmenté, l'emploi s'étant maintenu grâce à la baisse de la durée de travail s'étant amorcée à partir des années 60. Ce graphique nous permet de constater que dans une situation où la productivité augmente plus vite que la production, la productivité est une menace à l'emploi si la durée de travail reste inchangée.



Source : ILO modelled estimates (Nov. 2021), ILOSTAT, last updated : 17 January 2022

Pour compléter les informations recueillies précédemment, ce graphique nous permet de constater que la France se classait au 17 janvier 2022 dix-septième pays en termes de productivité horaire, à hauteur de 57,9\$ dollars (en PPA) de PIB par heure travaillée, derrière des pays comme le Luxembourg, l'Irlande, Singapour ou encore les USA.

Ce dossier aura vocation à expliciter les déterminants de la productivité au travail de la France. Pour ce faire, nous analyserons à travers divers méthodes un jeu de données de séries temporelles contenant la productivité du travail ainsi que d'autres variables susceptibles d'avoir un effet sur cette dernière. Ainsi, après avoir présenté notre jeu de données, les variables retenues dans cette étude et avoir mis en place une équation destinée à expliquer la productivité du travail, nous soumettrons cette dernière aux méthodes de modèle à correction d'erreur, cointégration et modèle vectoriel auto régressif.

II. Données

i. Présentation des données

Pour réaliser notre étude, nous avons à notre disposition une base de données recensant des données trimestrielles (4 observations par année) concernant la France pour la période 1963-2019. Elle comporte au total 228 observations et 38 variables.

Dans notre étude, nous allons plus spécifiquement chercher à expliquer la productivité du travail en fonction des variables suivantes : l'emploi total, le salaire moyen par tête, le PIB, la durée trimestrielle du travail, le capital mais également le FBCF et les cotisations sociales des ménages. Nous pouvons apporter une description plus précise des variables, pour une meilleure compréhension.

Variable	Commentaire	Valeurs
Emploi total	Emploi salarié et non salarié, en nombre de personnes	Min : 14918 Max : 25609
Salaire moyen par tête	Ensemble des salaires bruts versés par les employeurs en fonction du nombre de salariés	Min : 375 Max : 9152
PIB	Richesse produite sur un territoire et une période donnée	Min : 11 Max : 105
Durée trimestrielle du travail	Heures de travail réalisées pendant un trimestre	Min : 527 Max : 732
Capital	Richesse, patrimoine à disposition d'une entreprise	Min : 3317 Max : 11668
FBCF	Somme des investissements en capital fixe des agents économiques résidents	Min : 29.5 Max : 137.2
Taux de cotisations sociales des ménages	Versements effectués aux administrations de sécurité sociale et régimes privés	Min : 8 Max : 15

Tout d'abord, selon l'INSEE, l'emploi total permet de prendre en compte la globalité des individus qui travaillent, qu'ils s'agissent d'emplois salariés ou non. Couplé à d'autres instruments, il permet notamment de cerner les évolutions de l'emploi, au niveau géographique et/ou par secteur d'activité.

Le salaire moyen par tête (SMPT) permet de comptabiliser la totalité des salaires bruts versés par les employeurs au nombre de salariés, et ainsi d'isoler des effets de structure (qualifications, quotité du travail) ou de conjuncture (heures supplémentaires, primes).

Le produit intérieur brut (PIB) permet de déterminer la richesse créée par les agents privés et publics sur un territoire donné, ici la France au cours de l'année. Il peut être calculé selon l'optique de la production, des dépenses, du revenu, permettant dans tous les cas de rendre compte du résultat de l'activité productrice des agents résidents.

Le taux de cotisation sociales des ménages est défini selon l'INSEE par « des cotisations sociales payables aux régimes d'assurance sociale pour leur propre compte par les salariés, les travailleurs indépendants ou les personnes n'occupant pas d'emploi ». Les cotisations sociales permettent ainsi aux différents organismes de verser des prestations sociales aux individus concernés (pensions de retraite, remboursements des dépenses de santé, allocations chômage, etc.)

La durée trimestrielle du travail correspond aux heures de travail effectuées pendant un trimestre. En raison des réductions collectives du temps de travail depuis les années 60, le temps de travail a connu une baisse jusqu'à se stabiliser dans les années 2000. Au total, on dénote une diminution d'un peu plus d'1/4 depuis 1950.

La formation brute de capital fixe (FBCF) constitue l'achat de biens durables permettant d'augmenter le stock de capital de l'entreprise, dont font notamment partie les machines et les bâtiments, qui contribuent à la production de l'entreprise. On peut également y inclure des investissements immatériels tels que les logiciels ou les dépenses de recherche et développement.

Pour terminer, nous pouvons définir le capital comme la totalité des richesses à la disposition de l'entreprise pour son activité productrice. Il est ainsi constitué par l'ensemble des biens (capital physique) intervenant dans la production d'autres biens et services. Généralisé à l'ensemble des moyens de productions, il inclut également le capital humain.

ii. Équation et hypothèses

$$\ln(YPY/L) = \beta_0 + \beta_1 * \ln\left(W * \frac{TCOT}{PY}\right) + \beta_2 * \ln(H) + \beta_3 * \ln\left(\frac{INVP}{K}\right) + \beta_4 * TIME + \varepsilon$$

Avec :

W : Salaire moyen par tête

TCOT : Taux de cotisations sociales des ménages

PY : Prix de la production (PIB)

H : Durée trimestrielle du travail

INVP : Formation brut en capital fixe

K : Capital

Hypothèses :

$W*TCOT/PY$: Part des cotisations totales des ménages dans le PIB

Hypothèse 1 : Impact négatif sur la productivité du travail

H : Durée trimestrielle du travail

Hypothèse 2 : Impact négatif sur la productivité du travail

L'intuition émanant de notre seconde hypothèse provient de l'étude de Andrea Garnero et al. « Part-Time Work, Wages, and Productivity: Evidence from Belgian Matched Panel Data » (2014) dans laquelle les auteurs déterminent que le temps-partiel favorise la productivité du travail vis-à-vis du travail à temps plein.

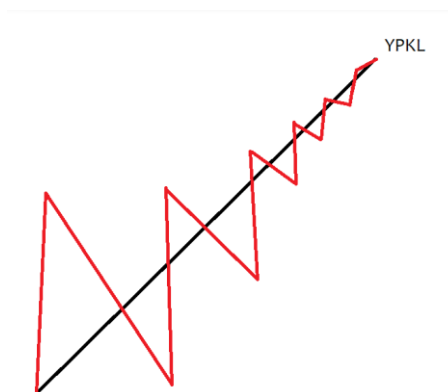
$INVP/K$: Accumulation de capital

Hypothèse 3 : Impact positif sur la productivité du travail

Pour cette troisième hypothèse, nous pouvons nous appuyer sur un article publié par Patrick Sevestre « Qualification de la main-d'œuvre et productivité du travail » (1990). Dans son étude, il évoque que les entreprises les plus capitalistiques sont les plus productives.

III. Modèle à correction d'erreur (MCE)

Le mécanisme à correcteur d'erreur a vocation à créer un modèle permettant d'estimer l'évolution d'une variable temporelle. Il permet également de corriger les erreurs d'estimations issues d'une régression MCO avec données temporelles.



La courbe noire retrace l'évolution notre variable expliquée dans le temps, tandis que la courbe en rouge désigne notre modèle. Ce dernier, tel un algorithme, s'ajuste progressivement au cours du temps jusqu'à s'aligner parfaitement avec notre donnée.

Cette méthode se décompose en 4 étapes :

Etape 1 : Créer une équation non contrainte en appliquant des retards de 0 à 5 sur toutes nos variables.

Etape 2 : On pense à faire un tableau avec les valeurs de R^2 , SEE (variance des résidus) et RSS (somme des carrés des résidus) à chaque étape.

Etape 3 : Répéter deux étapes à chaque fois :

- On élimine les variables avec les T-ratio les moins significatifs en commençant par les retards les plus élevés ;
- Si on remarque que certain coefficient s'annule ($A_1 - a_2 = 0$ OU $a_1 + a_2 = 0$) Alors on forme une nouvelle variable : $X_t = X_t - X_{t-1}$ que l'on rajoute dans l'équation à estimer à la place de X_t et l'on garde X_{t-i} qui devrait disparaître par la suite.

Etape 4 : L'équation contrainte devrait idéalement contenir, pour chaque variable, une variable en niveau (long terme) et une variable en différence (court terme).

i. Étape 1

Ci-dessous, nous avons construit notre équation non contrainte, où la variation est expliquée à l'aide d'un retard de cinq périodes sur toutes les variables présentes.

```

?EQUATION PERSO
OLSQ DLYPYL c LYPYL LYPYL(-1) LYPYL(-2) LYPYL(-3) LYPYL(-4) LYPYL(-5)
           LWTCOTPY LWTCOTPY(-1) LWTCOTPY(-2) LWTCOTPY(-3) LWTCOTPY(-4) LWTCOTPY(-5)
           LH LH(-1) LH(-2) LH(-3) LH(-4) LH(-5)
           LINVPK LINVPK(-1) LINVPK(-2) LINVPK(-3) LINVPK(-4) LINVPK(-5)
           Temps Temps(-1) Temps(-2) Temps(-3) Temps(-4) Temps(-5)
           ;

```

Avec :

$LYPYL = \log(YPY/L)$

$LWTCOTPY = \log(WT*TCOT/PY)$

$LH = \log(H)$

$LINVPK = \log(INVP/K)$

Temps = Trend

ii. Étapes 2 et 3

ETAPE	R ²	SEE	SCR	TRANSFORMATION
1	.938819	.985437E-05	.185262E-02	Suppression de Time (-5) : p-value = 1
2	.939143	.980223E-05	.185262E-02	Suppression de Time (-4) : p-value = 1
3	.939463	.975064E-05	.185262E-02	Suppression de Time (-3) : p-value = 1
4	.939780	.969959E-05	.185262E-02	Suppression de Time (-2) : p-value = 1
5	.940094	.964907E-05	.185262E-02	Suppression de Time (-1) : p-value = 1
6	.940404	.959908E-05	.185262E-02	Suppression de LINVPK (-5) : p-value = 0,998
7	.940712	.954960E-05	.185262E-02	Suppression de LINVPK (-4) : p-value = 0,998
8	.941016	.950062E-05	.185262E-02	LINVPK (-1) + LINVK (-3) = 0
9	.941016	.950062E-05	.185262E-02	Suppression de LINVPK (-3) : p-value = 0,987
10	.941316	.945216E-05	.185262E-02	Suppression de LINVPK (-2) : p-value = 0,777
11	.941590	.940804E-05	.185338E-02	LYPYL (-1) + LYPYL (-3) = 0
12	.941590	.940804E-05	.185338E-02	LYPYL (-2) + LYPYL (-4) = 0
13	.941590	.940804E-05	.185338E-02	LH (-1) + LH(-3) = 0
14	.941590	.940804E-05	.185338E-02	Suppression de LH (-3) : p-value = 0,935
15	.941883	.936084E-05	.185345E-02	LWTCOTPY (-1) + LWTCOTPY (-3) = 0
16	.941883	.936084E-05	.185345E-02	LWTCOTPY (-2) + LWTCOTPY (-5) = 0
17	.941883	.936084E-05	.185345E-02	Suppression de LWTCOTPY (-5) : p-value = 0,753
18	.942146	.931848E-05	.185438E-02	LH (-2) + LH (-4) = 0
19	.942146	.931848E-05	.185438E-02	Suppression de LH (-4) : p-value = 0,889
20	.942430	.927279E-05	.185456E-02	LYPYL (-3) + LYPYL (-4) = 0
21	.942430	.927279E-05	.185456E-02	Suppression de LYPYL13 : p-value = 0,784
22	.942695	.923014E-05	.185526E-02	LWTCOTPY (-3) + LWTCOTPY (-4) = 0
23	.942695	.923014E-05	.185526E-02	Suppression de LWTCOTPY (-4) : p-value = 0,821
24	.942964	.918678E-05	.185573E-02	Suppression de LYPYL (-4) : p-value : 0,276
25	.942909	.919561E-05	.186671E-02	Suppression de LWTCOT34 : p-value : 0,418
26	.943005	.918025E-05	.187277E-02	Suppression de LWTCOT25 : p-value : 0,304
27	.942988	.918299E-05	.188251E-02	Suppression de LYPYL34 : p-value : 0,267
28	.942922	.919355E-05	.189387E-02	Suppression de LYPYL24 : p-value : 0,394

Ce tableau retrace les différentes étapes d'ajustement réalisées à partir de notre équation non contrainte.

En partant de ce modèle, nous avons comme objectif initial de l'affiner de sorte à obtenir, idéalement, une variable en niveau et une variable en différent pour chaque variable de la régression, ainsi que des variables significatives (même s'il est possible de garder une variable non significative s'il d'agit de la seule restante), et ainsi de répéter les étapes jusqu'à l'obtention d'un modèle satisfaisant dont les coefficients seront estimés à l'étape suivante.

Au vu des résultats obtenus, nous pouvons d'une part spécifier le modèle ainsi obtenu dans la section suivante, estimer ses coefficients dans le but d'atteindre la solution de long-terme, et également considérer W*TCOT/PY comme variable principale et Time, H et INVPK comme variables secondaires.

iii. Etape 4

Modèle obtenu :

```
OLSQ DLYPYL c LYPYL LYPYL(-5)
          LWTCOTPY LWTCOTPY13
          LH LH13 LH24 LH(-5)
          LINVPK LINVPK13
          Temps
          ;
```

Tableau récapitulatif :

	VALEUR
R²	0.942997
SEE	0.918155E-05
DURBIN-WATSON	0.214575
NOMBRE DE VARIABLE	12
NOMBRE DE VARIABLES SIGNIFICATIVES	11
NOMBRE DE VARIABLES EN NIVEAU	4
NOMBRE DE VARIABLES EN DIFFERENCE	8
PRESENCE DE H ?	Oui
PRESENCE DE INVP/K ?	Oui
PRESENCE DE TIME ?	Oui

Résultats de notre modèle :

VARIABLE	COEFFICIENT
(INTERCEPT)	0.573591***
LYPYL	0.033274***
LYPYL(-5)	-0.033212***
LWTCOTPY	-0.034907***
LWTCOTPY13	-0.016868*
LH	0.149804***
LH13	-0.117603*
LH24	-0.125691*
LH(-5)	-0.108227**
LINVPK	-0.051909***
LINVPK13	-0.035113***
TEMPS	0
*** p < 0,01 ; ** p < 0,05 ; * p < 0,1	
N = 219 R ² = 0.942997	

iv. Solution de long terme

Avec les coefficients obtenus, nous obtenons la solution de long terme comme suit :

$$\ln(YPY/L) = \beta_0 + \beta_1 * \ln\left(W * \frac{TCOT}{PY}\right) + \beta_2 * \ln(H) + \beta_3 * \ln\left(\frac{INVP}{K}\right) + \beta_4 * TIME + \varepsilon$$

$$\ln\left(\frac{YPY}{L}\right) = 0$$

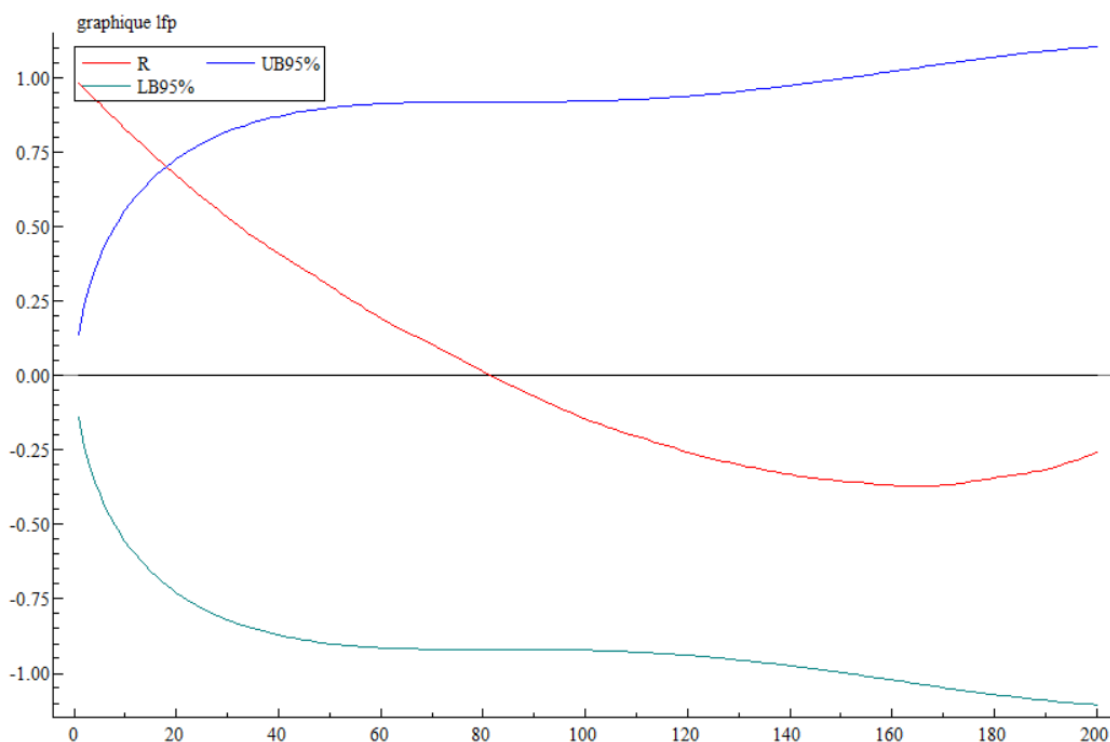
$$0 = 0.573591 + (0.033274 - 0.033212) * LYPYL - 0.034907 * LWTCOTPY \\ + (0.149804 - 0.108227) * LH - 0.051909 * LINVPK + 0 * TIME$$

$$0 = 0.573591 + 0,000062 * LYPYL - 0.034907 * LWTCOTPY + 0,041577 * LH - 0,051909 \\ * LINVPK$$

$$LYPYL = -9251,47 + 563,01 * LWTCOTPY - 670,59 * LH + 837,24 * LINVPK$$

Nous pouvons ainsi constater que la hausse du temps de travail a un impact négatif sur la productivité, l'investissement en capital et la hausse des cotisations ayant un impact positif sur cette dernière.

IV. Cointégration



Etape 1 :

Cette première étape consiste à déterminer la possible présence de saisonnalité dans nos données. Conformément au graphique ci-dessus, nous concluons que ce n'est pas le cas.

Etape 2 :

Dans cette deuxième étape, nous allons rechercher la présence de la constante et de trend dans l'équation ci-après.

$$\ln\left(\frac{Y_{PY}}{L}\right) = c + a * TREND + \varepsilon$$

Afin de savoir quel test (DF1, DF2 ou DF3) on utilisera.

Pour cela, on estime notre variable en fonction de sa constante et du trend, il y aura ainsi 3 cas de figure :

- La constante et la trend ne sont pas significatives : test DF 1 (DS)
- La trend n'est pas significative : test DF 2 (DS)
- La constante et la trend sont significatives : test DF 3 (TS)
-

Les processus DS (Differency Stationnary)¹ : Représente une non-stationnarité de type aléatoire, on peut rendre stationnaire ces processus par l'utilisation d'un filtre aux différences de la forme : $(1 - L)^d Y_t = c + \varepsilon_t$

Les processus TS (Trend Stationnary)¹ : Représentent une non-stationnarité de type déterministe. Si on suppose une relation linéaire polynomiale de degré 1, le processus TS s'écrit : $Y_t = c + a * t + \varepsilon_t$

Etape 3 :

Lors de cette étape, nous allons rechercher l'ordre de stationnarité avec les tests :

DF 1 : Test sans constante ni trend

DF 2 : Test avec uniquement la constante

DF 3 : Test avec la constante et la trend.

¹ Pour plus de clarté, ces définitions ont été extraites du cours de M. Compaire.

Réalisation des étapes 2 et 3 pour chaque variable, conformément à la méthodologie ci-dessus :

LYPYL :

VARIABLE	T-STATISTIC
C	-496.264***
TIME	52.0859***

Les deux statistiques t sont significatives, donc nous sommes dans la 3^{ème} configuration, nous sommes donc sur une série temporelle (TS = TIME SERIES), on va donc réaliser un Test DF3.

TESTS	P-VALUE	NOMBRE LAG
WTD.SYM	1.0000	5
DICKEY-FULLER	0.080267	3
PHILLIPS	0.76834	3
MODELE 1 : LYPYL		

Puisque nos p-values sont supérieures à 5%, nous pouvons conclure que LYPYL n'est pas stationnaire en niveau avec d=0.

TESTS	P-VALUE	NOMBRE LAG
WTD.SYM	3.53707D-06	4
DICKEY-FULLER	3.21802D-08	4
PHILLIPS	4.26697D-30	4
MODELE 2 : DLYPYL		

Puisque nos p-values sont inférieures à 5% alors DLYPYL est I(0) c'est-à-dire qu'elle est stationnaire.

Ainsi, LYPYL est I(1), c'est-à-dire stationnaire en différence première.

LWTCOTPY :

VARIABLE	T-STATISTIC
C	240.307***
TIME	27.3791***

Les 2 sont significatifs donc nous sommes dans la 3^{ème} configuration, nous sommes donc sur une série temporelle, on va donc réaliser un Test DF3.

TESTS	P-VALUE	NOMBRE LAG
WTD.SYM	0.99970	2
DICKEY-FULLER	0.77455	2
PHILLIPS	0.96325	2
MODELE 1 : LWTCOTPY		

Puisque nos p-values sont supérieures à 5%, LYPYL n'est pas stationnaire en niveau avec $d=0$.

TESTS	P-VALUE	NOMBRE LAG
WTD.SYM	4.02625D-08	2
DICKEY-FULLER	2.22520D-10	2
PHILLIPS	7.48648D-24	2
MODELE 2 : DLWTCOTPY		

Puisque nos p-values sont inférieures à 5%, DLWTCOTPY est $I(0)$, c'est-à-dire qu'elle est stationnaire.

Ainsi, LWTCOTPY est $I(1)$ c'est-à-dire, stationnaire en différence première

LH :

VARIABLE	T-STATISTIC
C	2009.65***
TIME	-60.9228***

Les 2 sont significatifs donc nous sommes dans la 3^{ème} configuration, nous sommes donc sur une série temporelle, on va donc réaliser un Test DF3.

TESTS	P-VALUE	NOMBRE LAG
WTD.SYM	0.99258	6
DICKEY-FULLER	0.94864	6
PHILLIPS	0.82017	6
MODELE 1 : LH		

Puisque nos p-values sont supérieures à 5%, LH n'est pas stationnaire en niveau avec $d=0$.

TESTS	P-VALUE	NOMBRE LAG
WTD.SYM	3.12159D-06	5
DICKEY-FULLER	2.45962D-08	5
PHILLIPS	4.09083D-07	5
MODELE 2 : DLH		

Puisque nos p-values sont inférieures à 5%, alors DLH est I(0), c'est-à-dire qu'elle est stationnaire.

Ainsi, LWTCOTPY est I(1), c'est-à-dire stationnaire en différence première.

LINVPK :

VARIABLE	T-STATISTIC
C	-396.912***
TIME	-6.60935***

Les deux sont significatifs donc nous sommes dans la 3^{ème} configuration, nous sommes donc sur une série temporelle, on va donc réaliser un Test DF3.

TESTS	P-VALUE	NOMBRE LAG
WTD.SYM	0.75564	9
DICKEY-FULLER	0.13721	5
PHILLIPS	0.29527	5
MODELE 1 : LINVPK		

Puisque nos p-values sont supérieures à 5%, LH n'est pas stationnaire en niveau avec d=0.

TESTS	P-VALUE	NOMBRE LAG
WTD.SYM	0.0055410	4
DICKEY-FULLER	0.0010049	4
PHILLIPS	4.36296D-19	4
MODELE 2 : DLINVPK		

Puisque nos p-values sont inférieures à 5% alors DLH est I(0), c'est-à-dire qu'elle est stationnaire.

Ainsi, LWTCOTPY est I(1), c'est-à-dire stationnaire en différence première.

Ainsi, nous obtenons le tableau récapitulatif suivant :

VARIABLE I(0)	VARIABLE I(1)	VARIABLE I(2)
DLPYL	LYPYL	X
DLWTCOTPY	LWTCOTPY	X
DLH	LH	X
DLINVPK	LINVPK	X

Nous allons désormais passer à la première étape d'Engle et Granger : Relation de long terme (nous l'avons trouvé à la fin de la solution de long terme)

Ainsi, l'équation de long terme nous donne les résultats suivants :

VARIABLES	COEFFICIENTS
LWTCOTPY	0.294799***
LH	-0.290622***
LINVPK	0.241946***
C	-3.30121***
TREND	0.179222E-02***
*** p < 0,01 ; ** p < 0,05 ; * p < 0,1	
R ² = 0.996928 ; DW = 0,226318	

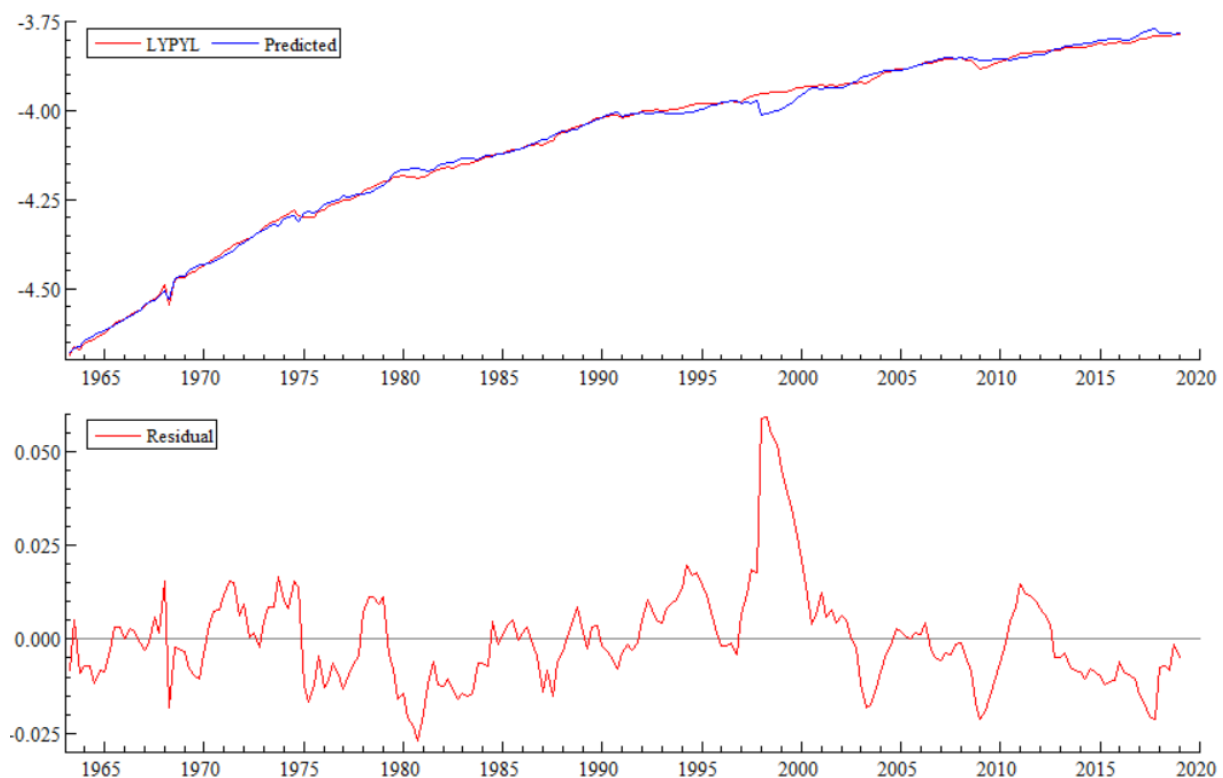
Notre équation de long terme prendra donc la forme suivante :

$$\ln\left(\frac{YPY}{L}\right) = -3,30121 + 0,294799 * \ln\left(W * \frac{TCOT}{PY}\right) - 0,290622 * \ln(H) + 0,241946 * \ln\left(\frac{INVP}{K}\right) + 0,0179222 * TREND$$

L'ensemble de nos coefficients ainsi notre test de Durbin Watson sont significatifs, nous pouvons donc dire qu'il y a une relation de long terme.

Concernant nos résultats, nous retrouvons les mêmes signes pour nos variables, ce qui est encourageant. Cependant, les valeurs des coefficients de nos anciens résultats sont bien supérieures à ces nouveaux résultats. De plus, nous pouvons remarquer la significativité de la variable « TREND » comparativement à notre ancien modèle, d'autant plus que cette variable a un impact, certes très minime, mais positif sur la productivité du travail.

Nous obtenons également les résultats ci-dessous :



Première étape d'Engle & Granger :

Ci-dessous, nous avons le test de cointégration entre les variables

VARIABLES	P-VALUE	NOMBRE LAG
LYPYL	0.21519	6
LWTCOTPY	0.31694	6
LH	0.78119	7
LINVPK	0.45609	6

Nous pouvons donc voir que l'ensemble de nos p-values ne sont pas significatives, ce qui veut dire qu'elles ne sont pas cointégrées entre elles, donc on ne fera pas la seconde étape d'Engle & Granger et on va reprendre les MCE, cette fois-ci, nous allons intégrer, les résidus, le temps ainsi que les différences.

On estimera donc la régression suivante :

```
olsq dlypyl dlypyl(-1) dlypyl(-2) dlypyl(-3) dlypyl(-4) dlypyl(-5)
      dlwtcotpy dlwtcotpy(-1) dlwtcotpy(-2) dlwtcotpy(-3) dlwtcotpy(-4) dlwtcotpy(-5)
      dlh dlh(-1) dlh(-2) dlh(-3) dlh(-4) dlh(-5)
      dlinvpk dlinvpk(-1) dlinvpk(-2) dlinvpk(-3) dlinvpk(-4) dlinvpk(-5)
      time c @res(-1);
```

Nous allons donc détailler les nouvelles étapes :

ETAPE	R ²	SEE	SCR	TRANSFORMATION
1	.715478	.177537E-04	.340872E-02	Suppression de DLYPYL (-5) : p-value = 0,987
2	.715521	.177620E-04	.341030E-02	Suppression de DLINVPK (-4) : p-value = 0,855
3	.716945	.176730E-04	.341090E-02	Suppression de DLINVPK (-2) : p-value = 0,828
4	.718335	.175863E-04	.341174E-02	Suppression de DLWTCOTPY (-5) : p-value = 0,882
5	.719748	.174981E-04	.341212E-02	Suppression de DLINVPK (-5) : p-value = 0,753
6	.720532	.174491E-04	.342002E-02	Suppression de DLWTCOTPY (-4) : p-value = 0,352
7	.720715	.174377E-04	.343522E-02	Suppression de DLWTCOTPY (-3) : p-value = 0,588
8	.721711	.173755E-04	.344035E-02	Suppression de DLYPYL (-3) : p-value = 0,353
9	.721897	.173638E-04	.345540E-02	Suppression de DLH (-3) : p-value = 0,249
10	.721431	.173929E-04	.347859E-02	Suppression de DLINVPK (-3) : p-value = 0,677
11	.722576	.173215E-04	.348162E-02	Suppression de DLH (-2) : p-value = 0,166
12	.721301	.174011E-04	.351502E-02	Suppression de DLWTCOTPY (-2) : p-value = 0,119
13	.719301	.175259E-04	.355776E-02	Suppression de DLH (-1) : p-value = 0,713
14	.720491	.174517E-04	.356014E-02	Suppression de DLWTCOTPY (-1) : p-value = 0,517
15	.721280	.174024E-04	.356748E-02	Suppression de DLH : p-value = 0,165

Nous retenons donc le modèle suivant :

```
olsq dlypyl dlypyl(-1) dlypyl(-2) dlypyl(-4)
      dlwtcotpy
      dlh(-4) dlh(-5)
      dlinvpk dlinvpk(-1)
      time c @res(-1);
```

De plus, nous avons réalisé le tableau récapitulatif suivant :

	VALEUR
R²	0.720010
SEE	0.174817E-04
DURBIN-WATSON	2.01237
NOMBRE DE VARIABLE	11
NOMBRE DE VARIABLES SIGNIFICATIVES	9
PRESENCE DE H ?	Oui
PRESENCE DE INVP/K ?	Oui
PRESENCE DE TIME ?	Oui

Résultats de notre modèle :

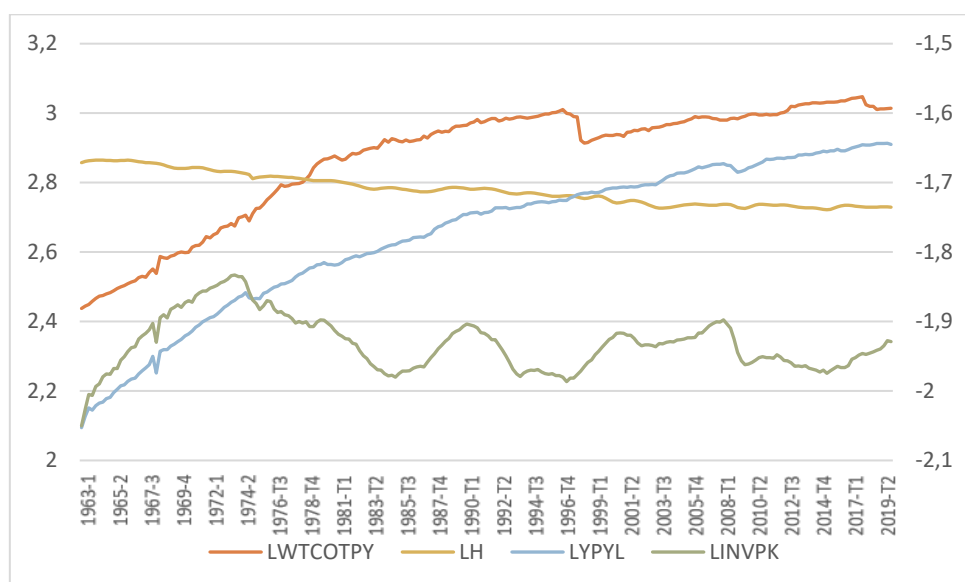
VARIABLE	COEFFICIENT
DLYPYL (-1)	.443073***
DLYPYL (-2)	.103509**
DLYPYL (-4)	.072090*
DLWTCOTPY	.062347***
DLH (-4)	.261281***
DLH (-5)	-.239734***
DLINVPK	.448113***
DLINVPK (-1)	-.373976***
TIME	-.733861E-05
C	.197650E-02
@RES (-1)	-.697821***
*** p < 0,01 ; ** p < 0,05 ; * p < 0,1	
N = 217 R ² = 0.720010	

Pour conclure, nous pouvons dire que nous avons moins de variables et donc moins de variables significatives par rapport à notre précédent modèle. De plus, la constante n'est pas significative ce qui montre que notre modèle explique mieux la productivité du travail. Pour finir, nous retrouvons encore une fois la variable « TREND » étant non significative.

V. Modèle vectoriel autorégressif (VAR)

Le modèle vectoriel autorégressif (VAR), développé par C. Sims au début des années 80, est un modèle à équations simultanées, utilisé pour capturer la relation entre plusieurs variables au fur et à mesure de leur évolution dans le temps. Autrement dit, il a vocation à mettre en évidence les interdépendances entre plusieurs séries temporelles. Dans ce modèle, toutes les variables sont considérées comme endogènes, et sont décrites par une équation comportant les valeurs passées de la variable, les valeurs décalées des autres variables du modèle ainsi qu'un terme d'erreur.

Les modèles VAR ont ainsi été développés pour analyser et prévoir des grandeurs économiques, déterminer les effets d'un changement de politique économique et les effets suite à un choc. Ce sont des modèles simples, sans fondement théorique mais aussi bons voire meilleurs que les gros systèmes.



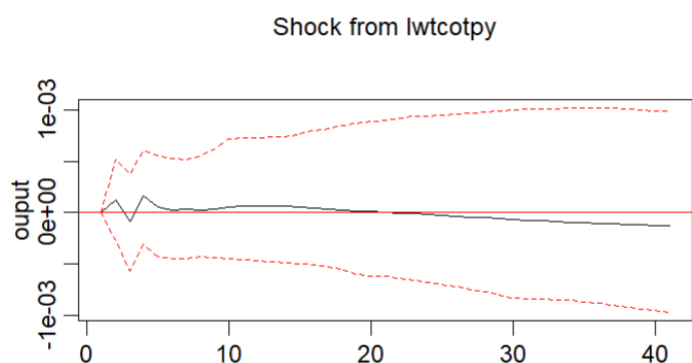
Le graphique ci-dessus rappelle l'évolution de nos quatre variables dans le temps. Les valeurs de LWTOTPY et LH se lisent sur l'échelle de gauche, tandis que celles de LYPYL et LINVPK sur l'échelle de droite. A présent, nous pouvons estimer notre modèle. Il s'agit tout d'abord de déterminer le nombre de retards optimal.

AIC (n)	HQ (n)	SC (n)	FPE (n)
4	2	2	4

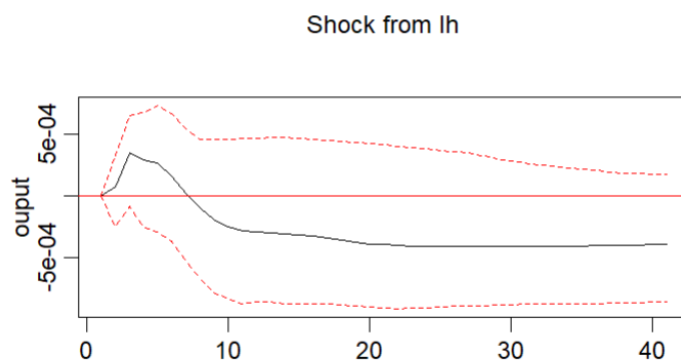
Les critères d'information ci-dessus préconisent l'utilisation de 4 ou 2 lags en fonction de la méthode préconisée, nous choisissons de nous conformer aux méthodes AIC et FPE et de conserver 4 retards.

Principaux résultats (tableau en annexe) :

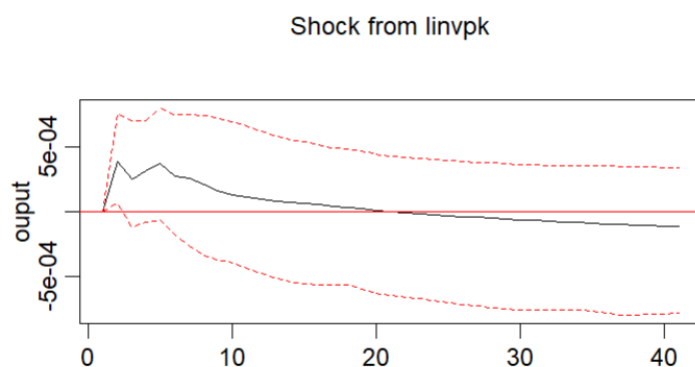
- La productivité du travail est influencée par la productivité passée (des deux périodes précédentes) et par l'investissement en capital passé (de la période précédente).
- La part des cotisations des ménages dans le PIB est influencée par la productivité du travail passée (des deux périodes précédentes) et par la part des cotisations passées (de la période précédente).
- L'investissement en capital est influencé par la productivité du travail passée (des deux périodes précédentes) et par l'investissement en capital passé (des deux périodes précédentes)
- Le temps de travail trimestriel est influencé par la productivité passée (3^e et 4^e périodes antérieures), par la part des cotisations dans le PIB passée (première, deuxième et quatrième périodes précédentes), par l'investissement en capital passé (3^e et 4^e périodes antérieures) et par le temps de travail passé (les quatre périodes précédentes). La constante a également un effet significatif.



95 % Bootstrap CI, 100 runs



95 % Bootstrap CI, 100 runs



95 % Bootstrap CI, 100 runs

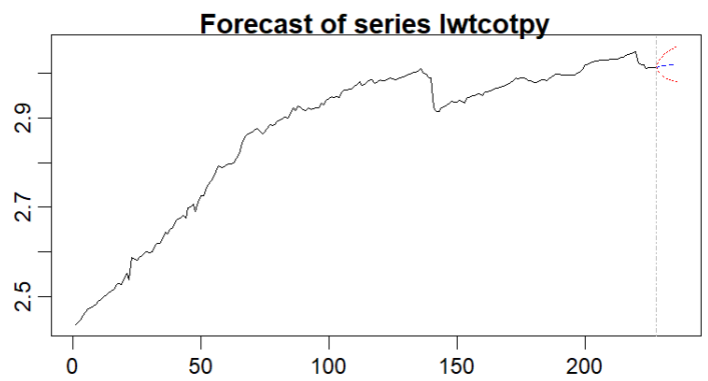
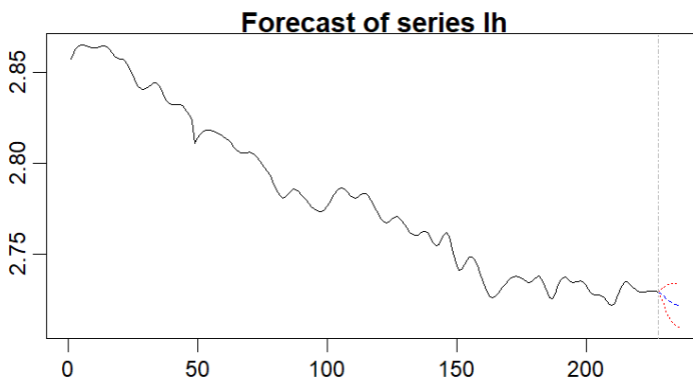
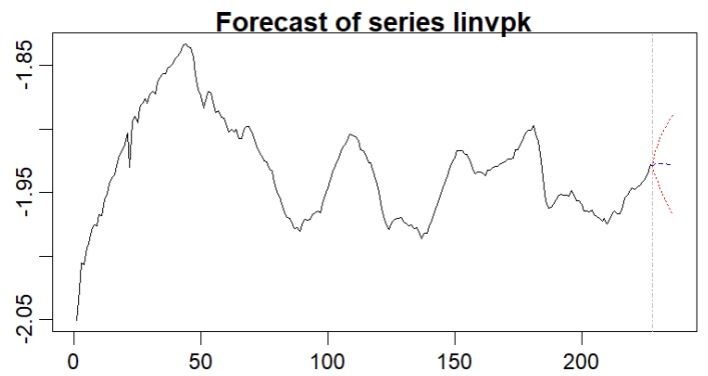
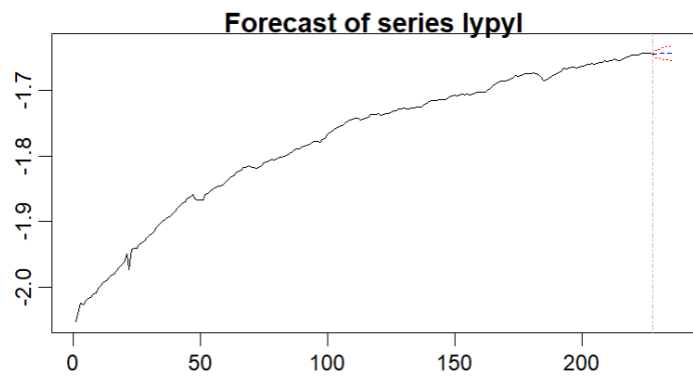
Après avoir estimé et interprété les coefficients de notre modèle, nous sommes en mesure d'étudier l'impact d'un choc positif –respectivement de cotisations des ménages, d'heures trimestrielles travaillées et d'investissement en capital– sur la productivité du travail.

Nous remarquons dans un premier temps que suite à un choc de cotisations pour les ménages, l'effet est relativement indéterminé sur le très court terme puisqu'on constate deux hausses et baisses successives, tandis que sur le moyen terme la productivité se stabilise avec une légère hausse puis une tendance à la baisse en fin de période.

Concernant les heures trimestrielles travaillées, un choc a un effet positif sur le très court terme, mais cela mène finalement à un effet très négatif stable au fur et à mesures des périodes.

Enfin, un choc d'investissement en capital a également un effet positif sur le court terme, effet qui décroît également sur le moyen terme jusqu'à devenir néfaste sur la productivité du travail à long terme.

Pour conclure cette dernière partie, nous pouvons nous intéresser aux capacités de prévision de notre modèle estimé. Nous remarquons que ce dernier suggère une stabilisation de la productivité du travail et de l'accumulation de capital, une baisse des heures trimestrielles travaillées ainsi qu'une légère hausse de la part des cotisations des ménages dans le PIB, comme le montrent les graphiques ci-dessous.



VI. Conclusion

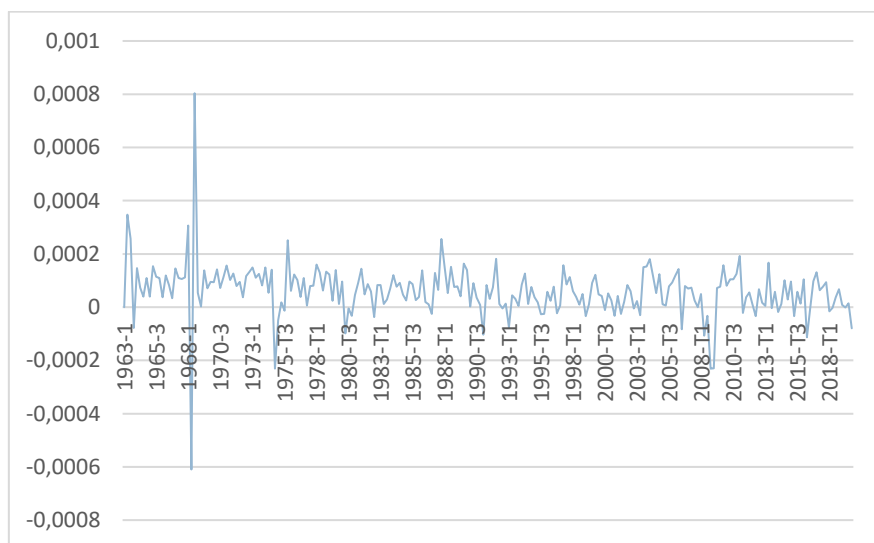
Arrivés au terme de notre étude, cette conclusion nous permettra de revenir sur les différentes méthodes d'analyses employées, et de résumer les principaux résultats obtenus.

Dans un premier temps, nous avons utilisé la méthode du mécanisme correcteur d'erreur, mais nos résultats ne sont pas très pertinents, compte tenu de la solution de long terme obtenue. Cependant, les signes des coefficients rattachés à nos variables sont en adéquation avec certaines de nos hypothèses, car nous avons pu déterminer que le montant des cotisations des ménages dans le PIB avait un impact positif sur la productivité du travail, tout comme l'accumulation de capital, quand la durée trimestrielle de travail avait pour sa part un impact négatif. Enfin, nous avons observé la présence d'un effet nul (pas d'impact) et significatif de la variable trend.

Nous avons ensuite réalisé une cointégration, qui nous a permis de constater que l'ensemble de nos variables était stationnaire en différence première. Cependant, nous n'avons pas pu réaliser la seconde étape d'Engle & Granger. Cette méthode nous aura également permis d'isoler un faible effet positif significatif de la trend sur la productivité du travail, contrastant ainsi les résultats obtenus à l'issue de la méthode précédente.

Pour finir, nous avons réalisé la VAR qui nous a permis d'étudier plus en détails les variables (et les périodes passées concernées) qui influencent nos quatre indicateurs, avant de procéder à l'étude de chocs positifs ainsi que de prévisions inhérentes à l'estimation de notre modèle VAR.

A l'issue de ces 3 analyses, nous pouvons donc dire que la productivité du travail suit une progression lente, constante et positive. Cependant, depuis 2003, sa progression semble avoir légèrement diminué, conformément au graphique des différences ci-dessous :



Nous pouvons également remarquer qu'en 1968, il y a la plus forte variation de la productivité du travail. Cela est évidemment lié à mai 68, période durant laquelle, il y eu les d'énorme mouvement de grève (peut être les plus grand que la France ai connu). Il pourrait également être intéressant d'avoir les chiffres durant la période covid, selon nous, cette variation pourrait être d'autant plus forte.

Nous avons également pu remarquer que la variable ayant l'impact positif le plus fort sur la productivité du travail était le montant des cotisations des ménages dans le PIB. A l'inverse celle qui a l'impact le plus négatif est la durée trimestrielle du travail suivi de près par la formation brute de capital fixe. En effet, comme le logarithme de la formation brute de capital fixe est négatif, alors son impact sur la productivité du travail sera également négatif.

VII. Annexes

Dependent variable: DLYPYL
Current sample: 1965:1 to 2019:1
Number of observations: 217

```

Mean of dep. var. = .389741E-02
Std. dev. of dep. var. = .790170E-02
Sum of squared residuals = .360122E-02
Variance of residuals = .174817E-04
Std. error of regression = .418111E-02
R-squared = .732973
Adjusted R-squared = .720010
LM het. test = 18.2760 ** [.000]
Durbin-Watson = 2.01237 [.266,.791]
Durbin's h alt. = -.380948 [.703]
ARCH test = 18.7046 ** [.000]
CuSum test = .562105 [.495]
CuSumSq test = .292701 ** [.000]
Chow test = 2.83458 ** [.002]
Chow het. rob. test = 4.17748 ** [.000]
LR het. test (w/ Chow) = 72.4259 ** [.000]
White het. test = 184.453 ** [.000]
Jarque-Bera test = 374.769 ** [.000]
Shapiro-Wilk test = .932708 ** [.000]
Ramsey's RESET2 = .226102E-03 [.988]
F (zero slopes) = 56.5457 ** [.000]
Schwarz B.I.C. = -856.693
Akaike Information Crit. = -875.282
Log likelihood = 886.282

```

Variable	Estimated Coefficient	Standard Error	t-statistic	P-value
DLYPYL(-1)	.443073	.114777	3.86030	** [.000]
DLYPYL(-2)	.103509	.050942	2.03189	* [.043]
DLYPYL(-4)	.072090	.039994	1.80251	[.073]
DLWTCOTPY	.062347	.017103	3.64536	** [.000]
DLH(-4)	.261281	.090083	2.90046	** [.004]
DLH(-5)	-.239734	.089712	-2.67227	** [.008]
DLINVPK	.448113	.025432	17.6203	** [.000]
DLINVPK(-1)	-.373976	.053000	-7.05613	** [.000]
TIME	-.733861E-05	.697459E-05	-1.05219	[.294]
C	.197650E-02	.140191E-02	1.40986	[.160]
@RES(-1)	-.697821	.130850	-5.33299	** [.000]

Dependent variable: DLYPYL
Current sample: 1964:4 to 2019:1
Number of observations: 218

```

Mean of dep. var. = .393124E-02
Std. dev. of dep. var. = .789927E-02
Sum of squared residuals = .340872E-02
Variance of residuals = .177537E-04
Std. error of regression = .421352E-02
R-squared = .748257
Adjusted R-squared = .715478
LM het. test = 19.9799 ** [.000]
Durbin-Watson = 2.00516 [.030,.975]
Durbin's h alt. = -1.19188 [.233]
ARCH test = 17.1940 ** [.000]
CuSum test = 1.74742 ** [.000]
CuSumSq test = .278144 ** [.000]
Chow test = 1.63952 * [.034]
Chow het. rob. test = 2.21588 ** [.001]
LR het. test (w/ Chow) = 73.6932 ** [.000]
Jarque-Bera test = 288.042 ** [.000]
Shapiro-Wilk test = .934450 ** [.000]
Ramsey's RESET2 = .123646E-02 [.972]
F (zero slopes) = 22.8273 ** [.000]
Schwarz B.I.C. = -826.858
Akaike Information Crit. = -870.856
Log likelihood = 896.856

```

Variable	Estimated Coefficient	Standard Error	t-statistic	P-value
DLYPYL(-1)	-.123227	.073673	-1.67261	[.096]
DLYPYL(-2)	.042636	.072286	.589817	[.556]
DLYPYL(-3)	-.030988	.072887	-.425152	[.671]
DLYPYL(-4)	.040814	.071671	.569465	[.570]
DLYPYL(-5)	-.105437E-02	.065122	-.016191	[.987]
DLWTCOTPY	.067991	.017766	3.82709	** [.000]
DLWTCOTPY(-1)	.856789E-02	.019151	.447383	[.655]
DLWTCOTPY(-2)	-.030662	.019538	-1.56937	[.118]
DLWTCOTPY(-3)	-.024443	.019802	-1.23440	[.219]
DLWTCOTPY(-4)	-.012944	.020325	-.636854	[.525]
DLWTCOTPY(-5)	-.904657E-02	.020938	-.432057	[.666]
DLH	-.163558	.110392	-1.48160	[.140]
DLH(-1)	.077824	.126742	.614033	[.540]
DLH(-2)	.019620	.123290	.159132	[.874]
DLH(-3)	-.091739	.120528	-.761147	[.448]
DLH(-4)	.317762	.123430	2.57442	* [.011]
DLH(-5)	-.131014	.103265	-1.26872	[.206]
DLINVPK	.454803	.027000	16.8447	** [.000]
DLINVPK(-1)	-.077101	.042588	-1.81038	[.072]
DLINVPK(-2)	-.053475	.042142	-1.26891	[.206]
DLINVPK(-3)	-.012576	.042015	-.299310	[.765]
DLINVPK(-4)	-.036859	.041103	-.896734	[.371]
DLINVPK(-5)	-.032710	.038015	-.860441	[.391]
TIME	-.343430E-04	.750094E-05	-4.57849	** [.000]
C	.821905E-02	.150443E-02	5.46325	** [.000]
@RES(-1)	-.126922	.030768	-4.12518	** [.000]

Dependent variable: LYPYL

Current sample: 1964:3 to 2019:1

Number of observations: 219

Mean of dep. var. = -4.07635
Std. dev. of dep. var. = .228776
Sum of squared residuals = .039145
Variance of residuals = .182921E-03
Std. error of regression = .013525
R-squared = .996569
Adjusted R-squared = .996505
LM het. test = 1.02698 [.311]
Durbin-Watson = .218534 ** [.000,.000]
Wald nonlin. AR1 vs. lags = 27.6991 ** [.000]
ARCH test = 162.449 ** [.000]
CuSum test = 3.07001 ** [.000]
CuSumSq test = .391017 ** [.000]
Chow test = 98.4550 ** [.000]
Chow het. rob. test = 117.975 ** [.000]
LR het. test (w/ Chow) = 265.037 ** [.000]
White het. test = 125.158 ** [.000]
Jarque-Bera test = 274.755 ** [.000]
Shapiro-Wilk test = .893350 ** [.000]
Ramsey's RESET2 = 136.226 ** [.000]
F (zero slopes) = 15540.4 ** [.000]
Schwarz B.I.C. = -620.716
Akaike Information Crit. = -629.189
Log likelihood = 634.189

Variable	Estimated Coefficient	Standard Error	t-statistic	P-value
LWTCOTPY	.288011	.710164E-02	40.5556	** [.000]
LH	-.493358	.052083	-9.47246	** [.000]
LINVPK	.242161	.012369	19.5788	** [.000]
C	-1.92084	.374544	-5.12847	** [.000]
TIME	.144669E-02	.623477E-04	23.2037	** [.000]

VAR Estimation Results:

=====

Endogenous variables: lypyl, lwtcotpy, linvpk, lh

Deterministic variables: const

Sample size: 224

Log Likelihood: 3971.751

Roots of the characteristic polynomial:

0.9915 0.9583 0.9583 0.883 0.7849 0.7849 0.7147 0.5559 0.5559 0.5152 0.4591 0.4591
0.3747 0.3747 0.151 0.151

Call:

VAR(y = dat.bv, p = 4, type = "const", exogen = NULL)

Estimation results for equation lypyl:

=====

lypyl = lypyl.l1 + lwtcotpy.l1 + linvpk.l1 + lh.l1 + lypyl.l2 + lwtcotpy.l2 +
linvpk.l2 + lh.l2 + lypyl.l3 + lwtcotpy.l3 + linvpk.l3 + lh.l3 + lypyl.l4 +
lwtcotpy.l4 + linvpk.l4 + lh.l4 + const

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
lypyl.l1	0.38955	0.10657	3.655	0.000326	***
lwtcotpy.l1	0.01995	0.02884	0.692	0.489955	
linvpk.l1	0.11887	0.06263	1.898	0.059109	.
lh.l1	0.05826	0.15775	0.369	0.712246	
lypyl.l2	0.58831	0.14001	4.202	3.94e-05	***
lwtcotpy.l2	-0.03971	0.04134	-0.960	0.337991	
linvpk.l2	-0.15472	0.10067	-1.537	0.125857	
lh.l2	0.13893	0.30606	0.454	0.650366	
lypyl.l3	0.07163	0.14257	0.502	0.615896	
lwtcotpy.l3	0.03907	0.04196	0.931	0.352874	
linvpk.l3	0.01322	0.10078	0.131	0.895739	
lh.l3	-0.32730	0.30034	-1.090	0.277089	
lypyl.l4	-0.08068	0.09882	-0.817	0.415141	
lwtcotpy.l4	-0.01799	0.02902	-0.620	0.535878	
linvpk.l4	0.02496	0.06002	0.416	0.677946	
lh.l4	0.09563	0.15221	0.628	0.530528	
const	0.04384	0.06838	0.641	0.522104	

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.002939 on 207 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9992, Adjusted R-squared: 0.9992
F-statistic: 1.68e+04 on 16 and 207 DF, p-value: < 2.2e-16

Estimation results for equation lwtcotpy:

=====

lwtcotpy = lypyl.11 + lwtcotpy.11 + linvpk.11 + lh.11 + lypyl.12 + lwtcotpy.12 +
linvpk.12 + lh.12 + lypyl.13 + lwtcotpy.13 + linvpk.13 + lh.13 + lypyl.14 +
lwtcotpy.14 + linvpk.14 + lh.14 + const

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
lypyl.11	-1.052977	0.263518	-3.996	8.96e-05	***
lwtcotpy.11	1.037587	0.071323	14.548	< 2e-16	***
linvpk.11	0.036628	0.154880	0.236	0.8133	
lh.11	0.095325	0.390075	0.244	0.8072	
lypyl.12	0.834675	0.346223	2.411	0.0168	*
lwtcotpy.12	-0.033670	0.102235	-0.329	0.7422	
linvpk.12	-0.108580	0.248940	-0.436	0.6632	
lh.12	0.490438	0.756819	0.648	0.5177	
lypyl.13	0.221694	0.352536	0.629	0.5301	
lwtcotpy.13	-0.010017	0.103755	-0.097	0.9232	
linvpk.13	0.084972	0.249206	0.341	0.7335	
lh.13	-0.873182	0.742666	-1.176	0.2410	
lypyl.14	-0.045213	0.244347	-0.185	0.8534	
lwtcotpy.14	-0.003408	0.071750	-0.047	0.9622	
linvpk.14	0.023605	0.148418	0.159	0.8738	
lh.14	0.220981	0.376377	0.587	0.5578	
const	0.213226	0.169086	1.261	0.2087	

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.007267 on 207 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9981, Adjusted R-squared: 0.998
F-statistic: 6954 on 16 and 207 DF, p-value: < 2.2e-16

Estimation results for equation linvpk:

=====

linvpk = lypyl.11 + lwtcotpy.11 + linvpk.11 + lh.11 + lypyl.12 + lwtcotpy.12 +
linvpk.12 + lh.12 + lypyl.13 + lwtcotpy.13 + linvpk.13 + lh.13 + lypyl.14 +
lwtcotpy.14 + linvpk.14 + lh.14 + const

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
lypyl.11	-0.762202	0.175377	-4.346	2.17e-05	***
lwtcotpy.11	-0.011360	0.047467	-0.239	0.81109	
linvpk.11	1.407237	0.103076	13.652	< 2e-16	***
lh.11	0.245298	0.259603	0.945	0.34581	
lypyl.12	0.722169	0.230419	3.134	0.00197	**
lwtcotpy.12	-0.038205	0.068040	-0.562	0.57506	
linvpk.12	-0.300643	0.165675	-1.815	0.07102	.
lh.12	0.075653	0.503680	0.150	0.88075	
lypyl.13	0.258209	0.234621	1.101	0.27238	
lwtcotpy.13	0.092907	0.069051	1.345	0.17994	
linvpk.13	-0.108954	0.165852	-0.657	0.51195	
lh.13	-0.656736	0.494260	-1.329	0.18540	
lypyl.14	-0.204912	0.162618	-1.260	0.20906	
lwtcotpy.14	-0.059192	0.047751	-1.240	0.21653	
linvpk.14	-0.029114	0.098776	-0.295	0.76848	
lh.14	0.342053	0.250487	1.366	0.17356	
const	-0.007901	0.112530	-0.070	0.94410	

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.004837 on 207 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9847, Adjusted R-squared: 0.9835

F-statistic: 833.9 on 16 and 207 DF, p-value: < 2.2e-16

Estimation results for equation lh:

=====

lh = lypyl.11 + lwtcotpy.11 + linvpk.11 + lh.11 + lypyl.12 + lwtcotpy.12 +
linvpk.12 + lh.12 + lypyl.13 + lwtcotpy.13 + linvpk.13 + lh.13 + lypyl.14 +
lwtcotpy.14 + linvpk.14 + lh.14 + const

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
lypyl.11	-0.039802	0.044563	-0.893	0.37281
lwtcotpy.11	0.030756	0.012061	2.550	0.01150 *
linvpk.11	0.027596	0.026191	1.054	0.29327
lh.11	1.640918	0.065964	24.876	< 2e-16 ***
lypyl.12	-0.025103	0.058549	-0.429	0.66855
lwtcotpy.12	-0.054225	0.017289	-3.136	0.00196 **
linvpk.12	0.021156	0.042097	0.503	0.61582
lh.12	-0.565132	0.127983	-4.416	1.62e-05 ***
lypyl.13	0.114708	0.059616	1.924	0.05571 .
lwtcotpy.13	0.005571	0.017546	0.318	0.75118
linvpk.13	-0.097271	0.042142	-2.308	0.02198 *
lh.13	-0.403351	0.125590	-3.212	0.00153 **
lypyl.14	-0.076058	0.041321	-1.841	0.06710 .
lwtcotpy.14	0.022437	0.012133	1.849	0.06586 .
linvpk.14	0.052671	0.025099	2.099	0.03707 *
lh.14	0.278060	0.063648	4.369	1.98e-05 ***
const	0.085760	0.028594	2.999	0.00304 **

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.001229 on 207 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.9993, Adjusted R-squared: 0.9992
F-statistic: 1.742e+04 on 16 and 207 DF, p-value: < 2.2e-16

Covariance matrix of residuals:

	lypyl	lwtcotpy	linvpk	lh
lypyl	8.638e-06	5.681e-06	1.063e-05	1.505e-07
lwtcotpy	5.681e-06	5.282e-05	6.034e-06	1.202e-07
linvpk	1.063e-05	6.034e-06	2.339e-05	8.313e-07
lh	1.505e-07	1.202e-07	8.313e-07	1.510e-06

Correlation matrix of residuals:

	lypyl	lwtcotpy	linvpk	lh
--	-------	----------	--------	----

lypyl	1.00000	0.26600	0.7478	0.04166
lwtcotpy	0.26600	1.00000	0.1717	0.01345
linvpk	0.74782	0.17166	1.0000	0.13985
lh	0.04166	0.01345	0.1399	1.00000