

***La contribution de la digitalisation, dans la soutenabilité de la
chaîne logistique à travers le Monde : une approche
économétrique***

<i>Melzi Zohir¹</i>
Maitre-Assistant A, Ecole Supérieure de Commerce
<i>z_melzi@esc-alger.dz</i>

Réception : 23/01/2023

Acceptation : 15/06/2023

Publication : 30/06/2023

Résumé :

Nous estimons par les Moindres Carrés Ordinaires, une équation linéaire mettant en relation l'indice de performance logistique (Logistic Performance Index, ou LPI) et quelques variables exprimant l'engagement de différentes entités économiques à adopter la digitalisation, ainsi qu'une variable de références des TIC : le pourcentage du nombre de souscriptions à une connexion à l'internet. L'analyse exploite 132 pays à travers le Monde, ce qui permet d'estimer le niveau d'influence de ces variables sur le LPI, au vu des disparités contenues dans l'échantillon.

Bien que certains pays s'avèrent être atypiques, notamment quand ceux-ci sont relativement pénalisés en termes d'utilisation des systèmes digitalisés, l'équation économétrique estimée est assez robuste et présente de bonnes propriétés statistiques. Cet ajustement explique plus de 70 % de la variabilité du LPI et toutes les variables de la digitalisation et des TIC, ont une influence significative sur dernier. Une augmentation dans l'engagement et l'utilisation de la digitalisation et des TIC, augmenterait sensiblement la performance globale de la chaîne logistique.

Mots clés : *Chaîne logistique, MCO, LPI, DAI.*

¹ - *Auteur correspondant : Melzi Zohir; z_melzi@esc-alger.dz*

ملخص:

نقدر من خلال المربعات الصغرى العادية، معادلة خطية تربط مؤشر الأداء اللوجستي) أو Logistic Performance Index LPI) وبعض المتغيرات التي تعبر عن التزام الكيانات الاقتصادية المختلفة بتبني الرقمنة، بالإضافة إلى متغير مراجع تكنولوجيا المعلومات والاتصالات: النسبة المئوية من عدد الاشتراكات في الاتصال بالإنترنت. يستخدم التحليل 132 دولة حول العالم، مما يجعل من الممكن تقدير مستوى تأثير هذه المتغيرات على LPI ، بالنظر إلى التباينات الواردة في العينة. على الرغم من أن بعض البلدان غير نمطية، خاصةً عندما تكون معاقبة نسبيًا من حيث استخدام الأنظمة الرقمية، إلا أن معادلة الاقتصاد القياسي المقدره قوية جدًا ولها خصائص إحصائية جيدة. يفسر هذا التعديل أكثر من 70٪ من تباين مؤشر الأداء الرئيسي وجميع متغيرات الرقمنة وتكنولوجيا المعلومات والاتصالات لها تأثير كبير على LPI. ستؤدي زيادة الالتزام بالرقمنة وتكنولوجيا المعلومات والاتصالات واستخدامها إلى زيادة كبيرة في الأداء العام لسلسلة التوريد.

الكلمات المفتاحية: المربعات الصغرى العادية ، LPI ، DAI.

1. INTRODUCTION

À l'ère de la digitalisation, beaucoup de secteurs en économie profitent des avancées technologiques et de l'informatisation, afin d'optimiser, faciliter et rendre les opérations plus performantes. La chaîne logistique, est une des branches de l'entreprise qui a pu connaître une avancée considérable dans le traitement de ses différentes opérations. Il est possible maintenant, de tracker le cheminement d'un produit du producteur vers le consommateur, d'une manière précise et automatiquement. Le gain de temps a permis aux entreprises d'élargir son champ d'action, car il est possible par exemple de prétendre livrer des produits à des clients qui n'étaient pas forcément dans leur portefeuille de clientèle. Les plateformes d'e-commerce sont devenues un outil concurrentiel, qui a d'ailleurs permis à des entreprises d'émerger et devenir parmi les plus puissantes dans le Monde. Sans omettre la collecte d'informations statistiques et la réduction des pertes d'informations. Ce sont ici des exemples parmi tant d'autres, qui montrent comment la digitalisation a pu reconsidérer la vision des entreprises et élargir leur champ d'action.

Que ce soit d'un point de vue analytique ou bien exploratoire, beaucoup de travaux de recherche arrivent à ces constats. Nous avons cependant estimé de notre côté, qu'il serait fort intéressant de pouvoir quantifier les effets de la digitalisation, sur les indicateurs de performance de la chaîne logistique dans le Monde. Nous avons modélisé à cet effet, une équation reliant des variables de la digitalisation et des technologies de l'information, pouvant expliquer les variations du LPI, l'indice de performance de la chaîne logistique, en considérant un échantillon de 132 pays. Nous exploitons le dernier LPI paru en date (2018), que nous confrontons aux variations d'indicateurs d'adoption de la digitalisation. Celles-ci concernent la population entière, le monde des affaires et les Gouvernements. Nous avons également pris en considération la nombre de souscriptions à l'internet en pourcentage, comme indicateur de l'avancée d'une nation dans l'utilisation des TIC. En effet, si d'un côté les entreprises adoptent la digitalisation pour

rendre plus performantes leurs opérations, la clientèle potentielle se doit d'être connectée, afin que l'on puisse lui proposer des services avancés.

Nous allons exposer dans une première section, la littérature sous ses différents angles, ayant pu montrer l'importance de l'intégration de la digitalisation dans l'essor de la chaîne logistique. Nous présenterons dans une seconde section, les données et leur pertinence, utilisées dans notre modélisation. La troisième section, aura pour objet de présenter le cadre méthodologique et la technique de modélisation utilisée, à savoir la régression linéaire par la méthode des moindres carrés ordinaires.

La quatrième section, sera consacrée aux résultats obtenus. Les estimations par régression, ainsi que tous les tests d'inférence statistiques permettant de valider notre modèle seront présentés. Nous discuterons dans une cinquième section les résultats obtenus, afin que nous puissions valider notre hypothèse selon laquelle une relation positive entre la digitalisation et les TIC, pouvant influencer sur la performance de la chaîne logistique représentée par le LPI à travers le Monde.

Une conclusion aura pour objet, de présenter l'étendue des résultats obtenus ainsi que leur pertinence, ouvrant la voie à une possibilité d'exploiter des techniques de modélisation économétriques, pouvant être considérées comme un outil d'aide à la décision optimal exploitable. Ceci concernant aussi bien les entreprises et notamment les grands comptes, ainsi que les institutions étatiques.

2. REVUE DE LA LITTÉRATURE

Une littérature abondante aborde les questions économiques et pratiques de la gestion de la performance de la chaîne logistique. Il y a d'abord celles qui concernent l'amélioration de ses différents départements, comme initiative qui va de pair avec la croissance et le développement des entreprises. D'autres études, abordent la question de pouvoir concilier l'ère technologique et cette branche,

comme une exigence concurrentielle à toute entreprise qui souhaite pérenniser son rapprochement et la satisfaction de sa clientèle.

Il est évident que la digitalisation, permet de faciliter certaines opérations comme la gestion du transport, la traçabilité et la sécurité des produits adressés à la clientèle. Elle permet également de numériser et rapporter tous les enregistrements d'une manière transparente, ce qui garantit un gain de temps considérable comparativement aux méthodes traditionnelles de traitements logistiques, mais également, proposer une information statistique plus fiable et avec plus de facilités. Stenger (2011), passe en revue et résume un certain nombre d'informations importantes par les initiatives technologiques (TI) applicables à la gestion de la chaîne d'approvisionnement développées au cours des 25 dernières années. Les technologies apparaîtront presque certainement, pour offrir de nouvelles opportunités pour plus gérer efficacement les chaînes d'approvisionnement.

Dans leurs travaux, Ojala et al. (2015), stipulent qu'après avoir adopté une nouvelle loi douanière en 2009, la Turquie a accéléré l'harmonisation réglementaire avec l'UE et la mise en œuvre de techniques modernes. En ce qui concerne la coopération internationale, la Turquie a signé un nombre considérable d'accords bilatéraux de coopération policière et douanière et d'assistance mutuelle, y compris des protocoles sur les échanges d'informations préalables à l'expédition. Les auteurs précisent que la digitalisation de la chaîne logistique en Turquie, lui a permis la facilitation pour l'adhésion en décembre 2012, à la Convention sur le transit commun, qui a réduit les problèmes dans les zones de transit et a permis aux transporteurs turcs de transporter des marchandises en Europe et dans les pays de l'Association européenne de libre-échange (AELE) via les mêmes processus électroniques. La Turquie a également procédé à d'importantes réformes dans ses laboratoires douaniers afin de classer correctement les marchandises pour la prévention de la contrebande. Kriz (2015) de son côté, précise que les décideurs du monde entier sont de plus en plus préoccupés par la sécurité des chaînes d'approvisionnement des technologies de l'information et des communications (TIC). Alors que les gouvernements s'appuient

d'avantage sur les TIC pour fournir des services, ils s'inquiètent de la prolifération des produits contrefaits et des codes malveillants, ainsi que du nombre croissant de cyberattaques sur ces systèmes TIC. Dans ce contexte, les gouvernements exigent que les fournisseurs améliorent la sécurité des produits TIC vendus au gouvernement, en mettant particulièrement l'accent sur les chaînes d'approvisionnement des fournisseurs.

Pisa et al. (2019), avancent le fait que la révolution des technologies de l'information et de la communication (TIC) a facilité la coordination de la complexité sur de longues distances, permettant aux entreprises de tirer parti des écarts salariaux entre pays en externalisant la production. Au même moment, la numérisation des dossiers a facilité le partage des données tout au long de la chaîne d'approvisionnement, l'automatisation tâches récurrentes et l'utilisation analytique pour améliorer les processus métier. La mise en réseau informatique et la numérisation ont non seulement permis aux entreprises de gérer leur propre les chaînes d'approvisionnement plus efficacement, cela leur a également permis de partager plus facilement des données avec leur approvisionnement partenaires de la chaîne. Aujourd'hui, l'état de l'art en matière de gestion de la chaîne d'approvisionnement est le concept de "track and trace" ou traçabilité.

Une étude particulière de Johnston (2021), concerne la situation du commerce international durant la pandémie Covid-19. L'auteur stipule que cette dernière a été l'opportunité qui a permis au e-commerce, à travers la plateforme électronique eWTP¹, de jouer un rôle important, ciblé et expansif pendant la crise et a démontré sa capacité à débloquer le commerce pour les pays en développement et les petites et moyennes entreprises.

¹ China Electronic World Trade Platform : plateforme exploitée en Chine par des entreprises comme Alibaba.

D'autres travaux de recherches se sont appuyés sur des enquêtes permettant de mettre en avant l'utilisation des technologies de l'information et de la communication au service de la chaîne logistique. Nous citons des travaux comme ceux de Choy et al. (2014), qui adressent 612 questionnaires à plusieurs entreprises à Hong Kong et la Région Pearl Delta. Ils ont reçu 210 réponses valides sur différentes questions pertinentes concernant l'implémentation des technologies de l'informations dans leurs structures logistiques. Ils exploitent les résultats dans différentes analyses structurelles de la variance des variables issues des réponses, et concluent sur un fort impact des TIC dans l'amélioration des différentes branches de la chaîne logistique.

De même concernant Papoutsis et al. (2015), qui effectuent une analyse descriptive issue de réponses à un questionnaire adressé à différentes entreprises, opérant dans différents secteurs de la chaîne logistique. Les résultats montrent que l'adoption des TIC dans les chaînes d'approvisionnement, est considérée comme bénéfique par toutes les parties prenantes et aide à atténuer les retards dans l'environnement logistique.

Toujours dans le traitement de données d'enquêtes, Rai et al. (2006), adressent un questionnaire par e-mail à 360 responsables de la chaîne d'approvisionnement et de la logistique dans des organisations de fabrication et de vente au détail aux États-Unis d'Amérique. 110 réponses ont été recueillies et les résultats suggèrent que les infrastructures informatiques intégrées permettent aux entreprises de développer la capacité d'ordre supérieur de l'intégration des processus de la chaîne d'approvisionnement. Cette capacité permet aux entreprises de dissocier les flux d'informations des flux physiques et de partager des informations avec leurs partenaires de la chaîne d'approvisionnement afin de créer des approches basées sur l'information pour une meilleure planification de la demande, pour la mise en scène et le mouvement des produits physiques, et pour rationaliser les flux financiers volumineux et complexes. De plus, la capacité d'intégration de la chaîne d'approvisionnement basée sur l'informatique, se traduit par des gains de performance importants et durables pour l'entreprise, en particulier en termes d'excellence opérationnelle et de croissance des revenus.

Notre étude se base sur le cadre conceptuel proposé par la littérature, qui aborde cette question que de montrer que la digitalisation est intrinsèquement liée au développement et à l'amélioration de la performance de la chaîne logistique. Certains travaux, ont exploité un indicateur de référence de la chaîne logistique, à savoir le Logistic Performance Index (LPI). C'est un indicateur composite ayant des sous-rubriques toutes considérant une des branches de ce département. Il est issu d'une enquête périodique, effectuée par la Banque Mondiale. Plusieurs auteurs tentent de trouver une explication de son évolution, par différentes techniques de modélisation. Cependant, Janno et al. (2021), adressent une critique sur la construction du LPI. Cet indice est calculé moyennant une Analyse en Composantes Principales (ACP), qui résume les réponses à un questionnaire adressé à des professionnels à travers plus de 160 pays. Ce questionnaire, résume 6 thèmes (sous-indicateurs). Les auteurs, comparent en particulier l'Estonie et la Russie et l'évolution de leurs scores durant les dernières années. En conclusion, ils estiment que des erreurs peuvent être commises, notamment par l'incompréhension des questions posées. Ils signalent la présence d'un indicateur similaire, qui concerne les pays émergents (50), axé lui sur 3 thèmes principaux.

En ce qui concerne les méthodes analytiques, Varma et al. (2021), tentent de trouver une relation économétrique linéaire entre le LPI, l'indice représentant la performance logistique entre pays et celui du développement humain, le HDI. Bien que l'échantillon (plus de 160) soit intéressant, une variable explicative comme le HDI, donne un R^2 , la statistique exprimant la qualité d'ajustement de la droite de régression sur le nuage de points, relativement faible de l'ordre de 50 %. La relation entre les deux variables s'avère néanmoins significative, ce qui conforte l'étroite relation entre la chaîne logistique et la croissance et le développement économiques des pays à travers le Monde.

Une autre technique de modélisation est opérée par Bugarcic et al. (2020), où ils exploitent un gravity model² afin de comparer l'impact du LPI publié en 2007 et celui de 2018, sur les échanges bilatéraux et la distance séparant les pays de l'Europe Centrale et de l'Est. Ils constatent qu'il existe un fort impact des différentes composantes de l'indice sur les échanges bilatéraux. Dans la même lignée, Anser et al. (2020), montrent qu'une logistique intelligente dont la conception est issue des indicateurs technologiques avec des indices de performance logistique (LPI), pour minimiser les dommages carbone dans un panel de 102 pays. Les résultats permettent aux auteurs de souligner la nécessité d'aller de l'avant, en adoptant des technologies économes en carburant pour minimiser les dommages causés par le carbone dans tous les pays.

3. LES DONNÉES

La Banque Mondiale, publie des indicateurs composites calculés à partir des réponses à des questionnaires d'enquêtes concernant à la fois le secteur de la logistique et celui de la digitalisation. Ce sont des indicateurs de référence, utilisés dans de nombreux travaux de recherche, qui permettent de discriminer les pays selon leurs niveaux d'intégration et de performances notamment dans le secteur de la chaîne logistique.

Nous pensons qu'il y a un lien manifeste, entre la digitalisation et l'amélioration de la performance de la chaîne logistique. En effet, la littérature proposée montre une amélioration de plusieurs de ses différentes branches comme le gain de temps, la traçabilité, ainsi que la sécurité des opérations.

² Le modèle de gravité du commerce international, consiste à prédire les flux commerciaux bilatéraux en fonction des tailles économiques et de la distance entre deux unités.

Cependant, nous allons confronter les sous-indicateurs du Digital Adoption Index, pour expliquer la variabilité d'un autre indicateur de référence : le Logistic Performance Index. Nous exploitons à cet effet, un échantillon de 132 pays à travers le Monde. Le DAI est éclaté en trois sous-indicateurs, à savoir celui des affaires, le DAIB, celui de la population, le DAIP, ainsi que celui concernant le Gouvernement, le DAIG. Tous ces sous-indicateurs, retracent l'engagement de chaque entité à adopter la digitalisation.

Le LPI - comme le DAI -, est proposé par la Banque Mondiale et le dernier publié remonte à l'année 2018. Bien que le DAI existe pour des années plus récentes, nous avons souhaité le considérer pour la même période que le LPI, afin qu'il n'y ait pas de décalage temporel entre les deux indicateurs.

Nous allons également, tenter d'expliquer les fluctuations du LPI en considérant une autre variable comme la souscription pour 100 habitants à une connexion à l'Internet. Ceci pourrait montrer à quel point une population d'un pays quand celle-ci est connectée, pourrait jouer un rôle dans le développement de la logistique, très utilisatrice de ce genre de technologies. En effet, d'un côté les entreprises dans différents pays adoptent la digitalisation pour améliorer leurs performances logistiques, toutes branches confondues. Le consommateur lui, accompagne cette évolution à partir du moment où celui-ci dispose des outils technologiques, qui vont lui permettre d'exploiter les plateformes de ventes en ligne, ainsi que le suivi et la traçabilité des produits qu'il achète.

4. MÉTHODE D'ANALYSE

Nous allons appliquer un modèle de régression multiple estimé par la méthode des moindres carrés ordinaires, et voir s'il existe une relation pertinente entre les variables de la digitalisation, des TIC et l'indicateur de performance de la chaîne logistique (LPI).

Après régression, nous allons valider la viabilité du modèle en effectuant tous les tests d'inférence statistique afférents.

L'équation théorique linéaire, se présente comme suit :

$$LPI_i = \beta_0 + FBS100_i + \beta_1 DAIB_i + \beta_2 DAIP_i + \beta_3 DAIG_i + \varepsilon_i$$

Pour $i = 1, \dots, N$, avec $N = 132$ pays, où :

LPI_i : Logistic Performance index

$FBS100_i$: Fixed broadband subscriptions per 100 inhabitants

$DAIB_i$: Digital Adoption Index in Business

$DAIP_i$: Digital Adoption Index in Population

$DAIG_i$: Digital Adoption Index in Government

ε_i : un terme erreur

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$: les paramètres à estimer.

5. RÉSULTATS

Les résultats de la régression, sont présentés dans le tableau 1. On constate des coefficients estimés significatifs³ pour toutes les variables, sauf DAIB, l'engagement dans le milieu des affaires à la digitalisation. L'ajustement du modèle sur le nuage de points des pays est intéressant, avec un R^2 de plus de 67 % (le modèle explique 67 % de la variabilité du LPI). Néanmoins, nous devons effectuer différents tests statistiques, afin de voir si ce modèle est viable ou pas.

³ p-value faible : rejet de l'hypothèse nulle, de coefficients significativement proches de 0.

Table 1 : Résultats de régression par MCO.

Dependent variable:	
LPI	
FBS100	0.016*** (0.004)
DAIB	0.291 (0.377)
DAIP	0.559* (0.316)
DAIG	0.501** (0.209)
Constant	1.946*** (0.140)
Observations	132
R ²	0.675
Adjusted R ²	0.665
Residual Std. Error	0.323 (df = 127)
F Statistic	66.073*** (df = 4; 12)

7)

01

Note: *p<0.1; **p<0.05; ***p<0.

Source : estimé sous logiciel R.

La figure 1, représente un diagnostic sous forme de 4 graphiques, de la régression. Le premier en haut à gauche, exprime les résidus par rapport aux estimations de la variable dépendante. Il permet à la fois de vérifier la relation linéaire pouvant exister entre le LPI et les variables explicatives, et vérifier également si d'éventuels point influents, notamment aberrant, pourraient se manifester à l'extérieur notoirement du nuage de points. L'idéal, serait d'avoir une ligne droite confondue avec celle représentée en pointillés.

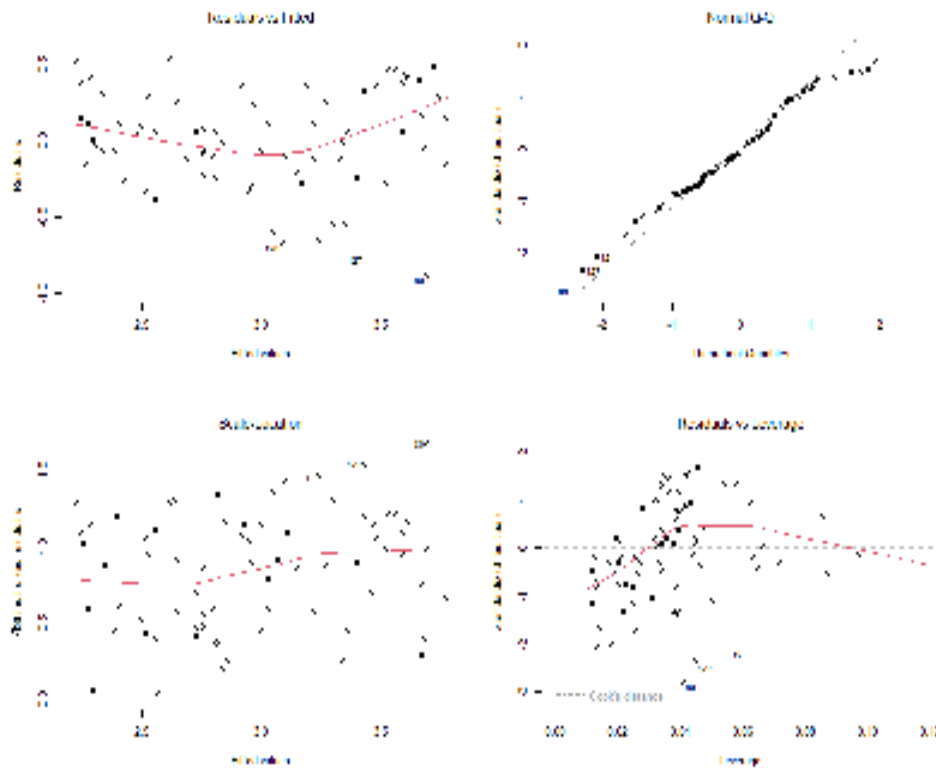
Un nuage de points non homogène, pourrait supposer l'existence d'une hétéroscédasticité (variance non constante).

Le second en haut à droite, exprime la droite de Henri, où l'on devrait avoir la majorité des points alignés sur cette droite, auquel cas la normalité des résidus ne serait pas respectée. Certains points, se détachent de cette droite sur les extrémités. Nous vérifierons cela avec plus de précision, en effectuant des tests adéquats.

En bas à droite, le graphique représente la Distance de Cook, qui permet d'observer les éventuels points aberrants trop éloignés de la représentation. Celui en bas à gauche, exprime relativement la même chose en montrant les valeurs des résidus studentisés trop élevés, manifestement ceux de pays trop atypiques par rapport à tous les autres considérés dans l'étude.

Nous soupçonnons ainsi comme pays atypiques par rapport aux variables du modèles, ceux portant les numéros 80 et 127, respectivement correspondant à Malte et l'Uruguay.

Figure 1 : Diagnostic graphique du modèle estimé



Source : Effectué sous logiciel R.

Les tests d'hypothèses, permettent de vérifier les constats observés sur le diagnostic graphique. Les deux tests Jarque-Bera et Shapiro-Wilk, permettent de vérifier la normalité des résidus. Sous R, les résidus (*resid*) sont extraits du modèle nommé *fit1*.

Si le premier valide l'hypothèse nulle de normalité, avec une p-value relativement peu élevée de 0,24, le deuxième test lui ne nous permet pas d'accepter la normalité avec une p-value de 0,015, inférieure au seuil critique de 5%.

```
Jarque Bera Test
data: fit1$resid
X-squared = 2.8544, df = 2, p-value = 0.24
```

```
Shapiro-Wilk normality test
data: fit1$resid
W = 0.97495, p-value = 0.01528
```

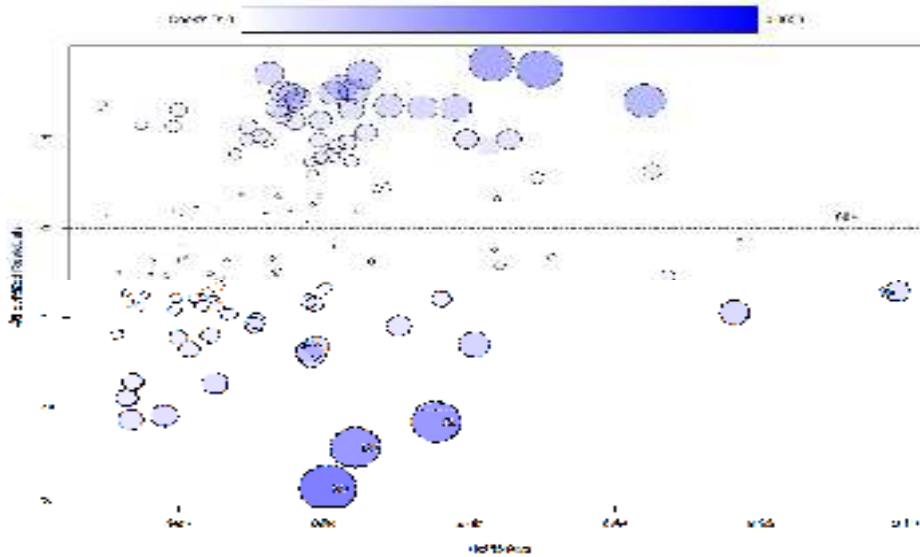
Le test de Breusch-Pagan qui vérifie si la variance du modèle est significativement constante, présente une p-value faible à la limite de l'acceptable, validant - mais avec réserve - l'homoscédasticité.

```
studentized Breusch-Pagan test
data: fit1
BP = 9.1738, df = 4, p-value = 0.0569
```

La figure 2, exprime par rapport à la distance de Cook, les points influents : ils seront d'autant plus importants, voire atypiques, à mesure que le cercle qui les représente est plus gros et ayant une couleur plus accentuée. Nous retrouvons ainsi, Malte (numéro 80) et l'Uruguay (numéro 127) présentant des valeurs élevées (ceux qui sortent de l'intervalle [-2,2]), comparativement aux autres pays contenus dans l'échantillon.

Comme celui-ci est conséquent (132 pays), et que ces pays ne sont pas relativement importants, comparativement aux autres comme les pays d'Europe, des Amériques et de l'Asie, nous allons tenter de les retirer de la régression et voir si cela pourrait améliorer les résultats de nos tests de validation du modèle.

Figure 2 : Points influents et Distance de Cook.



Source : Effectué sous logiciel R.

Nous avons créé deux variables muettes (ou indicatrices), que nous avons appelées dummy, qui valent 1 si le pays atypique est considéré et 0 sinon. Elles vont inhiber les deux pays, Malte et l'Uruguay pour ne pas les prendre en compte dans la régression.

Après plusieurs essais, un autre pays se retrouve atypique, la Biélorussie (portant le numéro 12) qui a été inhibé en rajoutant une troisième dummy.

Nous avons également retiré la variable non significative, à savoir DAIB. Malgré le rajout des variables muettes, son coefficient estimé demeure inchangé et non significatif, proches de 0.

Le modèle s'améliore statistiquement (table 2), car en effet, le coefficient de détermination s'élève pour passer à 0,72 : on explique mieux la variabilité du LPI avec cette spécification.

Notons enfin, que les coefficients estimés des variables explicatives significatives n'ont pas été modifiés, ce qui conforte la robustesse de l'estimation de ce modèle.

Table 2 : Résultats de régression par MCO, du modèle amélioré.

Dependent variable:	
LPI	
FBS100	0.019*** (0.004)
DAIP	0.654*** (0.240)
DAIG	0.546*** (0.198)
dummy1	-0.704** (0.311)
dummy2	-0.918*** (0.307)
dummy3	-0.823*** (0.307)
Constant	2.016*** (0.099)
Observations	132
R ²	0.720
Adjusted R ²	0.707
Residual Std. Error	0.302 (df = 125)
F Statistic	53.656*** (df = 6; 12)

5)

01

Note: *p<0.1; **p<0.05; ***p<0.

Source : estimé sous logiciel R.

Les tests de validation passent mieux, tous présentant des p-values supérieures à 5 %. Le test de Shapiro-Wilk est à la limite des 5 %, sûrement à cause d'un nombre important de pays dans notre échantillon, qui s'avèrent être plus influents que les autres en majorité.

Normalité des résidus :

```
Jarque Bera Test

data: fit3$resid
X-squared = 3.0739, df = 2, p-value = 0.215

Shapiro-Wilk normality test

data: fit3$resid
W = 0.98031, p-value = 0.05253
```

Homoscédasticité :

```
studentized Breusch-Pagan test

data: fit3
BP = 4.8641, df = 6, p-value = 0.5614
```

Après validation de la « blancheur » des résidus, nous exécutons également le test de Besley, Kuh et Welsch, qui permet de tester la présence de colinéarité entre les variables explicatives. On lit sur les ligne du tableau, l'indice de conditionnement, qui s'il est > 30 pourrait induire une présence de colinéarité. Sur la même ligne, on observera les variables concernées, si celles-ci ont des valeurs supérieures à 0,5. Ici l'indice le plus élevé étant faible de 11,63 : il y a absence de colinéarité.

Dans ce test, on peut également observer les VIF⁴, qui si élevés (> 10), pourraient indiquer de la colinéarité. Dans notre cas, les VIF sont relativement peu élevés.

Tolerance and Variance Inflation Factor

Variables	Tolerance	VIF
1 FBS100	0.2503085	3.995069
2 DAIP	0.2132143	4.690116
3 DAIG	0.5437374	1.839123
4 dummy1	0.9516820	1.050771
5 dummy2	0.9738983	1.026801
6 dummy3	0.9794816	1.020948

Eigenvalue and Condition Index

	Eigenvalue	Cond. Index	intercept	FBS100	DAIP	DAIG
	dum1	dum2	dum3			
1	3.706	1.000	4.57e-03	6.69e-03	2.807e-03	3.157e-03
03	0.001	0.002	0.002			
2	1.001	1.922	2.35e-07	1.37e-04	2.130e-07	1.062e-04
04	0.581	0.001	0.367			
3	1.000	1.925	2.28e-05	1.59e-05	5.914e-07	5.377e-07
07	0.155	0.588	0.221			
4	0.954	1.971	1.13e-03	1.71e-05	1.770e-04	4.442e-04
04	0.206	0.382	0.394			
5	0.275	3.669	8.20e-02	2.23e-01	3.726e-03	1.442e-02
02	0.018	0.020	0.003			
6	0.034	10.505	8.89e-01	3.77e-01	1.603e-01	4.480e-01
01	0.034	0.001	0.009			
7	0.027	11.629	2.28e-02	3.94e-01	8.330e-01	5.338e-01
01	0.006	0.007	0.006			

Le retrait des pays trop influents, a permis de formaliser un modèle avec de bonnes propriétés. Nous nous abstenons de retirer d'autres pays, car globalement, notre modèle est acceptable.

⁴ Variance Inflation Factor.

Après validation, nous testons la stabilité des coefficients du modèle sur tout l'échantillon. Le test de Chow, est significatif avec une p-value de 0,8, ce qui conforte la stabilité des coefficients estimés.

M-fluctuation test (Chow)

data: fit3
f(efp) = 1.2364, p-value = 0.4989

6. DISCUSSION

L'estimation de notre modèle est validée par la confirmation de ses bonnes propriétés statistiques, compte tenu des résultats des tests d'hypothèses obtenus. Le cadre théorique d'un point de vue économique est également avéré, à partir du moment où nous avons obtenu des coefficients significatifs positifs, concernant l'effet des variables de la digitalisation. Ces dernières, sont caractérisées par les deux sous-indicateurs comme l'adoption de la digitalisation par la population des pays et celle de ses gouvernements. 1 point d'augmentation de la première, ferait augmenter le LPI, l'indicateur de performance logistique de 0,65 ; la deuxième variable le ferait augmenter de 0,55.

Le pourcentage de souscriptions à l'internet, est également significativement lié à la performance logistique. Son augmentation d'une unité, ferait élever le LPI de près de 2 %.

Mise à part le fait que 3 pays comme Malte, l'Uruguay et la Biélorussie seraient décalés par rapports aux autres, notre échantillon est composé de pas moins de 132 observations. Ceci conforte l'idée que la digitalisation est un paramètre à ne pas négliger, si un pays donné souhaite augmenter sa performance en termes de distribution et de management de la chaîne logistique.

Les effets positifs et importants calculés, montrent à quel point il est possible à toute entité qu'elle soit privée ou étatique d'adopter la numérisation, l'outil informatique et tous les systèmes

d'informations reconnus, pour améliorer ses performances dans ce domaine.

Cependant, nous estimons qu'il est possible d'envisager d'autres techniques de modélisation plus élaborées, comme l'économétrie des données de panel, afin de considérer à la fois la disparité des pays tout en considérant l'évolution temporelle des variables.

Malheureusement, le manque de données ne permet pas actuellement d'envisager une telle méthode d'analyse. Néanmoins, la Banque Mondiale continue de proposer des données concernant la digitalisation et les indicateurs de performance de la chaîne logistique, ce qui pourrait à terme déboucher sur des analyses encore plus intéressantes.

7. CONCLUSION

L'analyse économétrique, permet actuellement de fournir des outils intéressants dans de nombreux domaines, que ce soit au niveau microéconomique que macroéconomique. La disponibilité des données grâce à l'informatisation des opérations, permet maintenant de fournir des données à dimension large, pouvant donner une appréciation pertinente des différentes branches de l'économie. Il en est de même, concernant la chaîne logistique : toutes ses activités deviennent de plus en plus numérisées, ce qui va permettre d'augmenter sa performance, en se rapprochant de plus en plus des consommateurs, d'une manière plus efficace et plus rapide. Les analystes, peuvent également exploiter cette évolution, car elle permet de fournir des données statistiques plus fiables et d'une manière plus rapide. Sans omettre le fait que celles-ci, toucheraient plus de structures et plus de pays à travers le Monde.

Nous avons obtenu des résultats pertinents, par une simple technique de modélisation univariée, concernant le lien positif et significatif

entre la digitalisation et l'augmentation de la performance de la chaîne logistique. Il serait fort intéressant, d'envisager des analyses plus élaborées, qu'elles soient doublement indicées en observations et temporellement, ou alors en considérant des modèles à dimension multivariée.

La quantification des effets des variables de la digitalisation sur la performance de la chaîne logistique, permet de conforter les prises de décisions avec plus de précision.

8. Liste de références bibliographiques

Anser, M., K., Khan, M., K., Awan, U., Batool, R., Zaman, K., Imran, M., Sasmoko, Indrianti, Y., Khan, A., Abu Bakar, Z. (2020), The Role of Technological Innovation in a Dynamic Model of the Environmental Supply Chain Curve: Evidence from a Panel of 102 Countries, *Processes*, 8, 1033.

<https://doi.org/10.3390/pr8091033>

Burgarcic, F., Z., Skvarciany, V., Stanisic, N. (2020), Logistics Performance Index In International Trade: Case Of Central And Eastern Euerope And Western Balkans Countries, *Business: Theory and Practice*, Vol. 2, Issue 2, pp. 452–459.

<https://doi.org/10.3846/btp.2020.12802>

Choy, K., L., Gunasekaran, A., Lam, H., Y., Chow, K., H., Tsim, Y., C., Wing Ng, T., Tse, Y., K., Lu, X., A. (2014), Impact of information technology on the performance of logistics industry: the case of Hong Kong and Pearl Delta region, *Journal of the Operational Research Society*, No. 65, pp. 904-916.

<https://doi.org/10.1057/jors.2013.121>

Danielle Kriz (2015), Improving Supply-Chain Policy for U.S. Government Procurement of Technology, *Council on Foreign Relation, CYBER BRIEF*. pp. 1-5.

<http://www.jstor.com/stable/resrep05715>

Janno, J., Mochalina, E., P., Vladimirovna, G., Ivankova, Labanova, O., Latonina, M., Safulina, E., Uukkivi, A. (2021) The Impact Of Initial Data On The Logistics Performance Index Estimation: Estonian And Russian Study, *Scientific Journal of Logistics*, 17, (1), 147-156.

<http://doi.org/10.17270/J.LOG.2021.554>

Johnston, L., A. (2021), World Trade, E-Commerce, and COVID-19, *China Review, Special issue: The Pandemic that Wasn't (MAY 2021)*, Vol. 21, No. 2, , pp. 65-86.

<https://www.jstor.org/stable/27019010>

Ojala, L., Çelebi, D. (2015), The World Bank's Logistics Performance Index (LPI) and drivers of logistics performance, *OCED, International Transport Forum : Logistics Development Strategies and their Performance Measurements (Queretaro)*.

<https://www.itf-oecd.org/world-bank%25E2%2580%2599s-logistics-performance-index-lpi-and-drivers-logistics-performance>

Papoutsis, K., Gogas, M., Nathanail, E. (2015), Market Uptake Of ICT Usage In Supply Chains, *International Journal Of Transport Economics*, ISSN 039I-844O • E-ISSN 1724-2185, Vol. XLII, No. 1.

<https://www.jstor.org/stable/43740993>

Pisa, M., McCurdy, D. (2019), Digital Supply Chains and Traceability, *Center for Global Development*, pp. 7-9.

<https://www.jstor.org/stable/resrep29606.5>

Rai, A., Patnayakuni, R., Seth, N. (2006), Firm Performance Impacts of Digitally Enabled Supply Chain Integration Capabilities, *MIS Quarterly*, Vol. 30, No. 2, pp. 225-246.

<https://doi.org/10.2307/25148729>

Soumya Varma and Bhavin Shah (2021) A Study of the Relationship between Logistics Performance and Human Development, *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Bangalore, India*, 16, 18.

https://www.researchgate.net/publication/360483733_A_Study_of_the_Relationship_between_Logistics_Performance_and_Human_Development

Stenger, A., J. (2011), Advances in Information Technology Applications for Supply Chain Management, *Transportation Journal*, Vol. 50, No. 1, pp. 37-52.

<https://doi.org/10.5325/transportationj.50.1.0037>