

## **Industrialisation et changement climatique en République du Congo**

### **Industrialization and climate change in the republic of the Congo**

**Donald Dimitri ONOUNGA**

Laboratoire de Recherches et d'Etudes Economiques et Sociales (LARES),  
Faculté des Sciences Economiques,  
Université Marien NGOUABI de Brazzaville  
**dimitri.onounga@umng.cg**

**Sylvaniste ETSIBA**

Laboratoire de Recherches et d'Etudes Economiques et Sociales (LARES),  
Faculté des Sciences Economiques,  
Université Marien NGOUABI de Brazzaville  
**sylvanistetsiba@yahoo.fr**

**Maxime Rodrigue Sah**

Laboratoire de Recherches et d'Etudes Economiques et Sociales (LARES),  
Faculté des Sciences Economiques,  
Université Marien NGOUABI de Brazzaville  
**rodriguesah2@gmail.com**

**Date de soumission** : 02/03/2023

**Date d'acceptation** : 11/05/2023

**Pour citer cet article :**

ONOUNGA.D & AL. (2023) «INDUSTRIALISATION ET CHANGEMENT CLIMATIQUE EN REPUBLIQUE DU CONGO», Revue Française d'Economie et de Gestion «Volume 4 : Numéro 5» pp : 143 - 168.

Author(s) agree that this article remain permanently open access under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 International License



## Résumé

Un certain scepticisme semble planer sur l'industrialisation des pays en développement et leur capacité à impulser un développement vertueux et durable, particulièrement en contexte actuel de changement climatique. Dans cet article, nous nous penchons sur l'analyse de la relation entre l'industrialisation et le changement climatique en République du Congo. Pour ce faire, nous utilisons un modèle NARDL à partir d'un échantillon comprenant trente-une (31) observations pour une période allant de 1990 à 2020. Les résultats mettent en évidence deux aspects importants. Tout d'abord, à court terme, l'industrialisation, principalement dans le secteur manufacturier, exerce des effets asymétriques sur le changement climatique. De plus, à long terme, nous constatons que ces effets de l'industrialisation sur le changement climatique en République du Congo sont symétriques. En d'autres termes, l'industrialisation et la désindustrialisation ont une influence positive sur les émissions de CO<sub>2</sub> du secteur manufacturier à long terme. Par conséquent, il est crucial que les autorités congolaises encouragent le développement d'une industrie manufacturière axée sur des technologies propres.

**Mots clés :** Industrialisation ; Désindustrialisation ; Changement climatique ; NARDL ; République du Congo

## Abstract

There seems to be some skepticism about the industrialization of developing countries and their ability to drive virtuous and sustainable development, particularly in the current context of climate change. In this paper, we focus on the analysis of the relationship between industrialization and climate change in the Republic of Congo. To do so, we use a NARDL model from a sample of thirty-one (31) observations for a period from 1990 to 2020. The results highlight two important aspects. First, in the short run, industrialization, mainly in the manufacturing sector, exerts asymmetric effects on climate change. Furthermore, in the long run, we find that these effects of industrialization on climate change in the Republic of Congo are symmetric. In other words, industrialization and deindustrialization have a positive influence on CO<sub>2</sub> emissions from the manufacturing sector in the long run. Therefore, it is crucial that Congolese authorities encourage the development of a clean technology manufacturing industry.

**Keywords:** Industrialization; Deindustrialization; Climate change; NARDL; Republic of Congo

## Introduction

Depuis la révolution industrielle débutée en 1750, les activités humaines et économiques sont considérées comme l'introduction du changement climatique actuel. En effet, l'augmentation des émissions de CO<sub>2</sub> est relativement plus importante qu'au début de l'industrialisation où, ces émissions de CO<sub>2</sub> ont atteint plus de 409,8 parties par millions (ppm) en 2019, ce qui est plus important par rapport à ce que le monde a connu durant plus de 800 000 ans (Farhan, et al., 2022 ; Lindsey 2020). Dans le même temps, le déclenchement climatique d'origine humaine à entraîner une augmentation de la température globale sur une courte période à hauteur de 12°C. Or, l'industrialisation est définie comme l'introduction de plus en plus poussée de machine dans la production industrielle, une étude des machines et des techniques et une main d'œuvre industrielle spécialisée (Palma, 2005 ; Tregenna, 2005).

Toutefois, en matière des modifications des températures moyennes au niveau mondial, on constate qu'au cours de la période interglaciaire, elles ont augmenté de façon lente en atteignant 13,8°C. Depuis 1880, elles ont augmenté de 0,6° degré pour atteindre 14,4°C en 2015. Il faut signaler que le taux de réchauffement est à peu près 50 fois plus rapide que le taux de réchauffement au cours des 21 000 années précédentes (Scotese, 2016). Dès lors, en reconnaissant que l'industrialisation est capitale pour la croissance économique, mais il n'en demeure pas moins, qu'elle puisse avoir des effets négatifs sur la qualité de la vie humaine et sur le changement climatique. Puisque, la croissance industrielle rapide impacte globalement tout le réseau biologique et les composants du système naturel tels que : l'eau, l'air, le sol et l'écosystème environnant (Ahmed, et al., 2021).

Pendant la pandémie mondiale de COVID-19 qui a frappée toutes les économies des pays du monde, il a été observé qu'il y a une réduction significative des émissions de gaz à effet de serre à hauteur de 17 % au mois d'avril 2020 par rapport à avril 2019, mais cette diminution n'a été que temporaire, car il a été constaté qu'après la levée de certaines mesures de confinement, cette tendance à la hausse des émissions est évidente en la Chine et l'Inde. Cependant, il est constaté au dernier maximum glaciaire, une température moyenne du globe autour de 12°C. Alors qu'elle a augmenté de façon lente au cours de la période interglaciaire suivante pour atteindre 13,8°C. Il faut dire que depuis le 18<sup>e</sup> siècle elle a encore augmenté en 2015 de 0,6° degré pour atteindre 14,4°C. Cette augmentation a entraîné un réchauffement climatique qui est à peu près 50 fois plus rapide que le taux de de réchauffement au cours des 21 000 années précédentes (Scotese, 2016).

Du point de vue théorique, la relation entre l'industrialisation et le changement climatique a fait l'objet d'une controverse qui tourne autour de deux modèles différents. En premier lieu, il y a le modèle linéaire qui a beaucoup servi pour le développement depuis la nuit de temps et qui rencontre plusieurs limites importantes avec comme corollaire les impacts environnementaux, les questions d'épuisement des ressources, pollution de l'air etc. (Collard, 2020 ; Géronimi & Schembri, 2002 ; Copeland & Taylor, 1994). En second lieu, le modèle d'économie circulaire qui est une idée de transition pour un modèle économique et industriel qui vise à maintenir les produits, leurs composants et leurs matériaux en circulation le plus longtemps possible s'opposent au premier en s'appuyant sur la réutilisation, le recyclage et la valorisation énergétique (Kuznets, 1951 ; Porter, 1991 ; Mohr, 2002).

En Afrique, depuis l'accession aux indépendances, la plupart des pays en développement, en particulier ceux d'Afrique francophone vont orienter leurs politiques au soutien des industries locales tout en appliquant pendant plus de 20 ans la politique de substitution des importations. A cet effet, à partir des années 1985, on va constater la signature des Programmes d'Ajustement Structurel (P.A.S) entre la majorité des Etats africains, le FMI et la Banque mondiale dans le but d'ouvrir leurs économies à la concurrence sans définir les grandes orientations des politiques industrielles en relation avec la réductions des émissions de GES (Soludo, et al., 2004). Récemment par exemple, Bellouq (2023) a évalué les impacts économiques des risques industriels majeurs sur l'activité économique d'une entreprise industrielle marocaine où généralement ces entreprises industrielles sont moins intéressées par la prévention des risques pour lesquels elles ont souscrit une couverture d'assurance (Marsden, 2014). Sans oublier que les problèmes environnementaux tels que le changement climatique représente aujourd'hui un enjeu majeur pour leur développement.

Atangana Ondo (2018) a montré dans son analyse qu'en termes de valeur absolue créée par le secteur industriel et parmi les pays d'Afrique centrale, le Congo enregistre une valeur ajoutée de plus de 8 439,1 millions USD. Il est placé devant les pays comme la République Démocratique du Congo (RDC) et le Cameroun se situant respectivement de 8 068,7 millions USD 7 335,6 millions USD. En ce qui concerne le secteur manufacturier, la République du Congo se trouve parmi les pays ayant les industries manufacturières plus dynamiques des pays d'Afrique francophone avec la Côte d'Ivoire et le Cameroun. Dès lors, si les industries extractives et minières sont celles qui créent le plus de valeur ajoutée (40,03 %) du secteur secondaire en République du Congo. Elles sont suivies par les services (38,76 %) et des industries manufacturières de (10 %), alors que les émissions de GES sont à hauteur seulement

de 3.51 % pour le secteur manufacturier (WDI, 2021). Toutes ces analyses intègrent la problématique de cet article qui se résume à la question suivante : quelle relation existe-il entre l'industrialisation et le changement climatique en République du Congo ? Ainsi, analyser la nature de la relation entre l'industrialisation et le changement climatique est intéressant à plus d'un titre dans cet article. Brièvement, au regard de la dynamique du secteur manufacturier qui évolue crescendo, il est soutenu que l'industrialisation augmente les émissions du CO<sub>2</sub>, alors que la désindustrialisation diminue les émissions du CO<sub>2</sub> en République du Congo.

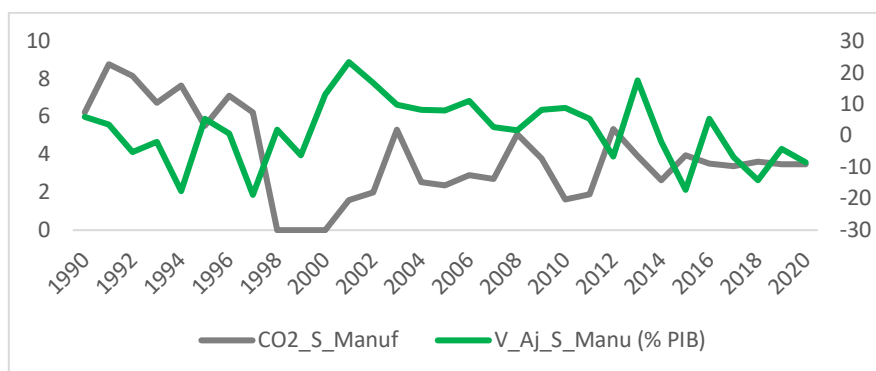
La méthodologie adoptée dans cette étude est la technique ARDL non-linéaire (NARDL) par le faite qu'elle met en évidence les effets asymétriques dus aux chocs positifs et négatifs élargissant ainsi la version du modèle ARDL linéaire. Ainsi, dans la suite de cet article : la présentation de la situation du secteur manufacturier et le changement climatique constitue la première section ; la revue de la littérature est développé dans la deuxième section ; quant à la troisième section, la méthodologie est examinée ; la présentation et interprétation des résultats font l'objet de la quatrième section et enfin, la cinquième section porte sur la conclusion et implications de politique économique.

### **1. Bref aperçu de la situation industrialisation et changement climatique en République du Congo**

Au cours de ces deux dernières décennies que la part du secteur manufacturier des pays en développement est relativement en baisse. Or, cette procédure de basculement ou de disparition des industries manufacturières est qualifiée de désindustrialisation définie comme étant la réduction de la part de l'industrie manufacturière dans l'emploi total ou encore comme une baisse de la part de l'industrie manufacturière dans le PIB et l'emploi (Tregenna, 2005). Ce même concept est défini également de désindustrialisation prématurée qui commence à un niveau inférieur de revenu par habitant ou un niveau faible de la part du secteur industriel dans le PIB (Rodrik, 2016). Par contre, le changement climatique est qualifié comme un phénomène complexe à cause de la mesure du réchauffement climatique global qui a augmenté d'environ de +1°C depuis la moitié du 19<sup>e</sup> siècle. D'après le GIEC (2021) et Nordhaus (2019) ce changement climatique est définit comme étant un phénomène qui se caractérise par la montée des températures moyennes des eaux, une modification des régimes de précipitations, une augmentation de la probabilité d'événements extrêmes (tempêtes tropicales, ouragans etc.) et des gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère sur plusieurs années à l'échelle mondiale.

En République du Congo, le tissu industriel reste encore peu développé malgré les politiques industrielles mises en place et depuis son accession à l'indépendance en 1960. En effet, il sied de signaler que même si les différents programmes de développement en passant par les Documents Stratégiques de Réduction de la Pauvreté (DSRP 2008-20210 et 2010-2012) aux Programmes Nationaux de Développement (PND 2018-2022 et 2022-2026) ont mis une priorité sur le développement du secteur industriel avec la création des zones économiques spéciales, cependant, ce dernier n'a toujours pas pris son rôle de moteur de l'économie jusqu'à maintenant. Pour cela, depuis 2014, les principales industries de l'économie congolaise sont : extraction de pétrole, ciment, bois de construction, brassage, sucre, huile de palme, savon, farine, cigarettes (PND, 2022). Par ailleurs, les émissions de CO<sub>2</sub> du secteur manufacturier constamment en baisse sont représentées avec la valeur ajoutée du secteur dans le graphique 1 ci-dessous :

**Graphique N°1 : Evolution couplée des émissions de CO<sub>2</sub> et la valeur ajoutée du secteur manufacturier**



Source : Auteur à partir des données de la Banque mondiale

D'après le graphique 1 ci-dessus, il est possible de constater une évolution irrégulière de la relation entre l'industrialisation et les émissions de CO<sub>2</sub> dans le secteur manufacturier. Cette évolution montre une corrélation négative, ce qui signifie que lorsque la valeur ajoutée du secteur manufacturier augmente, les émissions de gaz à effet de serre diminuent. Toutefois, deux grandes phases remarquables peuvent être identifiées pour ces évolutions entre 1990 et 1996, puis entre 1998 et 2020.

Durant la première période, on remarque une corrélation positive entre ces deux phénomènes. Les émissions de CO<sub>2</sub> ainsi que la valeur ajoutée connaissent une baisse respective de 6,23 % à 2,04 % et de 8,82 % à 1,6 %. Dans la deuxième phase, on observe une relation fluctuante en dents de scie entre les émissions de CO<sub>2</sub> et le processus d'industrialisation au fil du temps. Lorsque la valeur ajoutée du secteur manufacturier augmente, les émissions de CO<sub>2</sub> ont

tendance à diminuer jusqu'à aujourd'hui. Par exemple, en 2012, les émissions de CO<sub>2</sub> représentaient 5,33 %, tandis que la valeur ajoutée était de 4,3 %. En 2014, lorsque les émissions ont chuté à 2,65 %, la valeur ajoutée a atteint 17,82 %.

Dans cette partie, on peut observer une corrélation positive au début de la première grande tendance, puis une corrélation négative en dents de scie dans la seconde grande tendance entre l'industrialisation et le changement climatique. Cela soulève la question d'une possible relation symétrique ou asymétrique entre l'industrialisation et le changement climatique, qui pourrait être vérifiée.

## **2. La littérature théorique et empirique entre l'industrialisation et le changement climatique**

Dans la littérature économique, la relation entre l'industrialisation et le changement climatique a fait l'objet de controverse aussi bien sur le plan théorique que sur le plan empirique.

Au plan théorique, le débat va se faire suivant deux modèles. Il y a d'une part, un modèle linéaire dont l'industrialisation ne constitue pas un moyen de résilience au changement climatique par le fait qu'il soit un schéma portant sur : extraction ou récolte des ressources, fabrication et assemblage des biens, distribution et utilisation, et, enfin, production de déchets. D'autre part, il y a un modèle circulaire qui montre que l'industrialisation peut s'orienter vers un maintien de toute la chaîne de production des biens de la nature en circulation le plus longtemps possible avec des émissions de carbone nuls (Collard, 2020).

Le modèle linéaire est défendu par la théorie de Dumping environnemental où on soupçonne dans les pays en développement une moindre exigence des normes environnementales dans un contexte de forte concurrence pour pouvoir attirer les industries (Géronimi & Schembri, 2002). Il en est de même pour l'hypothèse de havre de pollution ou hypothèse de paradis de la pollution où l'association entre la mondialisation et la dégradation de l'environnement renvoie à la notion selon laquelle certaines juridictions peuvent devenir des paradis de la pollution lorsque des industries polluantes se délocalisent ou se développent en réponse à des différences de rigueur réglementaire (Copeland & Taylor, 1994). En effet, le développement industriel à des conséquences néfastes sur la dégradation environnementale à cause de la concurrence et des normes environnementales moins contraignantes, permettant aux entreprises de chercher à s'implanter dans les pays où les réglementations environnementales sont moins respectueuses. Cependant, sa principale limite est l'hypothèse implicite que les firmes sont homogènes en termes de responsabilité environnementale. De même, cette hypothèse qui établit également que les entreprises multinationales délocalisées dans les pays faiblement développés avec des



produits à forte intensité de pollution en raison de politiques réglementaires environnementales favorables renvoient des bénéfices importants dans leur pays d'origine. Ce qui a permis Cole (2004) et Temurshoev (2006) de conclure que les pays développés bénéficient d'un taux de croissance élevé aux dépens de la mauvaise qualité de l'environnement dans les pays pauvres. Par contre, le modèle circulaire est occulté par la théorie de la Courbe de Kuznets Environnementale (CEK) qui soutient que le développement industriel est capable de créer les conditions nécessaires pour une économie verte à partir de la diffusion de la technologie (Kuznets, 1951). En complément de la théorie de la CEK, la théorie de Porter (Porter, 1991) affirme qu'une réglementation environnementale stricte, mais bien conçue, peut apporter des avantages tant sociaux que privés aux entreprises concernées. En effet, ces réglementations peuvent permettre de réduire les dommages environnementaux tout en offrant des opportunités économiques aux entreprises qui s'y conforment. Cette potentielle hypothèse de Porter permet de signaler d'une part, qu'obtenir le résultat allons dans le sens de cette hypothèse n'est pas évident et requiert toujours la présence non seulement de l'externalité environnementale, mais également une source de distorsion avec les problèmes d'asymétrie d'information, du pouvoir de marché et d'externalité positive en R&D d'autre part. Dans cette même optique, Mohr (2002) va à travers un modèle incluant des gains de productivité liés à l'apprentissage (learning-by-doing) soutenir les arguments de Porter. Au niveau des industries, la productivité d'une technologie dans son modèle dépend de l'expérience totale accumulée. En d'autres termes, l'utilisation de cette technologie par la plupart des entreprises leur permet de bénéficier d'une expérience personnalisée ainsi que de l'expérience collective des autres utilisateurs, ce qui signifie que la productivité de la technologie va dépendre de l'historique de production globale. Dans ce contexte, adopter une nouvelle technologie, qui peut être plus écologique, implique de commencer avec un niveau d'expérience inférieur à celui de ses concurrents. Sans RE, l'adoption de la nouvelle technologie risque d'être retardée, voire même de ne jamais se produire, même si elle est nettement plus productive que la technologie existante avec une expérience similaire.

En ce qui concerne les différents travaux empiriques développés, on constate que les analyses de la relation entre l'industrialisation et le changement climatique partent du modèle de STIRPAT sur les impacts stochastiques à partir d'une régression de la croissance de la population faisant appel au rôle de la technologie dans la réduction des émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) qui va constituer un point de départ des études liant l'industrialisation et le changement climatique (Nkaya, 1990 ; Dietz & Rosa, 1997). On va avoir d'un côté, les travaux



qui mettent en avant les effets positifs de l'industrialisation sur le changement climatique et de l'autre ceux qui trouvent plutôt les effets négatifs de celle-ci sur le changement climatique.

En considérant le lien entre l'industrialisation et les émissions de CO<sub>2</sub>, il existe de nombreux travaux qui mettent en évidence les effets positifs de l'industrialisation sur le changement climatique. Anwar, et al. (2019) étudient l'industrialisation des pays partenaires des économies de la Ceinture et de la Route des pays partenaires des économies de Belt and Road. L'étude note la causalité unidirectionnelle entre l'industrialisation et l'émission de CO<sub>2</sub>. Les auteurs insistent sur les politiques respectueuses de l'environnement. Sur la base de données provenant d'économies développées, Dong, et al. (2019) ont expliqué que les émissions de carbone les plus élevées se trouvent dans certaines économies développées en raison de l'industrialisation. Par conséquent, cela implique que l'industrialisation a un effet similaire sur les émissions de carbone dans le monde. Tandis que Brunnermeier & Levinson (2004) utilisent des données de panel avec les variables instrumentales pour contrôler l'endogénéité, trouvent des effets de refuge de pollution statistiquement significatifs d'une ampleur raisonnable pour les entreprises délocalisées dans les pays où les gouvernements fixent délibérément des réglementations environnementales sous-optimales. Par ailleurs, Ahmed, et al. (2012) estiment la relation entre l'industrialisation et l'émission de CO<sub>2</sub> au Pakistan pour la période 1971-2008. Leurs résultats suggèrent que l'augmentation de l'industrialisation entraîne une augmentation des émissions de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère provoquant en outre un déclin des normes environnementales. Récemment, Ullah, et al. (2020) montre dans cette ère moderne que la pollution environnementale est le plus grand problème lié à l'industrialisation. Cette étude tente d'assurer la relation entre l'industrialisation et les émissions de CO<sub>2</sub> au Pakistan pour la période 1980-2018 en utilisant un modèle ARDL non linéaire tout en examinant si le résultat de l'industrialisation sur les émissions de CO<sub>2</sub> est symétrique ou asymétrique pour le Pakistan qui est l'un des principaux émetteur de CO<sub>2</sub> en Asie du Sud, puisque les émissions étaient de 0,82 million de tonnes en 2018. Ils trouvent dans leur résultat que l'industrialisation augmente les émissions et la désindustrialisation les diminue, à court comme à long terme. Tout comme les travaux de Farhan, et al. (2022) qui signale que la dégradation de l'environnement a été la principale détresse de ces dernières années en raison de l'effet drastique du changement climatique pour pouvoir déterminer les effets de l'industrialisation sur les émissions de CO<sub>2</sub>. Cette étude applique un modèle ARDL (autoregressive distributed lag) sur les données de panel d'un échantillon de 55 pays de la région Asie-Pacifique de 1995 à 2020. Les auteurs ont montré que l'industrialisation a un effet positif et significatif sur l'augmentation des émissions de CO<sub>2</sub>.

Toutefois, l'ampleur de cet impact est modérée tout en indiquant que dans la région Asie-Pacifique, l'hypothèse du paradis de la pollution (PH) est mise en évidence.

Par contre, il existe plusieurs recherches qui montrent que, contrairement aux effets positifs, certaines études trouvent plutôt les effets négatifs de l'industrialisation sur le changement climatique. Parmi ces études, il y a Roe, et al. (2001) sur la base de plus de 200 pays et cinq régions, en comparant les estimations sectorielles "ascendantes" avec les modèles d'évaluation intégrée (MEI) montrent qu'en aidant les pays à surmonter certains obstacles de développement, il est possible d'obtenir des quantités importantes d'atténuation à court terme et à faible coût, tout en réalisant localement d'importants avantages en matière d'adaptation au climat et de développement. Bjorner, et al. (2004) ont utilisé un modèle logit mixte pour évaluer les effets de la relation entre l'environnement et le choix des consommateurs. Leur étude a révélé que les consommateurs étaient prêts à payer un peu plus pour des produits ayant un impact environnemental moindre, ce qui en fait une alternative séduisante aux moyens classiques de réglementation environnementale, tels que les permis et les taxes carbone. C'est le cas également des travaux de Zhu, et al. (2012) qui ont examiné le lien entre l'urbanisation et les émissions de CO<sub>2</sub> en utilisant l'échantillon de vingt nations émergentes au cours de la période 1992-2008 ; ils ont constaté dans leur étude qu'il existe une relation non linéaire entre eux au lieu d'un modèle en U inversé. Cependant, Shahbaz, et al. (2014) expliquent que l'augmentation de l'industrialisation entraînera une dégradation de l'environnement dans un premier temps, mais qu'après un certain temps, l'industrialisation améliorera la qualité de l'environnement au Bangladesh pour la période 1975-2010. En outre, la relation entre la valeur ajoutée agricole et la qualité de l'environnement n'a pas été correctement établie. Toutefois, Wen, et al. (2015) ont montré que le développement de l'industrie de l'acier et du fer augmente les émissions de CO<sub>2</sub> à court terme, tout en les réduisant à long terme grâce à l'amélioration de la technologie de l'énergie. D'autres travaux en accord avec les conclusions de Zafar, et al. (2020) qui expliquent que l'intensité de la relation entre industrialisation et dégradation de l'environnement varie selon les régions. Youssef (2017) va étudier empiriquement la relation entre l'activité économique, la valeur ajoutée de l'agriculture, la consommation d'énergie renouvelable et l'émission de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère pour le cas des régions d'Afrique du Nord. Les résultats de leurs estimations révèlent la relation négative entre la valeur ajoutée agricole et l'émission de CO<sub>2</sub> à long terme. De même pour Mentel, et al. (2022) qui ont exploré la relation entre la valeur ajoutée de l'industrie, les énergies renouvelables et les émissions de CO<sub>2</sub> dans un échantillon de 44 pays d'Afrique sub-saharienne sur la période 2000-2015. Ces auteurs en utilisant un estimateur GMM

en système en deux étapes trouvent que la production d'énergies renouvelables réduit les émissions de CO<sub>2</sub>.

En résumé, les différentes théories et travaux empiriques développés sont loin de faire l'objet d'un consensus, d'autant plus que, ces théories et travaux sont peu nombreux sur la relation industrialisation et changement climatique. Parmi ces éléments peu abondant et éparpillé de la littérature, on remarque dans une grande partie de la littérature empirique, beaucoup d'études qui analyse plus la relation linéaire et peu sont celles qui regardent les relations non linéaires dans ce domaine en général, et en particulier en République du Congo. Une autre faiblesse de ces études est qu'elles examinent la relation entre le changement climatique de façon globale en utilisant les émissions de CO<sub>2</sub> de façon globale sans tenir compte d'un secteur spécifique.

### 3. Méthodologie :

#### 3.1. Le modèle théorique et processus d'estimations

Ce travail a pour objectif d'analyser les effets l'industrialisation sur le changement climatique en République du Congo. Pour réaliser cet objectif, nous partons du modèle de Dietz & Rosa (1997) sous une identité simple puis stochastique. Ce modèle est le prolongement du modèle IPAT/STIRPAT sous la forme multiplicative de l'identité comptable développé à l'origine par Ehrlich & Holden en 1971 pour tenter d'expliquer la dynamique de l'impact environnemental, de la population et d'autres secteurs de l'économie. Le modèle IPAT suppose que la dégradation de l'environnement (I) est équivalente à la production de la population (P), de la richesse (A) et de la technologie (T). Où, I, représente un indicateur de la qualité environnementale ; P, la Population totale ou soit la main d'œuvre dans notre cas ; A et T, respectivement la vulnérabilité économique dont la population est dépendante aux ressources naturelles et la technologie. Ainsi, le modèle IPAT peut être réécrit de la manière suivante :  $I = P^\theta . A^{\psi_1} . T^{\psi_2}$  (1)

Où,  $\theta$ ,  $\psi_1$  et  $\psi_2$  représentent respectivement les élasticités pour la population totale, la dépendance aux ressources et la technologie. De ce fait, en suivant Nkaya (1990) ; Dietz & Rosa (1997) et Aguir Bargaoui, et al. (2014) qui ont élargi ce modèle IPAT, en ajoutant un certain nombre de variables tel que : Intensité de l'énergie et la dépendance en ressource fossile en lieu et place de la technologie.

Alors, dans le cadre de ce travail, la dépendance en ressource fossile et intensité de l'énergie vont être remplacé, après manipulation du modèle IPAT par un produit X composé de la vulnérabilité économique du pays (Vuln\_éco) et de la valeur ajoutée manufacturière (*Ind\_man*). Ainsi, l'équation (1) devient  $I = P^\theta . A^{\psi_1} . X^{\psi_2} \mu_t$ , (2)

avec  $\mu_t$  le terme de l'erreur du modèle.

Nous posons  $I=CO_2\_Man$  ;  $P=Mo\_Agr\_Serv$  est l'indicateur technologique pour pouvoir atténuer les émissions de  $CO_2$ , A la valeur ajoutée manufacturière ( $Ind\_man$ ) et  $(X_{ij}) = Vuln\_éco$ . Ce qui permet de réécrire l'équation (2) avec une constante de la manière suivante :

$$CO_2\_Man_t = \varphi_0 \cdot Mo\_Agr\_Serv_t^\theta \cdot Ind\_man_t^{\psi_1} \cdot Vuln\_éco_t^{\psi_2} \cdot \mu_t \quad (3)$$

D'après la forme empirique qui inclut ainsi, la constante et le terme erreur, l'équation (3) sera linéarisé sous la forme semi logarithmique. Ainsi, l'équation (3) devient :

$$CO_2\_Man_t = \ln\varphi_0 + \theta \ln Mo\_Agr\_Serv_t + \psi_1 \ln Ind\_man_t + \psi_2 \ln Vuln\_éco_t + \ln\mu_t \quad (4)$$

Avec :  $t$  le temps,  $\ln\varphi_0 = \varphi_0$  la constante et  $\ln\mu_t = \varepsilon_t$  le terme erreur.

$CO_2\_Man$  : est la variable dépendante qui capte la dégradation de l'environnement à la période  $t$ . Ce  $CO_2$  constitue les principales émissions de  $CO_2$  émises par le secteur manufacturier et, est importante dans cette étude surtout pour la République du Congo qui est l'un des pays en développement vue également son rôle dans la conservation des forêts au sein de la COMIFAC à travers plusieurs conférences au niveau mondial. Cette variable est utilisée ici suivant Aguir Bargaoui, et al. (2014) pour les émissions de  $CO_2$  en kilo tonne dans 214 pays de plusieurs régions du monde.

La valeur ajoutée manufacturière est souvent évoquée dans la majorité des travaux environnementaux, comme une des variables industrielles ayant plusieurs conséquences sur la dégradation environnementale. Dans cet article, cette variable est utilisée suivant Mentel, et al. (2022) qui avait exploré la valeur ajoutée de l'industrie pour capter l'industrialisation. En attends à ce que son signe soit négatif pouvoir réduire les émissions de  $CO_2$  dans l'atmosphère. De cette variable purement industrielle, nous ajoutons une variable vulnérabilité économique du pays dont peu de travaux font appellent à cette dernière variable. Sur cette variable, le signe attendu est positif pour dire que plus le pays est vulnérable économiquement, plus il y aura pression sur l'exploitation des ressources naturelles causant ainsi la dégradation de l'environnement. La main d'œuvre des secteurs agricole et services est souvent évoquée par plusieurs théoriciens de l'économie de l'environnement à travers le concept de capital humain dans les modèles de types Cobb-Douglass (Solow, 1956), ainsi que dans les domaines des sciences sociales. Elle doit être affectée par un signe négatif.

D'où notre équation à des fins d'estimation est spécifiquement définie de la manière suivante :

$$CO_2\_Man_t = \varphi_0 + \theta \ln Mo\_Agr\_Serv_t + \psi_1 \ln Ind\_man_t + \psi_2 \ln Vuln\_éco_t + \varepsilon_t \quad (5)$$

### 3.2. Technique d'estimation

Dans le cadre de cet article, l'objectif visé est de vérifier si la relation entre l'industrialisation et les émissions de  $CO_2$  est symétrique ou asymétrique. A cet effet, il est adopté la technique

ARDL non-linéaire de Shin, et al. (2014) à partir d'un échantillon comprenant trente-une (31) observations pour une période allant de 1990 à 2020, car elle met en évidence les effets asymétriques dus aux chocs positifs et négatifs élargissant ainsi la version du modèle ARDL linéaire.

Ainsi, dans ce contexte, en adoptant la technique ARDL<sup>1</sup> qui inclut déjà l'ensemble du processus selon la proposition de Pesaran et al. (2001), et qui est définie par l'équation (5), on obtient la spécification suivante :

$$\begin{aligned} \Delta CO_2\_Man_t = & \phi_0 + \sum_{n=0}^q \phi_1 \Delta CO_2\_Man_{t-z} + \sum_{n=0}^q \phi_2 \Delta lnInd\_man_{t-z} + \\ & \sum_{n=0}^q \phi_3 \Delta Mo\_Agr\_Serv_{t-z} + \sum_{n=0}^q \phi_4 \Delta Vuln\_éco_{t-z} + \psi_1 CO_2\_Man_{t-1} + \\ & \psi_2 lnInd\_man_{t-1} + \psi_3 Mo\_Agr\_Serv_{t-1} + \psi_4 Vuln\_éco_{t-1} + \mu_t \end{aligned} \quad (6)$$

Dans cette équation (6), les coefficients  $\phi_1$  à  $\phi_4$  attachés aux variables représentent les effets de court terme avec  $\Delta$  l'opérateur de différence première, tandis que  $\psi_1$  à  $\psi_4$  sont les coefficients de long terme et  $\mu_t$  est le terme d'erreur.

Par la suite, dans cet article, pour pouvoir analyser le lien symétrique ou asymétrique de l'industrialisation et le changement climatique approché par les émissions de CO<sub>2</sub>. Nous adoptons la méthode NARDL qui a été utilisée par de nombreux chercheurs en économie de l'environnement, comme Munir & Riaz (2019) ou Rahman & Ahmad (2019). Cette technique est peu utilisée, mais tout de même proche de la réalité pour les études de la relation entre l'industrialisation et les émissions de CO<sub>2</sub> dans le cas de la République du Congo. A cet effet, pour introduire les effets asymétriques, nous suivons Shin, et al. (2014) en décomposant l'industrialisation en deux variables, l'une positive représente des chocs positifs ( $Ind\_man_t^+$ ), tandis que l'autre a des chocs négatifs ( $Ind\_man_t^-$ ).

A partir de cette équation (6), la forme du modèle est :

$$Ind\_man_t^+ = \sum_{i=1}^t Ind\_man_t^+ = \sum_{i=1}^t \max(\Delta Ind\_man_t^+, 0) \quad (7)$$

$$Ind\_man_t^- = \sum_{i=1}^t Ind\_man_t^- = \sum_{i=1}^t \max(\Delta Ind\_man_t^-, 0) \quad (8)$$

Ces deux équations (7) et (8) représentent deux variables à somme partielle. La spécification (9) est un autre modèle de correction d'erreur qui est considéré comme un NARDL. Ainsi, pour introduire ces deux équations non linéaires, il nous suffit de remplacer les deux variables à somme partielle à savoir  $Ind\_man_t^+$  et  $Ind\_man_t^-$  dans l'équation (6) :

<sup>1</sup> Voir Pesaran & Shin (1997) et Pesaran, et al. (2001) pour plus de détail sur la technique ARDL

$$\begin{aligned} \Delta CO_{2\_Man_t} = & \phi_0 + \sum_{n=0}^q \phi_1 \Delta CO_{2\_Man_{t-z}} + \sum_{n=0}^q \phi_2 \Delta Ind\_man_{t-z}^+ + \\ & \sum_{n=0}^q \phi_3 \Delta Ind\_man_{t-z}^- + \sum_{n=0}^q \phi_4 \Delta Mo\_Agr\_Serv_{t-z} + \sum_{n=0}^q \phi_5 \Delta Vuln\_éco_{t-z} + \\ & \psi_1 CO_{2\_Man_{t-1}} + \psi_2 Ind\_man_{t-1}^+ + \psi_3 Ind\_man_{t-1}^- + \psi_4 Mo\_Agr\_Serv_{t-1} + \\ & \psi_5 Vuln\_éco_{t-1} + \mu_t \end{aligned} \quad (9)$$

On peut à travers cette équation, calculer la statistique de Wald pour confirmer ou rejeter l'asymétrie de court et long terme respectivement par les formules suivantes :  $\sum \phi_2 = \sum \phi_3$  et  $(\psi_2/\psi_1) = (\psi_3/\psi_1)$ . Tout comme pour déterminer les décalages optimaux du modèle ARDL, par parcimonie. Il sera important d'appliquer les critères d'information (Akaike-AIC, Schwarz-SIC et Hannan-Quin).

### 3.3. Sources de données et analyses descriptives

Pour cette étude, nous avons utilisé les données de séries chronologiques sur une période allant de 1990 à 2020. Toutes les données utilisées sont extraites des bases de données de la Banque Mondiale 2021 disponible sur [www.databank.worldbank.org](http://www.databank.worldbank.org). La présentation de l'analyse des statistiques descriptives est donnée dans le tableau 1 ci-dessous.

**Tableau N°1 : Statistiques descriptives**

	CO <sub>2</sub> du secteur manufacturier	Valeur ajoutée manufacturière	Main d'œuvre des secteurs agricole et service	Indice de vulnérabilité économique
<b>Mean</b>	4,564968	6,782896	1445,283	26,22086
<b>Maximum</b>	8,823529	10,80372	1481,633	28,15000
<b>Minimum</b>	1,587302	3,476554	1371,777	24,20000
<b>Ecart-type</b>	2,061817	1,758061	34,48388	1,012617
<b>Stat-Jarque bera</b>	1,883820	1,128077	7,623038	1,294369
<b>Probabilité</b>	0,389883	0,568907	0,022115	0,523518
<b>Nombre observations</b>	31	31	31	31

Source : Auteur à partir des résultats obtenus sur Eviews

L'analyse descriptive des différentes variables en commençant par la variable changement climatique approximée par les émissions du CO<sub>2</sub> du secteur manufacturier montre qu'en moyenne les émissions du CO<sub>2</sub> émises par le secteur manufacturier est de 4 % du total de la consommation de l'énergie. En effet, pour cet indicateur, en dehors de la moyenne, il présente une valeur minimale de 1,58 % et maximale de 8,82 %. On a les variables explicatives tels que l'industrialisation, la main d'œuvre des secteurs agricoles et services ainsi que l'indice de vulnérabilité économique qui présentent les moyennes respectives de 6,78 % ; 1445 personnes et 26,22 % avec les valeurs minimales de 1,76 % ; 1372 personnes et 24,20 %, suivies des valeurs maximums de 3,48 % ; 1372 personnes et 28,15 %. En ce qui concerne les écart-types,



il ressort du tableau 1 que toutes ces variables ont une faible concentration autour de la moyenne. Autrement dit, toutes ces variables ont une forte dispersion autour de leurs moyennes. Hormis l'indice de vulnérabilité économique qui ne suit pas une loi normale, on peut conclure que la loi de probabilité qui caractérise cette variable converge vers une loi normale du fait de la taille de l'échantillon qui est de 31 observations bien au-delà de 30 observations. Toutefois, la lecture des probabilités associées aux statistiques de Jarque Bera indique que toutes les autres séries sont distribuées normalement.

### 3.4. Test de racine unitaire

Pour connaître si nos différentes séries sont stables dans la période allant de 1990 à 2020, nous avons recouru aux tests de racine unitaire. L'application de ces tests, a abouti aux résultats synthétisés dans le tableau 2 en annexes.

Le tableau 2 en annexes met en relief la synthèse des tests de stationnarité. On remarque que dans l'ensemble, les statistiques de toutes ces variables (CO<sub>2</sub> du secteur manufacturier, indice de vulnérabilité économique, valeur ajoutée manufacturière et main d'œuvre des secteurs agricoles et services) à savoir les statistiques ADF, PP et KPSS sont inférieures aux statistiques critiques des différents tests. Et, que parmi ces variables, il y a celles qui sont intégrées d'ordre zéro I(0) et un I(1). Alors on peut conclure qu'il se peut qu'il existe une relation de long terme. D'où, le test de cointégration (bounds test) est présenté dans le tableau 3 ci-dessous :

**Tableau N°3: Bounds test**

<i>NARDL Bounds test</i>		
Test statistique	Valeur	K
F-statistique	7,909	4
<i>Les valeurs critiques bounds</i>		
Signification	Borne I0	Borne I1
10%	2,2	3,09
5%	2,56	3,49
2.5%	2,88	3,87
1%	3,29	4,37

Source : Auteur à partir d'Eviews

*Les seuils de significativité retenus sont respectivement de 1% (\*\*\*), 5% (\*\*) et 10 % (\*)*

Les résultats consignés dans le tableau 3 font référence à Narayan (2005) qui énonce les valeurs critiques asymptotiques prises comme des valeurs de référence. Les résultats de bounds test ci-dessus montrent que la statistique de Fisher (F=7,909) est supérieure à toutes les valeurs aux bornes inférieures et supérieures pour les seuils de significativité. C'est ainsi que l'hypothèse nulle de l'inexistence de la relation de long terme est rejetée, indiquant alors l'existence de la relation de cointégration entre les variables. De plus, le test F du NARDL est bien significatif statistiquement au seuil de 1 %.



## 4. Présentation et interprétation des résultats

### 4.1. Présentation des résultats

Dans cette sous-section, il est présenté les résultats de court et long terme à travers les tableaux 4 et le nombre de retard optimal. Les graphiques du test de CUSUM et NARDL Multiplicateur graphique vont faire également l'objet de présentation dans la suite.

**Tableau N°4: Résultat de court terme du modèle NARDL**  
***NARDL (1, 1, 2, 2, 2)***

<b>Résultats de court terme</b>			
Variable endogène : Emissions du Co <sub>2</sub> Secteur manufacturier			
Variables exogènes	<b>Coefficients</b>	<b>T-stat</b>	<b>P-value</b>
$\Delta$ (Valeur ajoutée des industries manufacturières positive)	0,072	0,082	0,858
$\Delta$ (Valeur ajoutée des industries manufacturières positive) <sub>t-1</sub>	-1,374***	-3,334	0,004
$\Delta$ (Valeur ajoutée des industries manufacturières négative)	-0,080	-0,229	0,821
$\Delta$ (Valeur ajoutée des industries manufacturières négative) <sub>t-1</sub>	0,947**	-2,195	0,044
$\Delta$ (Main d'œuvre des secteurs service et agricole)	-0,052**	-2,839	0,012
$\Delta$ (Indicateur de vulnérabilité économique du Congo)	-0,839*	-1,821	0,088
$\Delta$ (Indicateur de vulnérabilité économique du Congo) <sub>t-1</sub>	0,669**	1,809	0,090
ECT <sub>t-1</sub>	-0,939***	-5,215	0,000
<b>Résultats de long terme</b>			
Valeur ajoutée des industries manufacturières positive	-0,440*	1,765	0,097
Valeur ajoutée des industries manufacturières négative	-0,694**	2,896	0,011
Main d'œuvre des secteurs service et agricole	-0,035*	1,756	0,099
Indicateur de vulnérabilité économique du Congo	-1,746**	-2,906	0,031
Constante	1,829	0,082	0,935
R <sup>2</sup>	<b>0,82</b>		
LM test	<b>8,360*</b>		<b>0,07</b>
Test de Wald	<b>-2,711***</b>		<b>0,002</b>
Nombre d'observations	31	31	31

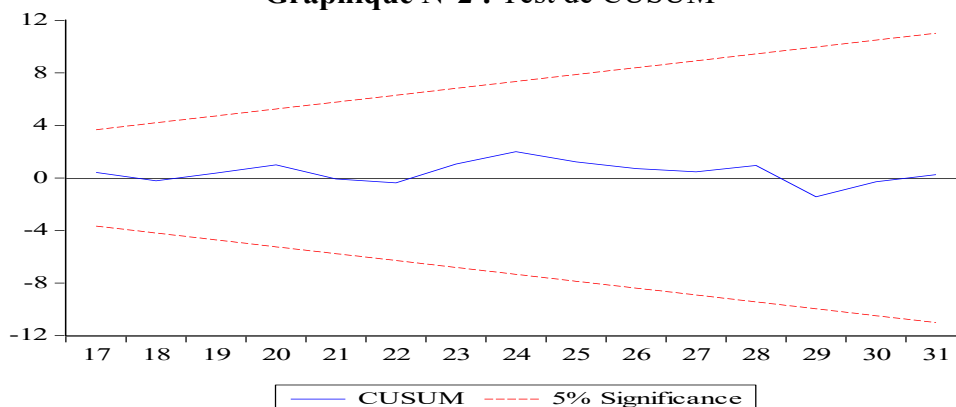
Source : Auteur à partir d'Eviews

*Les seuils de significativité retenus sont respectivement de 1% (\*\*\*), 5% (\*\*) et 10 % (\*)*

Pour ce qui est du nombre de retard optimal, pour expliquer le changement climatique par rapport aux valeurs passées et aux valeurs présentes de l'industrialisation ainsi qu'aux deux autres variables explicatives (vulnérabilité économique et la main d'œuvre des secteurs agricole et services), nous nous sommes appuyés sur la technique NARDL. Après exécution du modèle, le logiciel donne un nombre optimal de retard égale à deux ( $p^*=2$ ). Il s'agit donc d'un VAR (2)

comme le nombre de retard optimal par l'utilisation de critère d'information d'Akaike (AIC). Toutefois, avant de procéder à l'analyse des résultats de nos estimations, il est important de commencer par une vérification des tests diagnostiques post-estimation permettant la validité du modèle non linéaire.

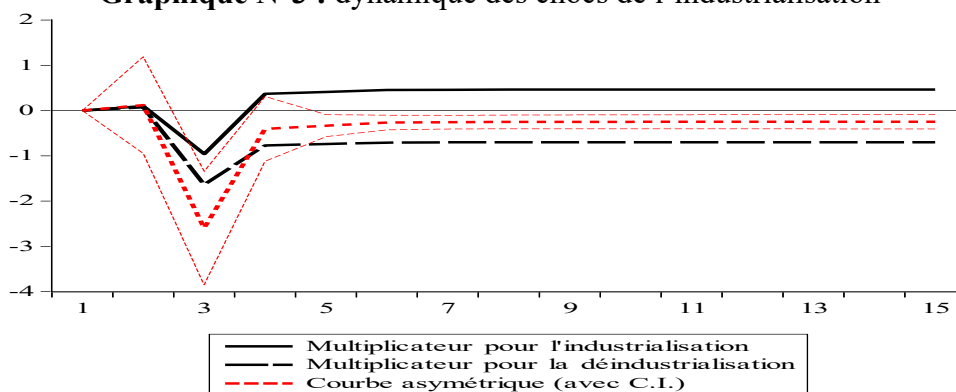
**Graphique N°2 : Test de CUSUM**



Source : Auteur à partir du logiciel Eviews

Le graphique de CUSUM indique que le modèle NARDL estimé (1, 1, 2, 2, 2) est stable. De tout ce qui précède, nous pouvons dire que le modèle est de bonne qualité et peut faire l'objet d'une discussion économique aux vues des résultats obtenus des autres tests post-estimation issus du tableau 4. Par ailleurs, il est nécessaire que soit présenté également ci-dessous, le graphique de NARDL multiplicateur ressortant la dynamique des chocs positif et négatif de l'industrialisation vis-à-vis du changement climatique.

**Graphique N°3 : dynamique des chocs de l'industrialisation**



Source : Auteur à partir du logiciel Eviews

#### 4.2. Interprétation des résultats :

Après avoir passé en revue dans la première sous-section les tests pré-estimation et le test de stabilité du modèle à travers le test de CUSUM ainsi que le NARDL multiplicateur, il y a d'autres tests post-estimation à savoir le test de Wald dans le tableau 4 qui rejette sous l'hypothèse nulle les effets symétriques à court terme, et accepte les effets asymétriques.

Cependant, il y a dans le long terme absence des effets asymétriques de l'industrialisation sur les émissions de CO<sub>2</sub>. On a également, le coefficient du terme de correction d'erreur (ECT) dénoté la vitesse d'ajustement des déviations à court terme vers l'équilibre de long terme que l'on appelle la force de rappel correspondant au résidu retardé. Il est obtenu de l'équation d'équilibre de long terme, et il explique que le degré auquel les émissions de CO<sub>2</sub> seront rappelées vers la cible de long terme est de -0,939 et significatif au seuil de 1 %. A cet effet, il sied signaler que les émissions de CO<sub>2</sub> se réajustent très rapidement vers son équilibre de long terme, avec un taux de 94 % chaque année dans le modèle ARDL (1, 1, 2, 2, 2). De plus, au regard de la statistique et de la significativité de LM test, il n'existe pas de problèmes d'autocorrélation des résidus. Ce qui permet de conclure que notre équation a été bien spécifiée et que les résultats peuvent s'apprêter à l'interprétation.

Le changement climatique est un problème complexe au regard de son ampleur, ses caractéristiques et mesures de ces GES le constituant. De ce fait, deux enseignements majeurs peuvent être tirés malgré qu'il soit plus manifeste dans le long terme, il n'en demeure pas moins qu'on rencontre quelques effets à court terme. A cet effet, l'interprétation des résultats des effets asymétriques et symétriques de l'industrialisation sur le changement climatique va se faire en deux volets. Au niveau du premier volet, les discussions portent sur le caractère inhibiteur de l'industrialisation orientée vers le secteur manufacturier en matière du changement climatique accompagné de l'amplification de ce dernier par la désindustrialisation à court terme. Alors que dans le deuxième volet, les analyses sont basées sur les capacités combinées d'industrialisation et de désindustrialisation de l'économie congolaise en matière de réduction des émissions de GES dans le long terme.

#### **4.2.1. A court terme, l'industrialisation orientée vers le secteur manufacturier est un moyen pour la réduction des émissions de GES en République du Congo.**

Les résultats consignés dans le tableau 3 sont issus d'un ARDL asymétrique permettant d'obtenir les chocs négatifs et positifs. Le choc positif signifie l'industrialisation, et le choc négatif signifie la désindustrialisation. Les estimations à court terme indiquent que le coefficient de l'industrialisation affectée du signe négatif et significatif au seuil de 1 % à l'instant t-1 baisse les émissions de CO<sub>2</sub>, alors que celui de la désindustrialisation à un signe positif et significatif au seuil de 5 % à la même période, ce qui signifie qu'elle augmente les émissions de CO<sub>2</sub>. A cet effet, une augmentation ou diminution de 1 point de l'industrialisation du secteur manufacturier augmente ou diminue les émissions de CO<sub>2</sub> respectivement de 0,137 % et 0,947

%. En revanche, il faut signaler qu'actuellement l'industrialisation et la désindustrialisation n'ont pas d'effets sur le changement climatique en République du Congo.

Les résultats obtenus par rapport à la littérature convoquée sont en accord avec les principes de l'économie circulaire, qui vise à transformer les modèles économiques et industriels en favorisant la réutilisation, le recyclage et la valorisation énergétique (Kuznets, 1951 ; Mohr, 2002). Ils sont également conformes avec les résultats obtenus par Mentel, et al. (2022) sur 44 pays d'Afrique subsaharienne où ils ont trouvé une relation négative entre l'industrialisation et le changement climatique. Tout comme les travaux de Shahbaz, et al. (2014) qui ont montré que dans la seconde phase de développement, l'industrialisation a amélioré la qualité de l'environnement. Par ailleurs, ces résultats sont contraires aux travaux de Farhan, et al. (2022) qui ont prouvé que l'industrialisation entraîne des problèmes environnementaux à partir d'un échantillon de 55 pays d'Asie-Pacifique.

Sur la base de ces travaux évoqués qui sous-tendent nos résultats, trois raisons possibles peuvent être avancées dans le contexte congolais : Premièrement, notre constat empirique révèle que l'industrialisation améliore positivement l'environnement, car la faible contribution du secteur des industries manufacturières à hauteur 10 % au PIB (PND, 2022) peut être considérée comme un signal fort pour le pays de revenir sur le développement des industries manufacturières adaptées aux problèmes du changement climatique actuel. Deuxièmement, la vulnérabilité de l'économie congolaise qui, depuis les PAS est rentrée dans une phase prématurée de désindustrialisation du secteur manufacturier en dépendant fortement des ressources pétrolières (secteur des industries extractives). Cette désindustrialisation n'ayant pas suivie les règles appropriées de la disparition des industries manufacturières, non plus respectueuse des normes environnementales ne peut en retour qu'avoir des conséquences néfastes sur la dégradation de l'environnement. La troisième raison en lien avec les effets positifs de la désindustrialisation est la dynamique du développement engagé par le pays depuis une vingtaine d'années accompagnées des activités des industries extractives très dominatrices en matière de rejet aux émissions de GES dans l'atmosphère, par exemple, le secteur industriel congolais, mise à part l'industrie pétrolière, est à présent très peu développé et contribue faiblement à la création des richesses (PND, 2022).

#### **4.2.2. A long terme, les chocs positifs et négatifs de l'industrialisation sont un moyen pour la réduction des émissions de GES en République du Congo.**

La lecture des résultats de long terme issus du tableau 3 ci-dessus montre que les coefficients de l'industrialisation et de la désindustrialisation ont tous les signes négatifs et significatifs au

seuil de 10 %. Ce qui signifie que les deux chocs baissent les émissions de CO<sub>2</sub>. A cet effet, une augmentation de 1 point de l'industrialisation et de la désindustrialisation du secteur manufacturier diminue respectivement les émissions de CO<sub>2</sub> de 0,44 % et 0,69 %. Ces résultats de long terme sont soutenus par les travaux de Mentel, et al. (2022) sur 44 pays d'Afrique subsaharienne où ils ont trouvé une relation négative entre l'industrialisation et le changement climatique et de Farhan, et al. (2022) qui ont prouvé à long terme que la désindustrialisation prématurée du Pakistan exerce une influence positive sur la réduction des émissions de CO<sub>2</sub>. Ces résultats sont également conformes à la théorie de Porter (Porter, 1991) qui explique qu'une Réglementations Environnementales (RE) stricte, mais bien pensée, peut engendrer non seulement des bénéfices sociaux (réduction des dommages environnementaux), mais également des bénéfices privés pour les firmes qui y sont soumises.

Cependant, ils sont justifiés par la CNUCED et ONUDI (2011) qui ont signalé que le secteur manufacturier est la branche d'activité industrielle qui offre les plus grandes opportunités en termes de croissance durable (CNUCED et ONUDI, 2011). Puisque, la croissance durable signifie non seulement faire face aux chocs exogènes, à la création d'emplois et à la réduction de la pauvreté, mais également une croissance qui intègre dans son processus le respect de la réglementation environnementale. De plus, l'association négative entre l'industrialisation et les émissions de CO<sub>2</sub> peut être dû non seulement à la désindustrialisation de la République du Congo, mais également de l'absorption de ces émissions de CO<sub>2</sub> par l'énorme couverture forestière que possède le pays avec plus de 243 millions d'hectares. Sans oublier, la crise économique de 2014 couplée à la crise sanitaire de ces trois dernières années très préjudiciable à l'industrialisation qui a connu des moments difficiles à cause des problèmes financiers, infrastructurels et structurels ayant conduit un certain nombre de propriétaires d'industries de se tourner vers d'autres secteurs, comme l'éducation et l'immobilier, tout en soulevant d'autres problèmes tels que : problèmes de sécurité et de risques élevés ainsi que celui de la dépendance excessive à l'égard des technologies étrangères.

### **Conclusion et implications de politique économique :**

Cet article visait à analyser la relation entre l'industrialisation et le changement climatique en République du Congo. Deux résultats clés, à court et à long terme, expliquent cette relation : premièrement, à court terme, l'industrialisation orientée vers le secteur manufacturier a des effets asymétriques sur le changement climatique ; deuxièmement, à long terme, les effets de l'industrialisation sur le changement climatique en République du Congo sont symétriques.

Les résultats obtenus dans cette étude sont généralement conformes à nos attentes dans le contexte congolais. Ils confirment l'hypothèse principale formulée dans cet article.

Cependant, l'analyse de la relation entre l'industrialisation et le changement climatique en République du Congo à l'aide du modèle ARDL non linéaire constitue une contribution importante. Cette analyse peut éclairer les autorités quant à la nécessité de continuer à accorder une attention accrue aux problèmes environnementaux, même si le pays n'est pas encore totalement industrialisé. Cette contribution est notable non seulement en raison de l'approche pluridisciplinaire (économie et environnement) adoptée dans cette étude, mais aussi du fait qu'elle se base uniquement sur les émissions de CO<sub>2</sub> du secteur manufacturier. De plus, bien que l'étude menée présente des résultats quelque peu encourageants, nous adoptons une approche prudente dans la discussion des résultats obtenus, car deux limitations pourraient potentiellement affecter l'exactitude de ces résultats. La première limitation concerne l'utilisation du modèle NARDL, qui ne nous a pas permis d'analyser cette relation à l'aide de données de panel. La deuxième limitation concerne l'absence de données microéconomiques sur le sujet, ainsi que la situation embryonnaire de l'économie congolaise.

Par conséquent, pour de futures recherches, il serait intéressant de mener une étude microéconomique ou comparative entre les pays développés et les pays en voie de développement, afin d'apporter davantage d'éclairage sur le sujet qui suscite des résultats divergents parmi les scientifiques. Enfin, il apparaît essentiel que les autorités congolaises encouragent le développement industriel du secteur manufacturier en se tournant vers des technologies propres, tout en favorisant une industrialisation à empreinte carbone nulle pour les industries extractives. Ceci permettrait d'harmoniser l'économie congolaise avec les principes de l'économie verte, qui conviendraient mieux à la République du Congo.

### **Références Bibliographiques**

- Aguir Bargaoui, S., Liouane, N., and Nouri, F. Z., (2014), Environmental Impact determinants: An empirical analysis based on the STIRPAT model, *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 109, pp. 449-458.
- Ahmed, F., Kousar, S., Pervaiz, A., Shabbir, A., (2021), *Do institutional quality and financial development affect sustainable economic growth? Evidence from South Asian countries*, Borsa Istanbul Review (In-Press).
- Ahmed, K., and Long, W., (2012), Environmental Kuznets curve and Pakistan: an empirical analysis. *Procedia Economics and Finance*, 1: pp. 4–13

- Anwar, A., Ahmad, N., Madni, G. R., (2019), Industrialization, Freight Transport and Environmental Quality: Evidence from Belt and Road Initiative Economies, *Environmental Science and Pollution Research*, pp. 1–18.
- Atangana Ondo, H., (2018), *les facteurs d'industrialisation en Afrique francophone subsaharienne*, Observatoire de la Francophonie Economique (OFE), Université de Montréal, Canada.
- Bellouq. C., (2023), Economic impacts of major industrial risks: Assessment of the probable annual loss of a Moroccan company», *Revue Internationale du chercheur*, 4(1): pp. 353-377.
- Bjorner, T.B., Hansen, L.G., Russell, C. S., (2004), Environmental Labeling and Consumers' Choice-An Empirical Analysis of the Effect of the Nordic Swan, *Journal of Environmental Economics and Management*, 47: pp. 411-434.
- Breteau, P., (2021), "Visualisez le réchauffement climatique en France et dans votre ville avec nos « rayures de réchauffement »", Décodeurs-Climat.
- Brunnermeier, S. B., and Levinson, A., (2004), Examining the evidence on environmental regulations and industry location, *Journal of Environment and Development* 13: pp. 6–41.
- CNUCED et ONUDI., (2011), *promouvoir le développement industriel en Afrique dans le nouvel environnement mondial*, rapport 2011 sur le développement économique en Afrique.
- Cole, M. A., (2004), Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve: examining the linkages, *Ecological economics*, 48(1): pp. 71–81.
- Collard, F., (2020), L'économie circulaire, *Courrier hebdomadaire du CRISP*, 10 n° 2455-2456, pp. 5-72.
- Copeland, B. R. and Taylor, M. S., (1994), North-South Trade and the Global Environment, *Quarterly Journal of Economics*, 109: pp. 755-787.
- Dietz, T and Rosa, Eugene, A., (1997), Effects of population and affluence on CO<sub>2</sub> emissions, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 94(1): pp. 175-179.
- Dong, F., Wang, Y., Su, B., Hua, Y., Zhang, Y., (2019), The process of peak CO<sub>2</sub> emissions in developed economies: a perspective of industrialization and urbanization, *Resources, Conservation & Recycling*, 141: pp. 61–75.
- Ehrlich P. R. and Holdren, J., (1971), Impact of population growth, *Science* 171, pp. 1212-1217.



- Farhan, A., Ali, I, Kousar, S., Ahmed, S., (2022), The environmental impact of industrialization and foreign direct investment: empirical evidence from Asia-Pacific region, *Environmental Science and Pollution Research*, 29: pp. 29778–29792.
- Géronimi, V., and Schembri, P., (2002), « IDE et technologies propres : la durabilité du développement s'applique-t-elle aux pays du sud ? » dans *développement durable : enjeux, regards et perspectives. Cahier du GEMDEV n° 28*.
- GIEC., (2021), *Changement climatique 2021: les éléments scientifiques*, Genève, le 9 Août 2021.
- Kaya, Y., (1990), *Impact of Carbon Dioxide Emission Control on GNP Growth: Interpretation of Proposed Scenarios*, Paper presented to the IPCC Energy and Industry Subgroup, Response Strategies Working Group, Paris.
- Kuznets, S., (1955), Economic Growth and Income Inequality, *The American Economic Review*, 45(1), pp. 1-28.
- Lindsey, R., (2020), *Climate Change: Atmospheric Carbon Dioxide*, Clamate.gov.
- Marsden, E., (2014), *Risk regulation, liability and insurance: literature review of their influence on safety management*. Cahiers de la Sécurité Industrielle 2014-08, Foundation for an Industrial Safety Culture, Toulouse, France.
- Mentel, U., Wolanin, E., Eshov, M., Salahodjaev, R., (2022), Industrialization and CO<sub>2</sub> emissions in Sub-Saharan Africa: the mitigating role of renewable electricity, *Energies*, 15, 946.
- Mohr, R. D., (2002), Technical change, external economies, and the Porter hypothesis, *Journal of Environmental Economics and Management*, 43(1):158–168.
- Munir, K., Riaz, N., (2019), Energy consumption and environmental quality in South Asia: evidence from panel non-linear ARDL, *Environmental Science and Pollution Research*, 26: pp. 1–8.
- Narayan, P. K., (2005), Fiji's tourism demand: the ARDL approach to cointegration. *Tourism Economics*, 10(2):193–206.
- Nordhaus, W. D., (2019), *Le casino climatique: Risque, incertitudes et solutions économiques face à un monde en réchauffement*, Wilco, Pays-Bas, 351 pages.
- Palma, G., (2005), Four sources of deindustrialisation and a new concept of the Dutch disease, *Beyond reforms: structural dynamics and macroeconomic vulnerability*, 3(5): pp. 71–116.
- Pesaran, M. H., Shin, Y., Smith, R. J., (2001), Bounds testing approaches to the analysis of level relationships, *Journal of Applied Economics*, 16(3): pp. 289–326.

- PND., (2022), *Economie forte, diversifiée et résiliente pour une croissance inclusive et un développement durable irréversible*, cadre stratégique de développement.
- Porter, M., (1991), American's Green Strategy, *Scientific American*, 264: 168.
- Rahman, Z. U., Ahmad, M., (2019), Modeling the relationship between gross capital formation and CO<sub>2</sub> (a) symmetrically in the case of Pakistan: an empirical analysis through NARDL approach, *Environmental Science and Pollution Research*, 26(8): pp. 8111–8124.
- Rodrik, D., (2016), Premature deindustrialization, *Journal of Economic Growth*, 21(1):1–33.
- Roe, B., Teisl, M. F., Levy, A. Russell, M., (2001), US Consumers' Willingness to Pay for Green Electricity, *Energy Policy*, 29: pp. 917-925.
- Scotese, C. R., (2016), *Some Thoughts on Global Climate Change: The Transition for Icehouse to Hothouse Conditions*, PALEOMAP Project.
- Shahbaz, M, Salah Uddin G., Ur Rehman, I., Imran, K., (2014), Industrialization, electricity consumption and CO<sub>2</sub> emissions in Bangladesh, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31: pp. 575–586.
- Shin, Y., Yu, B., Greenwood-Nimmo, M., (2014), Modelling asymmetric Cointegration and dynamic multipliers in a nonlinear ARDL framework, *Festschrift in Honor of Peter Schmidt*: pp. 281–314.
- Solow, R. M., (1956), "A contribution to the theory of economic growth", *Quarterly Journal of Economics*, LXX, pp. 65-94.
- Soludo, C. C., Ogbu, M. O., Chang, H. J., (2021), *The Politics of trade and industrial policy in Africa: forced consensus?*, IDRC
- Temurshoev, U., (2006), *Pollution haven hypothesis or factor endowment hypothesis: theory and empirical examination for the US and China*, CERGE-EI Working Paper, (292).
- Tregenna, F., (2008), Characterising deindustrialisation: an analysis of changes in manufacturing employment and output internationally, *Cambridge Journal of Economics*, 33(3): pp. 433–466.
- Ullah, S., Ozturk, I., Usman, A., Majeed, M. T., Akhtar, P., (2020), On the asymmetric effects of premature deindustrialization on CO<sub>2</sub> emissions: evidence from Pakistan, *Environmental Science and Pollution Research*, 27: pp. 13692–13702.
- Wen, S., Lan, H., Fu, Q., Yu, D. C., Zhang, L., (2015), Economic allocation for energy storage system considering wind power distribution, *IEEE EEE Transactions on Power Systems*: 30(2): pp. 644–652.

Zafar, A., Ullah, S., Majeed, M. T., Yasmeen, R., (2020), Environmental pollution in Asian economies: Does the industrialisation matter?, *OPEC Energy Reviews*, 44(3):227–248.

Zhu, H. M., You, W. H., Zeng, Z. f., (2012), Urbanization and CO<sub>2</sub> emissions: a semi-parametric panel data analysis, *Economics Letters*, 117: pp. 848–850.

### Annexes:

#### Annexe 1 : Tableau N°2, les tests de stationnarité

Variables	Type de test	Avec costante et sans trend	Avec constante et Trend	Stat du test	Valeurs critiques à 5% et 10%	Décisions
CO <sub>2</sub> du secteur manufacturier	ADF	Oui	Oui	-3,593	-3,568	I(0)
	PP	Non	Oui	-3,557	-3,218	I(0)
	KPSS	Oui	Oui	0,184	0,146	I(0)
Valeur ajoutée manufacturière	ADF	Oui	Oui	-5,858	-3,574	I(1)
	PP	Oui	Oui	-5,958	-2,967	I(1)
	KPSS	Non	Oui	0,159	0,146	I(0)
Indice de vulnérabilité économique	ADF	Oui	Oui	-5,335	-3,574	I(0)
	PP	Oui	Oui	-5,159	-2,967	I(1)
	KPSS	Non	Oui	0,151	0,146	I(0)
Main d'œuvre des secteurs agricole et service	ADF	Oui	Oui	-4,689	-3,574	I(1)
	PP	Oui	Oui	-7,743	-3,574	I(1)
	KPSS	Oui	Oui	0,500	0,146	I(1)

Source : Auteur à partir d'Eviews