

# Participation aux Chaînes de Valeur Mondiales et Pollution Environnementale dans les Pays en Voie de Développement : La Numérisation est-elle Importante ?

*Essossinam Ali,  
Hodabalo Bataka,  
Nadège Essossolim Awade  
et  
Nalewazou Neme Braly*

*Documents de travail GVC-002*

AFRICAN ECONOMIC RESEARCH CONSORTIUM  
CONSORTIUM POUR LA RECHERCHE ÉCONOMIQUE EN AFRIQUE

*Apporter de la rigueur et des éléments de preuve à  
l'élaboration des politiques économiques en Afrique*

# **Participation aux Chaînes de Valeur Mondiales et Pollution Environnementale dans les Pays en Voie de Développement : La Numérisation est-elle Importante ?**

Par

Essossinam Ali

*Laboratoire de Recherche en Sciences Economique et de Gestion  
(LaRSEG)*

*Département d'économie, Université de Kara*

Hodabalo Bataka

*Laboratoire de Recherche en Sciences Economique et de Gestion  
(LaRSEG)*

*Département d'économie, Université de Kara*

Nadège Essossolim Awade

*Département d'économie, Université de Lomé*

et

Nalewazou Neme Braly

*Laboratoire de Recherche en Sciences Economique et de Gestion  
(LaRSEG)*

*Département d'économie, Université de Kara*

CREA Document de Travail GVC-002

Consortium pour la Recherche Economique en Afrique, Nairobi

Octobre 2022

**CETTE ÉTUDE DE RECHERCHE** a été rendue possible grâce à une subvention du Consortium pour la Recherche Economique en Afrique. Toutefois, les conclusions, opinions et recommandations sont celles de l'auteur et ne reflètent pas nécessairement les points de vue du Consortium, de ses membres individuels ou du Secrétariat du CREA.

Publié par : Le Consortium pour la Recherche Economique en Afrique  
B.P. 62882 - City Square  
Nairobi 00200, Kenya

© 2022, Consortium pour la Recherche Economique en Afrique.

# Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations et acronymes

Résumé

1.	Introduction	1
2.	Brève revue de la littérature	4
3.	Méthodologie	7
4.	Données et résultats descriptifs	11
5.	Résultats empiriques et discussion	16
6.	Conclusion	24
	Références	25
	Annexe	30

# Liste des tableaux

1.	Description et sources des variables	11
2.	Statistiques descriptives	15
3.	Effet des GVCP sur la pollution environnementale (émissions de CO <sub>2</sub> ) dans les pays en développement.	17
4.	Effet modéré de la numérisation dans les GVCP sur la pollution environnementale dans les pays en développement	21
A1.	Liste des pays	30
A2.	Détails sur l'analyse en composantes principales ; tests de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) et de sphéricité de Bartlett.	31
A3.	Test de dépendance transversale de Pesaran (test CD)	31
A4.	Effet des chaînes de valeur (FVA, DVX) sur la pollution environnementale dans les pays en développement (accès à Internet comme proxy de la numérisation)	32
A5.	Effet des chaînes de valeur (FVA, DVX) sur la pollution environnementale dans les pays en développement (utilisation du téléphone mobile comme proxy de la numérisation)	33
A6.	Effet des chaînes de valeur (FVA, DVX) sur la pollution environnementale dans les pays en développement (en utilisant l'indice de numérisation construit par l'analyse en composantes principales).	34
A7.	Effet modéré de la numérisation dans les GVCP (FVA, DVX) sur la pollution environnementale dans les pays en développement (en utilisant l'accès à l'Internet comme proxy de la numérisation)	35
A8.	Effet modéré de la numérisation des PCVG (FVA, DVX) sur la pollution environnementale dans les pays en développement (en utilisant les utilisateurs de téléphones mobiles comme proxy de la numérisation).	36
A9.	Effet modéré de la numérisation dans les PCVG (FVA, DVX) sur la pollution environnementale (en utilisant l'indice de numérisation construit par l'analyse en composantes principales).	37
A10.	Matrice de corrélation	38

## Liste des figures

- |    |   |    |
|----|---|----|
| 1. | Les GVCP dans les pays en développement   | 12 |
| 2. | Pénétration de l'Internet et abonnement aux téléphones mobiles dans les pays en développement | 13 |
| 3. | Émissions de CO2 dans les pays en développement   | 14 |

## Liste des abréviations et acronymes

ASEAN	Association des nations de l'Asie du Sud-Est
BRICS	Brésil, Russie, Inde, Chine et Afrique du Sud
CD	Dépendance transversale
CO2	Dioxyde de carbone
FDI	Investissement direct étranger
FGLS	Moindres carrés généralisés faisables
GCP	Projet mondial sur le carbone
PIB	Produit intérieur brut
TIC	Technologies de l'information et de la communication
GVCP	Participation aux chaînes de valeur mondiales
MRIO	Intrants-extrants multirégionaux
PCA	Analyse en composantes principales
PCSE	Erreur standard corrigée du panel
R&D	Recherche et développement
SSA	Afrique sub-saharienne
STRIPAT	Impacts stochastiques par régression sur la population, la richesse et la technologie
UNCTAD	Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement
WDI	Indicateurs du développement mondial
WIOD	Base de données mondiale des intrants et des extrants

# Résumé

Cette étude analyse l'effet de la participation aux chaînes de valeur mondiales (GVCP) sur la pollution environnementale. Elle évalue également si l'utilisation de la numérisation peut atténuer l'effet des GVCP sur la pollution environnementale. Nous avons employé l'analyse de panel de deuxième génération sur les données de 112 pays en développement sur la période allant de 1990 à 2018. En utilisant la technique d'estimation de Driscoll et Kraay, nous constatons que les PCVG augmentent la pollution environnementale tandis que la numérisation réduit les émissions de CO<sub>2</sub> dans les pays en développement. Cependant, les résultats montrent que l'hypothèse inversée en U entre les PCVG et la pollution environnementale n'est pas vérifiée dans les zones étudiées. En outre, l'étude montre que, contrairement à la consommation d'énergie renouvelable, les entrées d'IDE, la valeur ajoutée industrielle et la consommation d'électricité sont positivement corrélées à la pollution environnementale dans les pays en développement. Nous constatons que la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> due à la numérisation est plus prononcée dans les autres pays en développement qu'en Afrique subsaharienne. Par ailleurs, les résultats montrent que la numérisation peut être utilisée comme un canal efficace pour réduire les effets des PCVG sur la pollution environnementale et aider les pays en développement à passer au vert. Ces résultats ont des implications politiques importantes dans l'exploration de la dynamique de développement des GVCP en termes d'opportunités de mise à niveau en utilisant les technologies numériques pour réduire la pollution environnementale et promouvoir l'adoption de technologies vertes pour la transformation structurelle des pays en développement.

**Mots clés :** *Chaînes de valeur mondiales ; Numérisation ; Émissions de CO<sub>2</sub> ; Pays en développement.*

**Codes de classification JEL:** *F64; O57; Q56.*



# 1. Introduction

Les émissions de CO<sub>2</sub>, principale composante du changement climatique, sont devenues une préoccupation majeure depuis que la demande d'énergie fossile n'a cessé d'augmenter dans le cadre de la participation aux chaînes de valeur mondiales (CVM), qui est largement reconnue comme un carburant de la diversification économique et de la transformation structurelle. Les politiques de développement durable pour faire face au changement climatique sont donc nécessaires dans le processus de production et de distribution de biens et de services entre les pays pour répondre aux normes internationales (Pah & Timmer, 2020 ; Wang et al., 2020 ; Constantinescu et al., 2019 ; Kee & Tang, 2016 ; Gereffi & Lee, 2012). Les émissions de CO<sub>2</sub> sont fortement associées au transport international dans le cadre des GVCP. Des effets hétérogènes des GVCP sur la pollution environnementale sont signalés dans la littérature (Jin et al., 2022 ; Wang et al., 2021 ; Zhang et al., 2021 ; Duan et al., 2021 ; Hu et al., 2021 ; Fei et al., 2020 ; Ji et al., 2020). Par exemple, à l'aide d'une analyse de décomposition structurelle multirégionale, Zhang et al. (2021) ont constaté que les PCVG réduisent les émissions mondiales de CO<sub>2</sub> dans l'étude de cas des économies émergentes, comme indiqué par Hoekstra et al. (2016) pour les pays à salaires élevés. La relation négative entre les PCVG et la pollution environnementale a été testée empiriquement par Jin et al. (2022) et Duan et al. (2021) dans une étude de cas de pays développés.

Cependant, Fei et al. (2020) ont constaté que le développement des chaînes de valeur mondiales a augmenté les émissions de dioxyde de carbone en Chine. De même, Jin et al. (2022) soulignent que l'approfondissement des chaînes de valeur mondiales dans les pays en développement caractérisés par des industries de faible technologie a augmenté les émissions de CO<sub>2</sub>. Ces résultats sont soutenus par la théorie qui postule que les pays en développement avec une réglementation environnementale moins coercitive ont tendance à adopter des industries environnementales polluantes. En utilisant des données au niveau des entreprises en Chine, Zheng et al. (2022) ont trouvé une relation non linéaire entre les GVCP et la pollution environnementale. Wang et al. (2019) ont utilisé des données de panel sur 62 pays et ont trouvé une relation en forme de U entre les GVCP et les émissions de CO<sub>2</sub>. Hu et al. (2021) ont constaté que le développement des CVM pourrait conduire à l'adoption de l'innovation des technologies vertes et augmenter l'efficacité des entreprises, mais une telle enquête empirique est rare dans le cas des pays en développement. La recherche

d'une forte valeur ajoutée dans les GVCP au prix de la pollution environnementale domestique nécessite la conception et la mise en œuvre de politiques (gouvernance environnementale) pour une production durable, comme le suggèrent Ji et al. (2020).

La numérisation, qui fait référence à l'utilisation des technologies numériques pour transformer un modèle d'entreprise pour plus de valeur ajoutée, peut être un canal utile de la gouvernance environnementale et, par conséquent, les chaînes de valeur durables (Ren et al., 2022 ; Wang et al., 2020 ; Gereffi & Lee, 2012). La numérisation peut être utilisée pour mobiliser les industries en faveur d'une économie propre et circulaire ayant un impact environnemental moindre. Par exemple, Ma et al. (2022) et Mondejar et al. (2021) ont constaté que la numérisation favorise la croissance verte en réduisant considérablement les émissions de CO<sub>2</sub>. La numérisation peut être bénéfique à la production et à la distribution durables de biens et de services, à la production et à l'utilisation d'énergie verte, ce qui pourrait constituer un moyen de transition vers des pratiques de fabrication durables (Mondejar et al., 2021). Le développement des technologies de numérisation telles que les technologies de l'information et de la communication (TIC) peut, non seulement être un canal profitable pour réduire la distance géographique entre les producteurs et les consommateurs, mais aussi la diffusion d'informations et de connaissances environnementales pour une meilleure mise en œuvre des politiques environnementales (Aker et al., 2016). En se basant sur le comportement des consommateurs avec une expérience sur des produits réels, Hoffmann et al. (2022) et Joerß et al. (2021) ont conclu que la digitalisation est une solution efficace à un problème environnemental en Allemagne.

La participation des pays en développement aux chaînes de valeur mondiales devient considérable au fil des ans. Par exemple, les GVCP des pays en développement ont atteint, en moyenne, environ 45% des exportations brutes depuis 1990. Toutefois, la contribution des GVCP en Afrique subsaharienne (ASS) a atteint, en moyenne, environ 50 % des exportations brutes contre 42,8 % pour les autres pays en développement pour la période 1990-2018 (calcul des auteurs basé sur la base de données CNUCED-Eora). L'utilisation des technologies de numérisation suit une tendance similaire dans ces deux sous-régions. Par exemple, la proportion de la population utilisant des téléphones mobiles entre 1990 et 2018 était d'environ 30,67 % en ASS, contre 46,85 % pour les autres pays en développement. Même si la pénétration de l'Internet dans les pays d'ASS est encore très faible par rapport aux autres régions en développement, il est important de noter qu'elle est en plein essor. En moyenne, environ 6,11% de la population a accès à l'Internet en ASS, contre 17,30% dans les autres pays en développement. Parallèlement, la pollution environnementale reste élevée dans les autres pays en développement (4,86 millions de tonnes d'émissions de CO<sub>2</sub> par habitant) par rapport à l'ASS (0,89 million de tonnes d'émissions de CO<sub>2</sub> par habitant).

La compréhension de l'impact des GVCP sur la qualité de l'environnement doit faire l'objet de recherches plus approfondies en tenant compte du contexte spécifique des pays, car les pays dont la réglementation environnementale est moins stricte peuvent rejoindre les CVM pour gagner plus sur le marché mondial au prix de la pollution environnementale (Duan et al., 2021 ; Duan & Yan, 2019 ; Clarke & Boersma,

2017). Lorsqu'on se concentre sur les pays en développement, il est rare de trouver des travaux empiriques examinant les liens entre la numérisation, les GVCP et la pollution environnementale. Ces preuves empiriques peuvent conduire à de nouvelles implications politiques pour le développement économique de la région. Une enquête complémentaire sur le sujet est donc nécessaire. En outre, il est signalé que les pays d'Afrique subsaharienne (ASS) ne sont pas profondément intégrés dans les réseaux de production mondiaux (Balié et al., 2019). Par conséquent, comparer l'ASS à d'autres pays en développement pourrait constituer une autre valeur ajoutée dans la redéfinition des politiques qui favorisent la participation des pays en développement aux CVM à l'ère de la numérisation. Ce document analyse l'effet des GVCP sur la pollution environnementale, et évalue si la numérisation peut atténuer l'effet des GVCP sur la pollution environnementale dans les zones étudiées. À notre connaissance, il s'agit de la première étude établissant un lien entre la numérisation, les GVCP et la pollution environnementale, en mettant l'accent sur les comparaisons internationales entre les pays d'Afrique subsaharienne et les autres pays en développement. Nous avons utilisé des données de panel de deuxième génération couvrant la période 1990-2018 sur 112 pays en développement et la technique d'estimation de Driscoll et Kraay (1998) et avons constaté que les GVCP augmentent les émissions de CO<sub>2</sub> dans les pays en développement. Nous avons également constaté que l'effet modérateur de la numérisation dans les GVCP sur les émissions de CO<sub>2</sub> est négatif, ce qui indique que la numérisation est un canal d'atténuation de l'effet des GVCP sur la pollution environnementale dans les pays en développement.

Le reste du document est structuré comme suit. La section 2 présente une brève revue de la littérature, tandis que la section 3 traite des matériaux et des méthodes utilisées. La section 4 présente les résultats descriptifs et les résultats empiriques, tandis que la discussion est présentée dans la section 5. La section 6 tire la conclusion de cette étude avec des implications politiques.

## 2. Brève revue de la littérature

### Les GVCP et la pollution environnementale : Que révèle la littérature ??

La corrélation entre les CVM et la dégradation de l'environnement a fait l'objet de plusieurs études et continue d'être au cœur des débats dans le monde entier à l'ère de la mondialisation (Duan et al., 2021 ; Wang et al., 2021 ; Fei et al., 2020 ; Yasmeen et al., 2019 ; Song & Wang, 2017). Des relations positives et négatives ont été trouvées (Hua et al., 2021 ; Fei et al., 2020 ; Song & Wang, 2017). Hua et al. (2021) ont indiqué que les GVCP diminuent les émissions de CO<sub>2</sub>. Ce résultat dépend probablement de l'indicateur du polluant environnemental (CO<sub>2</sub>) choisi dans leur étude. Fei et al. (2020), en utilisant le modèle intrants- extrants multirégionales (MRIO) et la base de données mondiale des intrants-extrants (WIOD), ont révélé que le commerce des produits intermédiaires et l'approfondissement des GVCP sont positifs et fortement corrélés aux émissions de carbone en Chine. Song et Wang (2017), en utilisant les big data des entreprises chinoises, ont constaté que les niveaux de technologie verte peuvent s'améliorer à partir des GVCP et, par conséquent, améliorer la qualité environnementale.

Cependant, des travaux empiriques ont montré l'effet de seuil au-delà duquel les GVCP augmenteront la pollution environnementale. Par exemple, en utilisant des données sur quatre pays en développement de 1995 à 2009, Wang et al. (2021) ont signalé qu'il existe un seuil dans le développement de la chaîne de valeur qui influence la qualité de l'environnement. Yasmeen et al. (2019) ont également trouvé une relation non linéaire entre le commerce à valeur ajoutée et huit indicateurs de pollution atmosphérique pour un échantillon de 39 pays. En effet, les activités de commerce international dans le contexte de la mondialisation, y compris les GVCP, sont soumises à la pollution environnementale (Ali & Giniguè, 2022 ; Ali, 2021 ; Bataka, 2021 ; Wang et al., 2020 ; Fei et al., 2020), mais dépendent du développement des pays (Duan et al., 2021 ; Wang et al., 2020). Wang et al. (2020) et Ali (2021) ont constaté que l'ouverture commerciale est associée à des émissions de carbone importantes dans les pays en développement. La gouvernance environnementale, l'investissement dans la recherche et le développement (R&D) et la politique de soutien à l'utilisation des technologies de numérisation pourraient aider les entreprises à accroître, non seulement l'efficacité de la production et des services (Cariolle, 2021 ; Chen et al.,

2021), mais aussi amener les pays à devenir verts en participant aux chaînes de valeur mondiales, en particulier dans les pays en développement qui cherchent à s'industrialiser rapidement.

## **Les GVCP et la pollution environnementale : La numérisation peut-elle favoriser un environnement propre ?**

Dans le contexte du changement climatique et de la mondialisation, quel pourrait être le meilleur moyen pour les pays en développement de se mettre au vert dans les GVCP qui sont fortement corrélés à la pollution environnementale ? La numérisation peut avoir un double effet (Asongu et al., 2017 ; Higón et al., 2017 ; Zhang & Liu, 2015 ; Hamdi et al., 2014). La production et la distribution de biens dans le cadre des CVM à l'ère de la mondialisation font l'objet d'une pollution environnementale (Haseeb et al., 2019) qui peut dépendre du développement et du progrès technologique des pays (Higón et al., 2017). Wang et al. (2020) ont constaté que le progrès technologique est positivement corrélé à la pollution environnementale dans les pays en développement tout en étant négativement lié aux émissions dans les pays développés. Zhang et Liu (2015) ont révélé que la numérisation a réduit les dommages environnementaux au niveau régional en Chine de 2000 à 2010. De même, Wen et al. (2021) ont indiqué que les TIC ont contribué positivement à la qualité environnementale dans les entreprises chinoises. Cependant, Wang et al. (2021) ont trouvé un seuil dans l'étude de cas de quatre pays en développement. La numérisation peut favoriser le processus des GVCP tout en réduisant la pollution environnementale due au développement des CVM. Haseeb et al. (2019) ont constaté que les technologies de l'information et de la communication, mesurées par l'utilisation d'Internet et l'abonnement au cellulaire mobile, améliorent la qualité environnementale dans les études de cas des BRICS.

Tout en augmentant les GVCP, la numérisation pourrait nuire à la qualité de l'environnement. Hamdi et al. (2014) ont constaté que l'utilisation des TIC peut accroître la pollution environnementale par une augmentation de la consommation d'électricité. Avom et al. (2020), en considérant un effet direct et indirect, ont trouvé des résultats similaires dans 21 pays d'Afrique sub-saharienne. L'étude de Belkhir et Elmeligi (2018) a signalé que l'émission de gaz à effet de serre provenant des TIC pourrait augmenter de 14 % d'ici 2040, et l'empreinte carbone liée à l'utilisation des smartphones serait plus importante que celle des autres infrastructures TIC. Cela est possible grâce à la production et à l'utilisation de matériels TIC. Dans ce cas, l'utilisation conjointe des énergies renouvelables, des TIC et des politiques fiscales a été suggérée pour une protection durable de l'environnement (Belkhir & Elmeligi, 2018). En utilisant des données de panel sur les pays de l'ASEAN et un indice composite de quatre indicateurs comme indicateur de la numérisation, Lee et Brahmasrene (2014) ont constaté que la numérisation a augmenté les émissions de CO<sub>2</sub> de 1991 à 2009. Asongu et al. (2017) ont trouvé un effet positif sur les émissions de CO<sub>2</sub> d'une

augmentation de la pénétration d'Internet à partir d'une régression interactive dans les pays d'Afrique subsaharienne pour la période allant de 2000 à 2012. Toutefois, en utilisant uniquement les téléphones mobiles comme indicateur de la numérisation, Asongu et al. (2017) ont constaté des effets négatifs sur la pollution environnementale, ce qui suggère l'existence d'un seuil au-delà duquel la technologie de la numérisation aura un effet positif sur les dommages environnementaux. L'effet positif ou négatif trouvé dans la littérature dépend du proxy de la digitalisation utilisée ; la pénétration d'internet d'une part et l'abonnement au téléphone mobile d'autre part ; alors que l'utilisation des deux est fortement corrélée. Ces résultats empiriques peuvent conduire à un biais des politiques environnementales vers la croissance verte dans le développement de la chaîne de valeur mondiale. Cette étude se distingue des études précédentes par l'utilisation d'un nouvel indice de numérisation qui prend en compte à la fois la pénétration de l'internet et l'abonnement au téléphone mobile. L'article évalue l'effet des GVCP sur la pollution environnementale en testant l'hypothèse de l'inversion en U et analyse l'effet direct et indirect de la numérisation sur la pollution environnementale dans les GVCP des pays en développement en mettant l'accent sur une comparaison internationale entre l'ASS et les autres pays en développement.

### 3. Méthodologie

#### Modèle

Pour atteindre les objectifs de cette étude, nous spécifions deux modèles empiriques distincts sur un échantillon de 112 pays en développement (voir la liste des pays dans le tableau A1 en annexe) pour la période 1990-2018. Pour analyser les effets des GVCP sur la pollution environnementale, nous avons utilisé le modèle théorique basé sur le modèle des impacts stochastiques par régression sur la population, la richesse et la technologie (STRIPAT) utilisé par Li et al. (2019) et Bataka (2021). La formulation de base du modèle STRIPAT est la suivante dans l'équation 1 :

$$I_{it} = \rho P_{it}^{\sigma_1} A_{it}^{\sigma_2} T_{it}^{\sigma_3} \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Le modèle (1) montre que la qualité de l'environnement ( $I$ ) est une fonction de la taille de la population ( $P$ ), de la prospérité économique ( $A$ ) et de la technologie ( $T$ ).  $\rho$  est une constante;  $\sigma_i$  ( $i= 1, 2, 3$ ) sont des paramètres des déterminants de la qualité de l'environnement.;  $\varepsilon$  est le terme d'erreur composite supposé être spatialement corrélé ;  $i$  et  $t$  sont les dimensions individuelle et temporelle, respectivement. Le modèle (1) est estimé dans sa forme linéaire en prenant le logarithme naturel. Le modèle STRIPAT offre également la possibilité d'ajouter des variables de politique économique afin d'analyser leurs effets sur la pollution environnementale. Le modèle empirique est obtenu en utilisant le logarithme naturel. Ainsi, en considérant le vecteur des variables de contrôle, le modèle empirique évaluant l'effet des GVCP sur la pollution environnementale se présente comme l'équation 2.

$$\ln(CO_{2it}) = \sigma_{0i} + \sigma_{1i} \ln(pop\_urban_{it}) + \sigma_{2i} \ln(gdp\_pc_{it}) + \sigma_{3i} (\ln(gdp\_pc_{it}))^2 + \sigma_{4i} \ln(DIG_{it}) + \sigma_{5i} \ln(GVCP_{it}) + \sigma_{6i} (\ln(GVCP_{it}))^2 + \beta_i Z_{it} + \varphi_i + \gamma_t + \vartheta_{it} \quad (2)$$

Où:  $pop\_urban_{it}$  est la population urbaine utilisée pour saisir la taille de la population.  $gdp\_pc_{it}$  est le PIB par habitant utilisé pour saisir le développement économique. La technologie est souvent saisie par le niveau d'industrialisation.

La variable de la numérisation (**DIG**) est identifiée dans la littérature comme un déterminant important des GVCP et pourrait avoir une incidence sur la pollution environnementale (Ali & Gniniguè, 2022 ; Avom et al., 2020 ; Asongu et al., 2017 ; Khan et al., 2018). Sur la base de la disponibilité des données, la numérisation est appréhendée dans cette étude par l'abonnement au téléphone mobile (nombre d'abonnements au téléphone mobile pour 100 personnes) et la pénétration d'Internet (utilisateurs d'Internet en pourcentage de la population totale), d'une part, et un indice de numérisation construit à l'aide de l'analyse en composantes principales (PCA), d'autre part. En effet, l'indice de numérisation obtenu à partir de la PCA prend en compte les usages d'Internet et du téléphone mobile qui sont fortement corrélés. Cet indice permet de surmonter le problème de multicollinéarité que peuvent poser l'utilisation d'Internet et l'abonnement au téléphone mobile. Les informations fournies par la PCA prouvent la viabilité de l'indice calculé. Le test de bonne adéquation de l'indice de numérisation construit fournit une statistique très élevée (3940.139) avec une valeur p inférieure à 1%, rejetant l'hypothèse que la matrice de corrélation est une matrice d'identité, donc une possibilité d'initier une PCA (voir Tableau A2 dans l'appendice).

Dans l'équation 2,  $GVCP_{it}$  est la participation à la chaîne de valeur mondiale du pays  $i$  au cours de l'année  $t$ .  $DIG_{it}$  est le niveau de numérisation du pays  $i$  à l'année  $t$ . L'introduction de  $(\ln(GVCP_{it}))^2$  et  $(\ln(gdp\_pc_{it}))^2$  nous permet d'évaluer l'effet de seuil de l'impact des GVCP et de la propension économique sur la pollution environnementale.  $Z_{it}$  est un vecteur de contrôles qui peuvent influencer la pollution environnementale (accès à l'électricité, consommation d'énergie renouvelable, investissement direct étranger et valeur ajoutée de l'industrie).  $\beta_1$  est un vecteur des paramètres des variables de contrôle.  $\varphi_i$  fait référence à l'effet fixe du pays, et  $\gamma_t$  saisit l'effet fixe de l'année.  $\vartheta_{it}$  est le terme d'erreur, supposé être corrélé dans l'espace et dans le temps. Pour examiner la mesure dans laquelle la numérisation atténue l'effet des GVCP sur la pollution environnementale, nous introduisons une variable d'interaction dans le modèle (2) comme suit :

$$\begin{aligned} \ln(CO_{2it}) = & \sigma_{0i} + \sigma_{1i} \ln(pop\_urban_{it}) + \sigma_{2i} \ln(gdp\_pc_{it}) + \sigma_{3i} (\ln(gdp\_pc_{it}))^2 + \quad (3) \\ & \sigma_{4i} \ln(DIG_{it}) + \sigma_{5i} \ln(GVCP_{it}) + \sigma_{6i} (\ln(GVCP_{it}))^2 + \beta_i Z_{it} + \\ & \rho_i [\ln(GVCP_{it}) * \ln(DIG_{it})] + \varphi_i + \gamma_t + \vartheta_{it} \end{aligned}$$

Où:  $\rho_i$  nous permet de mesurer si la numérisation atténue l'effet des GVCP sur la pollution environnementale. Ainsi, lorsque  $\rho_i > 0$  l'effet des GVCP sur la pollution environnementale augmente même lorsque la numérisation s'accroît. Par ailleurs, lorsque  $\rho_i < 0$  alors la pollution environnementale diminue avec l'augmentation de la numérisation dans le développement des CVM.



## Tests préliminaires et stratégie d'estimation

Plusieurs tests de panel sont effectués pour fournir des détails sur les techniques d'estimation des modèles empiriques. Nous avons d'abord effectué le test de dépendance transversale (CD) entre les unités étudiées. Ce test guide sur les tests de panel appropriés. En effet, deux générations de tests de racine unitaire et de cointégration sont utilisées dans les données de panel (Nirola & Sahu, 2020). Le choix d'un test dépendra de la dépendance transversale entre les unités. La recherche contemporaine sur les données de panel révèle que certains facteurs communément observés ou non observés entre les unités (pays) peuvent expliquer leurs relations d'interdépendance (Belotti et al., 2017). Notons que les GVCP sont un phénomène spatial à travers l'imitation entre les entreprises et les interactions entre les pays par le biais du commerce et des investissements directs étrangers (IDE), ce qui entraîne une dépendance transversale. Le CD entre des unités géographiquement localisées provient également des effets de débordement et des effets de voisinage (Amidi & Majidi, 2020). Des modélisations récentes montrent que la présence de cette dépendance dans les dimensions individuelles et temporelles des données de panel conduit à des estimateurs biaisés et incohérents (Munir et al., 2020).

Pour diagnostiquer le CD, nous utilisons le test de post-estimation (Pesaran, 2004) puisque notre étude porte sur des données de panel non équilibrées. Ce test considère que la dépendance transversale sous l'hypothèse nulle des termes d'erreur entre individus est indépendante de l'hypothèse alternative de transversalité entre individus. La mise en œuvre du test CD montre que les statistiques associées à chaque régression sont significatives à 1% (voir tableau A3 en annexe). Ces résultats conduisent au rejet de l'hypothèse nulle d'indépendance spatiale entre les individus étudiés et dans le temps.

La dépendance transversale étant confirmée dans la structure des données, les tests de racine unitaire de deuxième génération, notamment celui de Pesaran (2007), sont les plus appropriés pour surmonter les problèmes de CD. Cependant, la nature déséquilibrée de notre panel ne permet pas la mise en œuvre de ces tests. Sachant que les tests de racine unitaire de première génération (Maddala et Wu, 1999) sont inefficaces en présence de dépendance transversale, ils seront utilisés à titre indicatif pour évaluer la racine unitaire des variables. Ainsi, le test de Maddala et Wu (1999) qui est le plus adapté aux données de panel non équilibrées est utilisé à cette fin. Le test postule une racine unitaire du panel sous l'hypothèse nulle contre une hypothèse alternative de panel stationnaire. Les statistiques du test (Chi-deux inversé) associées à chaque variable sont significatives aux niveaux de 1%, 5% et 10%. Ce résultat invalide l'hypothèse nulle de l'existence de la racine unitaire des variables. La confirmation de l'absence de la racine unitaire pour toutes les variables nous permet de décider de la stratégie d'estimation appropriée pour les modèles empiriques (2) et (3).

En effet, comme les techniques d'estimation qui ne prennent pas en compte la dépendance transversale conduisent à des résultats biaisés et incohérents (Hoechle,

2007 ; Pesaran, 2021), plusieurs approches d'estimation alternatives sont proposées dans la littérature. Elhorst et al. (2012) proposent des régressions intégrant des matrices de pondération spatiale pour résoudre le problème de la dépendance transversale. Cette technique est inefficace en raison des interprétations controversées des résultats d'estimation du fait de la multiplicité des matrices de pondération construites et du fait que la dépendance transversale n'est pas uniquement causée par les seuls facteurs géographiques (Corrado & Fingleton, 2012 ; Bataka, 2020). D'autres approches d'estimation issues de l'économétrie classique sont proposées. Par exemple, les moindres carrés généralisés faisables (FGLS) de Parks (1967), l'erreur standard corrigée du panel (PCSE) de Beck et Katz (1995), l'estimateur des effets corrélés communs de Pesaran (2006) et l'approche d'estimation de Hoechle (2007). Cette dernière est basée sur la technique d'estimation non paramétrique de Driscoll et Kraay (1998). Les approches d'estimation FGLS et PCSE atteignent les mêmes objectifs et surmontent le problème de la dépendance transversale. La méthode d'estimation de Hoechle (2007) qui est basée sur la technique non paramétrique de Driscoll et Kraay (1998) présente des avantages qui surpassent les approches mentionnées ci-dessus. En effet, cette dernière permet de s'attaquer à toutes les formes de dépendances (transversales et temporelles). Elle permet également de surmonter les problèmes d'hétéroscédasticité et d'autocorrélation des erreurs (fréquents dans les données de panel). Tout en considérant les formes de dépendance pour le traitement de la matrice de variance-covariance, cette technique fournit également des erreurs standard robustes. Les approches d'estimation ci-dessus nécessitent également que le panel soit équilibré, ce qui n'est pas le cas dans notre étude. En raison des avantages prouvés de cette méthode d'estimation, nous l'utilisons pour régresser les modèles empiriques.

## 4. Données et résultats descriptifs

Les données utilisées dans cette étude proviennent de trois sources : la base de données CNUCED-Eora pour les GVCP, le Projet Carbone Global (GCP) pour les émissions de CO<sub>2</sub>, et les Indicateurs de Développement Mondial (WDI) pour la numérisation, et d'autres variables de contrôle (Tableau 1). Les GVCP sont mesurés en pourcentage des exportations brutes. Le pays participe aux chaînes de valeur mondiales soit en établissant des liens en amont ou en aval. Les GVCP sont alors déterminés comme la somme de la participation en amont (FVA) et de la participation en aval (DVX). Les données montrent qu'en moyenne, les GVCP des pays en développement représentent environ 45,2% de leurs exportations brutes entre 1990 et 2018.

**Tableau 1 : Description et sources des variables**

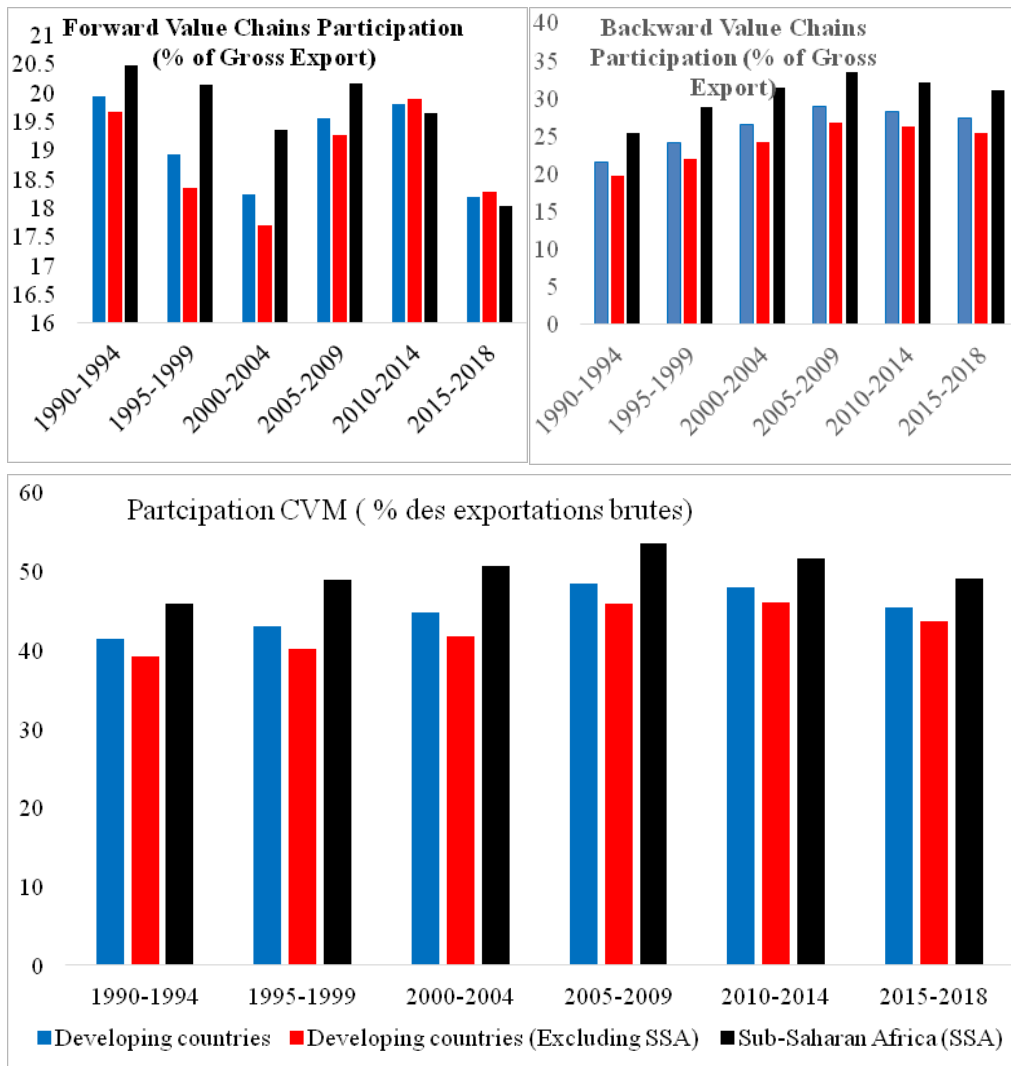
Variables	Description	Sources
FVA	Participation en amont	CNUCED-Eora
DVX	Participation en aval	CNUCED-Eora
GVCPs	Participation aux chaînes de valeur mondiales	CNUCED-Eora
CO <sub>2</sub> _par_capita	Émissions de CO <sub>2</sub> par habitant (millions de tonnes)	GCP
Internet	Utilisateurs d'Internet (% de la population)	WDI
téléphone mobile	Abonnement au téléphone mobile (pour 100 personnes)	WDI
Indice numérique	Indice de numérisation	Calculé
pop_urbain	Population urbaine	WDI
pib_par_habitant	PIB par habitant	WDI
flux d'IDE	Flux d'IDE (% du PIB)	WDI
énergie_renouvelable	Consommation d'énergie renouvelable (% du total)	WDI
Industrie ajoutée	Valeur ajoutée industrielle (% du PIB)	WDI

Notes : GCP signifie Projet Mondial du Carbone ; WDI signifie Indicateurs de Développement Mondial.

En outre, l'ASS participe davantage aux chaînes de valeur mondiales, à hauteur de 53,6 % des exportations brutes (figure 1). Les données montrent que la participation à la chaîne de valeur en amont diminue au fil du temps, tandis que la participation à la chaîne de valeur en aval augmente. La tendance à la baisse de la participation à la chaîne de valeur en amont est plus prononcée dans les autres pays en développement (pays en développement hors ASS) que dans l'ASS. La moyenne sur cinq ans de la

participation à la chaîne de valeur en amont en Afrique subsaharienne se situe entre 20,47% et 18% des exportations brutes. La tendance à la hausse de la participation à la chaîne de valeur en amont peut s'expliquer par l'importance des matières premières dans les exportations et les importations, principalement des biens manufacturés. Nous nous attendons à ce que les GVCP dans les pays en développement augmentent la pollution environnementale puisque la taxation du carbone est presque inexistante.

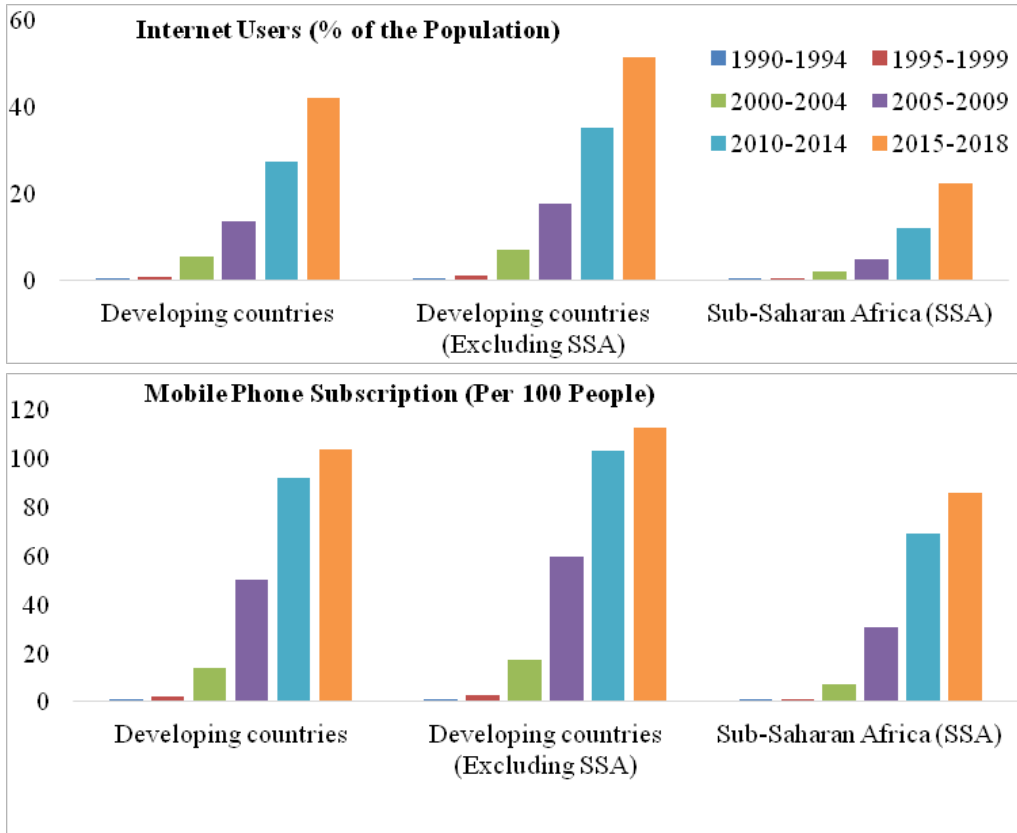
**Figure 1 : Les GVCP dans les pays en développement**



Source : Construction propre des auteurs.

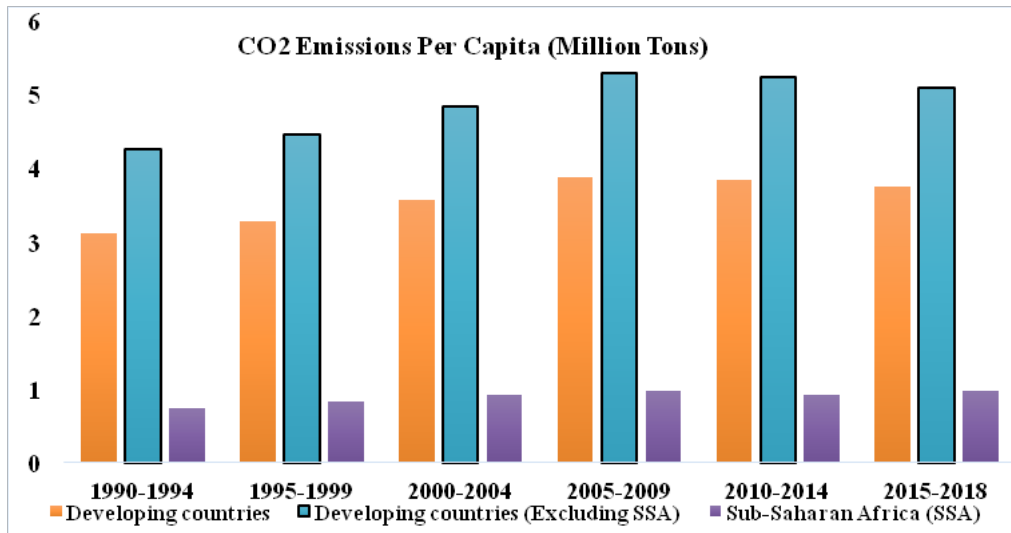
En effet, plusieurs indices de la numérisation sont développés, mais tous sont basés sur l'infrastructure des technologies de l'information et de la communication (TIC) (Internet et téléphones mobiles) et le niveau d'accès à celles-ci par les individus, le gouvernement et les entreprises (Xu et al., 2022).

**Figure 2 : Pénétration de l'internet et abonnement aux téléphones mobiles dans les pays en développement**



Source : Construction propre des auteurs.

Les données montrent que la pénétration de l'Internet et des téléphones mobiles a continuellement augmenté dans les pays en développement. La même tendance est observée dans le sous-échantillon de l'ASS ou non. Les données montrent que la pénétration d'Internet, mesurée par le nombre d'utilisateurs d'Internet, est d'environ 13,62% de la population totale, contre 41,55% pour les abonnements de téléphonie mobile. La pénétration moyenne d'Internet est d'environ 6,017% de la population totale en Afrique subsaharienne, alors que cette valeur moyenne est d'environ 17,30% de la population totale pour les autres pays en développement. Pour les téléphones mobiles, la valeur moyenne des abonnés était d'environ 30,67% et 46,85% pour l'Afrique subsaharienne et les autres pays en développement, respectivement. Les pénétrations d'Internet et des téléphones mobiles et l'indice de numérisation devraient avoir des effets positifs sur les GVCP car ils réduisent les coûts de transaction (Banque mondiale, 2019). La pollution environnementale dans cette étude est approximée par les émissions de CO<sub>2</sub> par habitant puisqu'il s'agit de la principale source de changement climatique. Les données montrent que les émissions moyennes de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) étaient d'environ 3,58 millions de tonnes par habitant et par an, avec un maximum de 68,9 millions de tonnes par habitant (Figure 3).

**Figure 3 : Émissions de CO2 dans les pays en développement**

Source : Construction propre des auteurs.

La figure 3 montre que l'ASS pollue moins que les autres pays en développement tout au long de l'étude. La moyenne des émissions de CO2 sur cinq ans dans les autres pays en développement, à l'exception de l'ASS, est supérieure à la moyenne des pays en développement. Cette différence peut s'expliquer par l'émergence de l'industrialisation en Asie et en Afrique du Nord par rapport à l'ASS. Les variables de contrôle sont sélectionnées en fonction de la littérature théorique et empirique et de la disponibilité des données (Ali & Gniniguè ; 2022 ; Bayale et al., 2021 ; Hamdi et al., 2014 ; Kersan-Škabić, 2019 ; Avom et al., 2020). Ces variables comprennent le niveau d'industrialisation, les investissements directs étrangers, la population urbaine, et la consommation d'énergie renouvelable. Le tableau 2 fournit les statistiques descriptives, et teste s'il existe une hétérogénéité entre l'ASS et les autres pays en développement.

Il convient de noter qu'une parfaite hétérogénéité entre l'ASS et les autres pays en développement peut être trouvée en examinant la plupart des variables clés. En effet, la différence entre les moyennes des deux groupes de pays est significative pour presque toutes les variables. Par exemple, la moyenne des GVCP de l'ASS est d'environ 50% de leurs exportations brutes contre environ 43% pour les autres pays en développement. En ce qui concerne la pollution environnementale, l'émission moyenne de CO2 pour les pays de l'ASS est d'environ 0,891 million de tonnes par habitant et par an, contre 4,862 millions de tonnes par habitant pour les autres pays en développement. Parallèlement, le PIB par habitant des autres pays en développement (6 160 dollars courants) est beaucoup plus élevé que celui de l'ASS (1 729 dollars courants). Néanmoins, l'ASS semble utiliser plus d'énergie renouvelable que les autres pays en développement tout au long de l'étude (68,58% contre 27,96% de la consommation totale d'énergie). Ces différences justifient la nécessité d'une comparaison internationale, afin de saisir l'effet régional potentiel des GVCP et des technologies de numérisation sur la pollution environnementale. Ceci fait partie intégrante de cette étude.

Tableau 2 : Statistiques descriptives

Variables	Pays en développement (112 pays)				Afrique subsaharienne (37 pays)		Autres pays en développement (75 pays)		Différence (2)-(1)
	N	Moyenne	Min	Max	N	Moyenne (1)	N	Moyenne (2)	
CO2_par_capita	3,218	3.575	0.00500	69.89	1,043	0.891	2,175	4.862	3.971***
Population urbaine	3,245	1.383e+07	6,613	4.603e+08	1,073	5.949e+06	2,172	1.772e+07	1.18e+07***
PIB_par_habitant	3,071	4,714	95.19	85,076	1,002	1,729	2,069	6,160	4430.991***
Internet	3,078	13.62	0	99.65	1,003	6.017	2,075	17.30	11.283***
Téléphone mobile	3,190	41.55	0	210.0	1,044	30.67	2,146	46.85	16.180***
Accès à l'électricité	2,636	70.03	0.01000	100	839	34.09	1,797	86.80	52.707***
Flux d'IDE	3,008	3.736	-37.15	103.3	998	3.881	2,010	3.664	-0.217
Énergies renouvelables	2,864	41.14	0	98.34	929	68.58	1,935	27.96	-40.618***
Industrie_ajoutée	2,883	28.44	3.243	84.80	967	24.56	1,916	30.39	5.826***
Indice de numérisation	3,057	0.0331	-0.763	4.060	996	-0.290	2,061	0.189	0.479***
FVA	3,248	0.191	0	1.000	1,073	0.197	2,175	0.189	-0.008**
DVX	3,248	0.260	1.51e-05	0.817	1,073	0.303	2,175	0.239	-0.064***
GVCPs	3,248	0.452	0.217	1.000	1,073	0.500	2,175	0.428	-0.160***

Note: \*\*\* p&lt;0.01, \*\* p&lt;0.05, \* p&lt;0.1

## 5. Résultats empiriques et discussion

Nous analysons ici les effets des GVCP sur la pollution de l'environnement (tableau 3) et évaluons si la numérisation par le biais des GVCP peut atténuer les émissions de CO<sub>2</sub> (tableau 4) en considérant trois indicateurs de la numérisation (pénétration d'Internet, abonnement au téléphone mobile et indice de numérisation construit à partir de l'analyse en composantes principales). Dans la plupart des cas (tableau 3), les coefficients de la variable GVCP sont positifs et significatifs à 1%, 5% ou 10%, quel que soit le proxy de la numérisation. Ces résultats indiquent que l'augmentation des GVCP contribue positivement à la pollution environnementale en augmentant les émissions de CO<sub>2</sub>. Par exemple, l'approfondissement des GVCP dans les pays en développement de 1% augmentera les émissions de CO<sub>2</sub> d'environ 0,41% en moyenne si l'on considère l'indice de numérisation comme indicateur de la numérisation. De même, les GVCP contribueront positivement à la pollution environnementale en libérant environ 0,986% et 0,617% des émissions de CO<sub>2</sub> en ASS et dans les autres pays en développement, respectivement. Il est nécessaire de contrôler les émissions de CO<sub>2</sub> pour répondre au changement climatique qui a des effets négatifs sur les économies des pays. Tous les coefficients associés au terme carré des GVCP, à l'exception du cas des pays de l'ASS, sont positifs et significatifs à 1% et 5%. Ces résultats montrent que la relation entre les PCVG et la pollution environnementale est linéaire. Ali et Gniniguè (2022) ont trouvé des résultats similaires en utilisant la même technique d'estimation sur des données couvrant 41 pays africains de 1990 à 2018. Cependant, ce résultat est en contradiction avec ceux trouvés par Duan et al. (2021) et Jin et al. (2022) pour les pays développés et par Zheng et al. (2022) sur l'effet spécifique de la Chine. Les données désagrégées aux niveaux sectoriels ou l'étude de cas par pays pourraient permettre une compréhension approfondie de cette relation pour la conception de politiques tenant compte du contexte spécifique des pays ou des caractéristiques du secteur économique. Les résultats montrent que les variables de numérisation introduites dans les régressions ont des coefficients négatifs, mais ne sont significatifs que pour les autres pays en développement, à l'exclusion de l'ASS, au niveau de 1 % (tableau 3).



Tableau 3 : Effet des GVCP sur la pollution environnementale (émissions de CO2) dans les pays en développement

Variables	Pays en développement			Afrique sub-saharienne			Autres pays en développement		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
GVCS (log)	0.3955**	0.3878**	0.4068**	0.9759	0.9326	0.9860*	0.6389***	0.6107***	0.6174***
	(0.166)	(0.149)	(0.166)	(0.584)	(0.608)	(0.573)	(0.112)	(0.127)	(0.121)
Carrés de GVC (log)	0.2182**	0.2049**	0.2170**	0.6421	0.5885	0.6485	0.3145***	0.2865***	0.2921***
	(0.088)	(0.085)	(0.088)	(0.458)	(0.487)	(0.447)	(0.064)	(0.072)	(0.068)
Internet (log)	-0.0061			0.0183			-0.1133***		
	(0.013)			(0.045)			(0.015)		
Téléphone mobile (log)		-0.0146			-0.0317			-0.0930***	
		(0.009)			(0.029)			(0.013)	
Indice numérique (log)			-0.0296			-0.0309			-0.1854***
			(0.018)			(0.073)			(0.022)
Population urbaine (log)	-0.0239	0.0055	0.0007	0.2015	0.3109**	0.2591*	-0.0222***	-0.0245***	-0.0220***
	(0.074)	(0.069)	(0.069)	(0.132)	(0.149)	(0.133)	(0.004)	(0.004)	(0.004)
PIB/habitant (log)	0.0953	0.1114	0.0591	0.2137	0.1838	0.1207	-0.2211**	-0.0710	-0.2000*
	(0.089)	(0.083)	(0.085)	(0.194)	(0.245)	(0.225)	(0.103)	(0.119)	(0.113)
PIB/habitant_SQ (log)	0.0034	0.0035	0.0070	-0.0133	-0.0077	-0.0043	0.0392***	0.0292***	0.0383***
	(0.005)	(0.004)	(0.005)	(0.011)	(0.018)	(0.015)	(0.005)	(0.006)	(0.006)
Flux d'IDE	0.0014***	0.0020***	0.0015***	0.0016*	0.0019**	0.0018**	0.0061*	0.0059	0.0067*
	(0.001)	(0.001)	(0.000)	(0.001)	(0.001)	(0.001)	(0.004)	(0.004)	(0.004)
Énergies renouvelables	-0.0182***	-0.0184***	-0.0183***	-0.0246***	-0.0249***	-0.0246***	-0.0225***	-0.0223***	-0.0221***
	(0.002)	(0.002)	(0.002)	(0.002)	(0.002)	(0.002)	(0.001)	(0.001)	(0.001)

suite page suivante

Tableau 3 Continué

Variables	Pays en développement			Afrique sub-saharienne			Autres pays en développement		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Accès à l'électricité	0.0059***	0.0061***	0.0061***	-0.0034	-0.0015	-0.0021	0.0108***	0.0108***	0.0108***
	(0.001)	(0.001)	(0.001)	(0.004)	(0.004)	(0.005)	(0.001)	(0.001)	(0.001)
Valeur ajoutée de l'industrie	0.0069***	0.0066***	0.0068***	0.0079***	0.0073***	0.0079***	0.0202***	0.0212***	0.0208***
	(0.002)	(0.001)	(0.002)	(0.002)	(0.002)	(0.002)	(0.001)	(0.001)	(0.001)
Constant	-0.1435	-0.6852	-0.4740	-3.0658*	-4.6724**	-3.7469**	-0.1279	-0.6266	-0.5426
	(0.884)	(0.926)	(0.852)	(1.691)	(2.213)	(1.724)	(0.547)	(0.559)	(0.608)
Observations	2,023	2,036	2,016	665	667	662	1,358	1,369	1,354
F-Stat	4422***	3185***	4276***	229.7***	161.4***	183.2***	29824***	25199***	24331***
Pays FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Année FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Notes : Erreurs types entre parenthèses ; \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

Ce résultat suggère l'hétérogénéité en termes d'effet de la numérisation sur la pollution environnementale en ASS par rapport aux autres pays en développement. Les résultats indiquent qu'une augmentation de l'utilisation de la numérisation réduit la pollution environnementale dans les autres pays en développement par rapport à l'ASS, probablement grâce à ses effets sur l'utilisation des énergies renouvelables. En effet, la numérisation peut réduire considérablement l'intensité de la consommation d'énergie fossile et donc l'empreinte carbone. Dans le processus de la chaîne de valeur, la numérisation peut être utilisée pour réduire les émissions dans le transport en utilisant des voitures intelligentes et aider les consommateurs dans le choix des produits. En outre, la numérisation peut être un canal par lequel les décideurs, les secteurs privés et les organisations non gouvernementales agissant pour un environnement propre peuvent améliorer la gouvernance environnementale. La numérisation renforce l'utilisation de technologies de production et de distribution de biens et de services plus propres, et améliore donc les performances environnementales des entreprises le long des chaînes de valeur. Les résultats suggèrent que les politiques visant à accroître la pénétration de la numérisation réduiront la pollution environnementale. Cette conclusion est similaire à l'étude de Wen et al. (2021) qui rapporte que la numérisation industrielle réduira de manière significative l'échelle de production des entreprises fortement polluantes en Chine. Des résultats similaires ont également été trouvés par Asongu et al. (2017) dans l'ASS ; Haseeb et al. (2019) dans les BRICS et Wang et al. (2021) dans les pays en développement. La combinaison de la numérisation avec d'autres politiques de croissance verte telles que l'augmentation de la consommation d'énergie renouvelable aura probablement un effet attendu sur la pollution environnementale en ASS. Pour Lu (2018), la numérisation devrait être considérée comme une stratégie importante dans l'atténuation du changement climatique car elle montre un effet négatif sur les émissions de CO<sub>2</sub> dans l'étude de cas de 12 pays asiatiques. Les autres variables du tableau 3 ont dans la plupart des cas leurs signes attendus. Le PIB par habitant a des coefficients positifs et non significatifs dans la plupart des cas. La population urbaine a des coefficients positifs et significatifs pour les pays d'Afrique subsaharienne mais négatifs et significatifs pour les autres pays en développement. Cela signifie que la pollution environnementale augmente avec la population urbaine dans les pays d'Afrique subsaharienne mais diminue avec l'augmentation de la population urbaine dans les autres pays en développement. Ce résultat peut s'expliquer par le fait que la population urbaine dépendrait encore de l'utilisation d'énergie combustible en ASS par rapport aux autres pays en développement qui utiliseraient davantage d'énergie renouvelable au niveau des ménages. La valeur ajoutée industrielle et l'accès à l'électricité ont des coefficients positifs et significatifs dans la plupart des cas. Plus les pays s'urbanisent ou développent leur industrialisation, plus ils émettent de gaz à effet de serre contribuant à la dégradation de l'environnement.

La variable IDE a des coefficients positifs et significatifs dans la plupart des cas. Ces coefficients positifs et significatifs indiquent que ce sont les entreprises multinationales polluantes qui se délocalisent dans les pays en développement (Ben-

David et al., 2021 ; Christmann, 2004). Il est clair que les pays en développement qui n'appliquent pas les lois environnementales dans la plupart des cas chercheront à obtenir une croissance économique élevée en utilisant des industries plus polluantes, comme l'a constaté Ali (2021) dans l'étude de cas de la CEDEAO. Cela appelle des actions dans la conception et la mise en œuvre de la politique de développement vers la protection de l'environnement dans les pays en développement. Nous constatons que l'utilisation des énergies renouvelables réduit les émissions de CO<sub>2</sub>. Ce résultat est conforme aux conclusions d'Ali (2021) dans l'étude de cas des États d'Afrique de l'Ouest. Lorsque l'on considère les GVCP en amont et en aval (Tableau A4, Tableau A5, et Tableau A6 en annexe), nous trouvons des résultats similaires à ceux du Tableau 3.

Nous examinons maintenant l'effet direct et indirect de l'utilisation de la numérisation dans les GVCP sur la pollution environnementale (tableau 4) en considérant différents proxys de la numérisation. Les résultats montrent que les variables de numérisation et leur interaction avec les GVCP sont négatives et significatives au niveau de 1%, 5% et 10%. Ce résultat implique que, bien que la numérisation renforce les GVCP, elle peut être utilisée comme un canal important pour améliorer la qualité de l'environnement dans les zones étudiées. Ces résultats montrent que la diffusion de la numérisation dans les GVCP des pays en développement réduira la pollution environnementale. Ekholm et Rockström (2019) ont signalé que la numérisation serait la solution climatique la plus exponentielle en réduisant environ 15% des émissions de CO<sub>2</sub> d'ici 2030. Cet objectif peut être atteint grâce à la révolution de l'industrie 4.0 (vitesse de l'Internet des objets, intelligence artificielle, accélération de l'efficacité énergétique, gestion des transports et du trafic). Les disparités de l'effet modérateur de la numérisation dans les GVCP sur la pollution environnementale en comparant l'ASS et les autres pays en développement sont montrées dans les données. Les résultats montrent que l'effet modérateur de tous les proxys de la numérisation sur l'effet des GVCP sur l'émission de CO<sub>2</sub> n'est pas significatif pour les pays de l'ASS par rapport aux autres pays en développement. Cette situation serait due au niveau de pénétration de la numérisation qui est relativement faible dans les pays d'Afrique subsaharienne par rapport aux autres pays en développement. En ce sens, la numérisation pourrait être renforcée par d'autres politiques environnementales propres, telles que la consommation d'énergie renouvelable, pour avoir les effets escomptés sur la qualité de l'environnement, en particulier en Afrique subsaharienne, comme c'est le cas dans les autres pays en développement.

Tableau 4 : Effet modéré de la numérisation dans les GVCs sur la pollution environnementale dans les pays en développement

Variables	Pays en développement			Afrique sub-saharienne			Autres pays en développement		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
GVCs (log)	0.8096*** (0.249)	1.0945*** (0.243)	0.7515*** (0.198)	1.0883* (0.566)	0.9589* (0.518)	0.8787* (0.506)	1.1559*** (0.314)	1.4898*** (0.318)	1.1226*** (0.275)
LogGVCs_SQ	0.4116*** (0.100)	0.5309*** (0.101)	0.4558*** (0.100)	0.7002 (0.419)	0.6027 (0.426)	0.5447 (0.404)	0.5622*** (0.139)	0.7021*** (0.148)	0.6216*** (0.146)
Internet (log)	-0.0553* (0.029)			0.0016 (0.075)			-0.0618** (0.030)		
Téléphone mobile (log)		-0.0695*** (0.021)			-0.0335 (0.041)			-0.0729*** (0.021)	
Indice numérique (log)			-0.1107*** (0.040)			0.0119 (0.103)			-0.1143*** (0.041)
GVCs*internet (log)	-0.0585** (0.029)			-0.0244 (0.117)			-0.0592* (0.031)		
GVCs*mobile (log)		-0.0631*** (0.020)			-0.0027 (0.049)			-0.0694*** (0.021)	
GVCs*indice numérique (log)			-0.1000** (0.040)			0.0632 (0.113)			-0.1044** (0.043)
Pop_urbain (log)	-0.0228 (0.075)	0.0139 (0.070)	0.0013 (0.070)	0.1945 (0.148)	0.3099* (0.154)	0.2718* (0.142)	-0.0978** (0.041)	-0.0943*** (0.042)	-0.0873*** (0.040)
PIB/Capi (log)	0.0658 (0.088)	0.0815 (0.082)	0.0314 (0.085)	0.2065 (0.206)	0.1821 (0.264)	0.1343 (0.233)	0.0293 (0.086)	0.0540 (0.094)	0.0146 (0.089)

suite page suivante

Tableau 4 Continué

Variables	Pays en développement			Afrique sub-saharienne			Autres pays en développement		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
PIB/Cap.SQ (log)	0.0055 (0.005)	0.0059 (0.005)	0.0089* (0.005)	-0.0127 (0.013)	-0.0076 (0.020)	-0.0054 (0.016)	0.0099** (0.005)	0.0092* (0.005)	0.0116** (0.005)
Flux d'IDE	0.0015*** (0.000)	0.0023*** (0.001)	0.0017*** (0.000)	0.0016* (0.001)	0.0019** (0.001)	0.0017** (0.001)	0.0007 (0.001)	0.0023 (0.002)	0.0010 (0.001)
Renouvelables_fr	-0.0180*** (0.002)	-0.0182*** (0.002)	-0.0183*** (0.002)	-0.0246*** (0.002)	-0.0249*** (0.003)	-0.0247*** (0.002)	-0.0158*** (0.002)	-0.0158*** (0.002)	-0.0160*** (0.002)
Électricité_ac	0.0059*** (0.001)	0.0060*** (0.001)	0.0061*** (0.001)	-0.0033 (0.004)	-0.0015 (0.004)	-0.0022 (0.005)	0.0087*** (0.001)	0.0086*** (0.001)	0.0087*** (0.001)
Industrie_add	0.0067*** (0.001)	0.0066*** (0.001)	0.0067*** (0.001)	0.0079*** (0.002)	0.0073*** (0.002)	0.0078*** (0.002)	0.0042*** (0.002)	0.0044** (0.002)	0.0042** (0.002)
Constant	0.1396 (0.882)	-0.3731 (0.944)	-0.2646 (0.859)	-2.8975 (2.194)	-4.6432* (2.472)	-3.9830* (1.963)	1.4739 (0.911)	1.4638 (0.904)	1.2318 (0.869)
Observations	2,023	2,036	2,016	665	667	662	1,358	1,369	1,354
F-Stat	3834***	2473***	5129***	255.3***	145.9***	184.5***	2697***	1215***	2827***
Pays FE	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Année FE	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui

Notes: Erreurs types entre parenthèses; \*\*\* p&lt;0.01, \*\* p&lt;0.05, \* p&lt;0

Cela peut être réalisable au moindre coût puisque l'Afrique est identifiée comme la prochaine puissance renouvelable du Monde dans le siècle à venir (Hafner et al., 2018 ; Otero, 2014 ; Dasappa, 2011). D'autre part, si la digitalisation aide les GVCP à réduire les émissions de CO<sub>2</sub>, ce serait puisque les GVCP sont orientés de manière à réduire la consommation de combustibles fossiles et à augmenter la consommation d'énergies renouvelables. Nous avons également estimé l'effet modérateur de la numérisation dans les GVCP en amont et en aval sur les émissions de CO<sub>2</sub> (Tableau A7, Tableau A8, et Tableau A10 en annexe). Les résultats sont similaires à ceux du tableau 4, indiquant la stabilité et la robustesse des résultats et la pertinence de l'étude pour le processus politique sur la gouvernance environnementale dans les pays en développement en général et en ASS en particulier.

## 6. Conclusion

Cette étude a analysé l'effet des GVCP sur la pollution environnementale, et évalue si la numérisation peut être un canal critique pour réduire l'effet des GVCP sur les émissions de CO<sub>2</sub> dans les pays en développement. L'étude a porté sur 112 pays en développement pour la période 1990-2018. Nous avons utilisé l'analyse de panel de deuxième génération pour surmonter les problèmes de dépendance transversale, d'hétéroscédasticité et d'autocorrélation des erreurs. Nous avons utilisé la technique d'estimation de Driscoll et Kraay (1998) avec les effets fixes du pays et de l'année pour la robustesse des résultats. Les résultats sont robustes et cohérents en considérant les liens en amont et en aval. L'étude révèle la relation positive entre les émissions de CO<sub>2</sub> et les GVCP dans les pays en développement, y compris l'ASS. Cependant, l'hypothèse de l'inversion en U entre les GVCP et la pollution environnementale n'est pas vérifiée. Nous constatons également que l'utilisation de la numérisation réduit l'effet des GVCP sur les émissions de CO<sub>2</sub> dans les pays en développement, mais une hétérogénéité peut être trouvée entre l'ASS et les autres pays en développement. En outre, la consommation d'énergie renouvelable s'est révélée être une stratégie clé dans la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> dans tous les sous-groupes de pays en développement. Les résultats de cette étude indiquent que, pour promouvoir des GVCP durables, les gouvernements des pays en développement, quel que soit le groupe, doivent travailler à l'enracinement de la numérisation. À cet égard, la numérisation peut être orientée vers les domaines de consommation de combustibles fossiles ou d'hydrocarbures, qui sont des domaines très polluants des GVCP. La numérisation, associée à une politique de croissance verte telle que l'utilisation d'énergies renouvelables dans les GVCP, est suggérée pour tirer profit des GVCP tout en réduisant la pollution environnementale pour le développement durable des pays d'Afrique subsaharienne, ainsi que d'autres pays en développement.



# Références

- Aker, J., I. Ghosh and J. Burrell. 2016. “The promise (and pitfalls) of ICT for agriculture initiatives”. *Agricultural Economics*, 47(1): 35–48. doi:10.1111/agec.12301
- Ali, E. 2021. “Climate change and agricultural development in West Africa: Role of renewable energy and trade openness”. *Environmental Economics*, 12(1): 14–31.
- Ali, E. and M. Gniniguè. 2022. “Global value chains participation and structural transformation in Africa: Are we advocating environmental protection?” *Journal of Cleaner Production*, 366: 132914. doi:10.1016/j.jclepro.2022.132914
- Amidi, S. and F. Majidi. 2020. “Geographic proximity, trade and economic growth: A spatial econometrics approach”. *Annals of GIS*, 26(1): 49–63.
- Asongu, S., S. Le Roux and N. Biekpe. 2017. “Environmental degradation, ICT and inclusive development in sub-Saharan Africa”. *Energy Policy*, 111: 353–61.
- Avom, D., H. Nkengfack, H. Fotio and A. Totouom. 2020. “ICT and environmental quality in sub-Saharan Africa: Effects and transmission channels”. *Technological Forecasting & Social Change*, 155: 120028. doi:10.1016/j.techfore.2020.120028
- Balié, J., D. Del Prete, E. Magrini, P. Montalbano and S. Nenci. 2019. “Does trade policy impact food and agriculture global value chain participation of sub-Saharan African countries?” *American Journal of Agricultural Economics*, 101(3): 773–89. doi:10.1093/ajae/aay091
- Bataka, H. 2020. “Globalization and Gender Inequalities in Sub-Saharan Africa”. *The International Trade Journal*, 34(6), 516–534.
- Bataka, H. 2021. “Globalization and environmental pollution in sub-Saharan Africa”. *African Journal of Economic Review*, 9(1): 191–205.
- Bayale, N., E. Ali, A. Tchagnao and A. Nakumuryango. 2021. “Determinants of renewable energy production in WAEMU countries: New empirical insights and policy implications”. *International Journal of Green Energy*, 18(6): 602–614. doi:10.1080/15435075.2021.1875467
- Beck, N. and J. Katz. 1995. “What to do (and what not to do) with time-series cross-section data”. *American Political Science Review*, 89(3): 634–47.
- Belkhir, L. and A. Elmeligi. 2018. “Assessing ICT global emissions footprint: Trends to 2040 & recommendation”. *Journal of Cleaner Production*, 177: 448–463.
- Belotti, F., G. Hughes and A. Mortari. 2017. “Spatial panel-data models using Stata”. *The Stata Journal*, 17(1): 139–80.
- Ben-David, I., Y. Jang, S. Kleimeier and M. Viehs. 2021. “Exporting pollution: Where do multinational firms emit CO<sub>2</sub>?” *Economic Policy*, 36(107): 377–437.
- Cariolle, J. 2021. “International connectivity and the digital divide in sub-Saharan Africa”. *Information Economics and Policy*, 55: 100901.

- Chen, H., S. Wang and S. Song. 2021. "Global environmental value chain embeddedness and enterprise production efficiency improvement". *Structural Change and Economic Dynamics*, 58: 278–90.
- Christmann, P. 2004. "Multinational companies and the natural environment: Determinants of global environmental policy standardization". *The Academy of Management Journal*, 47(5): 747–60.
- Clarke, T. and M. Boersma. 2017. "The governance of global value chains: Unresolved human rights, environmental and ethical dilemma in apple supply chain". *Journal of Business Ethics*, 43: 111–31.
- Constantinescu, C., A. Mattoo and M. Ruta. 2019. "Does vertical specialisation increase productivity?" *The World Economy*, 42(8): 2385–2402.
- Corrado, L. and B. Fingleton. 2012. "Where is the economics in spatial econometrics?" *Journal of Regional Science*, 52(2): 210–239.
- Dasappa, S. 2011. "Potential of biomass energy for electricity generation in sub-Saharan Africa". *Energy for Sustainable Development*, 15(3): 203–13. doi:10.1016/j.esd.2011.07.006
- Driscoll, J. and A. Kraay. 1998. "Consistent covariance matrix estimation with spatially dependent panel data". *Review of Economics and Statistics*, 80(4): 549–60.
- Duan, Y. and B. Yan. 2019. "Economic gains and environmental losses from international trade: A decomposition of pollution intensity in China's value-added trade". *Energy Economics*, 83: 540–54.
- Duan, Y., T. Ji and T. Yu. 2021. "Reassessing pollution haven effect in global value chains". *Journal of Cleaner Production*, 284: 124705.
- Ekholm, B. and J. Rockström. 2019. *Digital Technology Can Cut Global Emissions by 15%. Here's How*. World Economic Forum, 15 January. At <https://www.weforum.org/agenda/2019/01/why-digitalization-is-the-key-to-exponential-climate-action/>
- Elhorst, J.P., D.J. Lacombe and G. Piras. 2012. "On model specification and parameter space definitions in higher order spatial econometric models". *Regional Science and Urban Economics*, 42(1-2): 211–20.
- Fei, R., A. Pan, X. Wu and Q. Xie. 2020. "How GVC division affects embodied carbon emissions in China's exports?" *Environmental Science and Pollution Research*, 27(14): 36605–20.
- Gereffi, G. and J. Lee. 2012. "Why the world suddenly cares about global supply chains". *Journal of Supply Chain Management*, 48(3): 24–32.
- Hafner, M., S. Tagliapietra and L. de Strasser. 2018. "Prospects for renewable energy in Africa". In M. Hafner, S. Tagliapietra and L. de Strasser, *Energy in Africa: Challenges and Opportunities*, pp. 47–75. Milan, Italy: Springer, Cham. doi:10.1007/978-3-319-92219-5
- Hamdi, H., R. Sbia and M. Shahbaz. 2014. "The nexus between electricity consumption and economic growth in Bahrain". *Economic Modelling*, 38: 227–37. doi:10.1016/j.econmod.2013.12.012
- Haseeb, A., E. Xia, S. Saud, A. Ahmad and H. Khurshid. 2019. "Does information and communication technologies improve environmental quality in the era of globalization? An empirical analysis". *Environmental Science and Pollution Research*, 26: 8594–8608. doi:10.1007/s11356-019-04296-x
- Higón, D., R. Gholami and F. Shirazi. 2017. "ICT and environmental sustainability: A global perspective". *Telematics and Informatics*, 34: 85–95. doi:10.1016/j.tele.2017.01.001

- Hoechle, D. 2007. "Robust standard errors for panel regressions with cross-sectional dependence". *The Stata Journal*, 7(3): 281–312.
- Hoekstra, R., B. Michel and S. Suh. 2016. "The emission cost of international sourcing: Using structural decomposition analysis to calculate the contribution of international sourcing to CO2-emission growth". *Economic Systems Research*, 28(2): 151–167. doi:10.1080/09535314.2016.1166099
- Hoffmann, S., W. Lasarov and H. Reimers. 2022. "Carbon footprint tracking apps. What drives consumers' adoption intention?" *Technology in Society*, 69: 101956. doi:10.1016/j.techsoc.2022.101956
- Hu, D., J. Jiao, Y. Tang, X. Han and H. Sun. 2021. "The effect of global value chain position on green technology innovation efficiency: From the perspective of environmental regulation". *Ecological Indicators*, 121: 107195.
- Hua, Y., Y. Lu and R. Zhao. 2021. "Global value chain engagement and air pollution: Evidence from Chinese firms". *Journal of Economic Surveys*. doi:10.1111/joes.12447
- Ji, X., Y. Liu, J. Meng and X. Wu. 2020. "Global supply chain of biomass use and the shift of environmental welfare from primary exploiters to final consumers". *Applied Energy*, 276: 115484.
- Jin, Z.-D., H. Duan, J.-C. Wang, M. Yang, Y.-H. Guo and X.-D. Cui. 2022. "Heterogeneous impacts of GVCs participation on CO2 intensity: Evidence from developed and developing countries/regions". *Advances in Climate Change Research*, 13(2): 187–95. doi:10.1016/j.accre.2022.01.002
- Joerß, T., S. Hoffmann, R. Mai and P. Akbar. 2021. "Digitalization as solution to environmental problems? When users rely on augmented reality-recommendation agents". *Journal of Business Research*, 128: 510–23. doi:10.1016/j.jbusres.2021.02.019
- Kee, H. and H. Tang. 2016. "Domestic value added in exports: Theory and firm evidence from China". *American Economic Review*, 106(6): 1402–36.
- Kersan-Škabić, I. (2019). "The drivers of global value chain (GVC) participation in EU member states". *Economic research-Ekonomska istraživanja*, 32(1), 1204-1218. doi:10.1080/1331677X.2019.1629978
- Khan, N., M. Baloch, S. Saud and T. Fatima. 2018. "The effect of ICT on CO2 emissions in emerging economies: Does the level of income matters?" *Environmental Science and Pollution Research*, 25(23): 22850–60.
- Lee, J. and T. Brahmasrene. 2014. "ICT, CO2 emissions and economic growth: Evidence from a panel of ASEAN". *Global Economic Review*, 43(2): 93–109. <https://doi.org/10.1080/1226508X.2014.917803>
- Li, L., X. Hong and K. Peng. 2019. "A spatial panel analysis of carbon emissions, economic growth and high-technology industry in China". *Structural Change and Economic Dynamics*, 49: 83–92.
- Lu, W. 2018. "The impacts of information and communication technology, energy consumption, financial development, and economic growth on carbon dioxide emissions in 12 Asian countries". *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 23: 1351–65. doi:10.1007/s11027-018-9787-y

- Ma, Q., Z. Khan, M. Tariq, H. Işik and H. Rjoub. 2022. "Sustainable digital economy and trade adjusted carbon emissions: Evidence from China's provincial data". *Economic Research*, 1–17. doi:10.1080/1331677X.2022.2028179
- Maddala, G. and S. Wu. 1999. "A comparative study of unit root tests with panel data and a new simple test". *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 61(1): 631–52.
- Mondejar, M.E., R. Avtar, H.L.B. Diaz, R.K. Dubey, J. Esteban, A. Gómez-Morales, B. Hallam, N.T. Mbungu, C.C. Okolo, K.A. Prasad, Q. She and S. Garcia-Segura. 2021. "Digitalization to achieve sustainable development goals: Steps towards a Smart Green Planet". *Science of The Total Environment*, 794: 148539. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.148539
- Munir, Q., H. Lean and R. Smyth. 2020. "CO2 emissions, energy consumption and economic growth in the ASEAN-5 countries: A cross-sectional dependence approach". *Energy Economics*, 85: 104571.
- Nirola, N. and S. Sahu. 2020. "Revisiting the Wagner's law for Indian States using second generation panel cointegration". *Economic Change and Restructuring*, 53(2): 241–63.
- Odero, K. 2014. "Africa: Transforming Africa's energy sector: Lessons from international experience". *Renewable Energy Law and Policy Review*, 5(2): 191–98. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/24324759>
- Pahl, S. and M. Timmer. 2020. "Do global value chains enhance economic upgrading? A long view". *The Journal of Development Studies*, 56(9): 1683–1705.
- Parks, R. 1967. "Efficient estimation of a system of regression equations when disturbances are both serially and contemporaneously correlated". *Journal of the American Statistical Association*, 62(318): 500–509. doi:10.2307/2283977
- Pesaran, M. 2004. "General diagnostic tests for cross-sectional dependence in panels". *Empirical Economics*, 60: 13–50.
- Pesaran, M. 2006. "Estimation and inference in large heterogeneous panels with a multifactor error structure". *Econometrica*, 74(4): 967–1012.
- Pesaran, M. 2007. "A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence". *Journal of Applied Econometrics*, 22(2): 265–312.
- Pesaran, M. H. (2021). "General diagnostic tests for cross-sectional dependence in panels". *Empirical Economics*, 60, 13-50. doi:10.1007/s00181-020-01875-7
- Ren, S., Y. Hao and H. Wu. 2022. "Digitalization and environment governance: Does Internet development reduce environmental pollution?" *Journal of Environmental Planning and Management*. doi:10.1080/09640568.2022.2033959
- Song, M. and S. Wang. 2017. "Participation in global value chain and green technology progress: Evidence from big data of Chinese enterprises". *Environmental Science and Pollution Research*, 24: 1648–61.
- UNCTAD-Eora. 2019. *The Trade in Value Added (TiVA) Database*. UNCTAD-Eora, 6 June. At <https://worldmrio.com/unctadgvc/>
- Wang, J., G. Wan and C. Wang. 2019. "Participation in GVCs and CO2 emissions". *Energy Economics*, 104561. doi:10.1016/j.eneco.2019.104561
- Wang, S., Y. He and M. Song. 2021. "Global value chains, technological progress, and environmental pollution: Inequality towards developing countries". *Journal of Environmental Management*, 277: 110999.

- Wang, S., Y. Tang, Z. Du and M. Song. 2020. "Export trade, embodied carbon emissions, and environmental pollution: An empirical analysis of China's high- and new-technology industries". *Journal of Environmental Management*, 276: 111371.
- Wen, H., C. Lee and Z. Song. 2021. "Digitalization and environment: How does ICT affect enterprise environmental performance?" *Environmental Science and Pollution Research*, 28: 54826–41. doi:10.1007/s11356-021-14474-5
- World Bank. 2019. *World Development Report 2020: Trading for Development in the Age of Global Value Chains*. Washington, D.C.: The World Bank.
- Xu, Q., M. Zhong and X. Li. 2022. "How does digitalization affect energy? International evidence". *Energy Economics*, 107: 105879. doi: 10.1016/j.eneco.2022.105879
- Yasmeen, R., Y. Li and M. Hafeez. 2019. "Tracing the trade–pollution nexus in global value chains: Evidence from air pollution indicators". *Environmental Science and Pollution Research*, 26: 5221–33.
- Zhang, C. and C. Liu. 2015. "The impact of ICT industry on CO2 emissions: A regional analysis in China". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44: 12–19. doi:10.1016/j.rser.2014.12.011
- Zhang, D., H. Wang, A. Löschel and P. Zhou. 2021. "The changing role of global value chains in CO2 emission intensity in 2000–2014". *Energy Economics*, 93: 105053. doi:10.1016/j.eneco.2020.105053
- Zheng, L., Y. Zhao, Q. Shi, Z. Qian, S. Wang and J. Zhu. 2022. "Global value chains participation and carbon emissions embodied in exports of China: Perspective of firm heterogeneity". *Science of The Total Environment*, 813: 152587. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.152587

# Annexe

**Tableau A1 : Liste des pays**

<b>Afrique subsaharienne (37 pays)</b>	<b>Autres pays en développement (75 pays)</b>	
Angola	Afghanistan	Kirghizistan
Botswana	Argentine	Lao PDR
Burundi	Arménie	Liban
Cameroun	Aruba	Malaisie
Cap-Vert	Azerbaïdjan	Maldives
République Centrafricaine	Bahamas	Mexique
Tchad	Bahreïn	Mongolie
Congo (Kinshasa)	Bangladesh	Maroc
Côte d'Ivoire	Barbade	Myanmar
Gabon	Belize	Népal
Gambie	Bhoutan	Nicaragua
Ghana	Bolivie	Oman
Kenya	Brésil	Pakistan
Lesotho	Les îles Vierges britanniques	Panama
Liberia	Brunei Darussalam	Papouasie-Nouvelle-Guinée
Madagascar	Cambodge	Paraguay
Malawi	Chili	Pérou
Mali	Colombie	Philippines
Mauritanie	Costa Rica	Qatar
Maurice	Cuba	Samoa
Mozambique	Djibouti	Arabie Saoudite
Namibie	République Dominicaine	Singapour
Niger	Équateur	Sri Lanka
Nigeria	Égypte	Suriname
Rwanda	El Salvador	République arabe syrienne (Syrie)
Sao Tomé et Príncipe	Fidji	Tadjikistan
Sénégal	Polynésie française	Thaïlande
Seychelles	Géorgie	Trinité-et-Tobago

*suite page suivante*

**Tableau A1 Continué**

<b>Afrique subsaharienne (37 pays)</b>	<b>Autres pays en développement (75 pays)</b>	
Sierra Leone	Guatemala	Tunisie
Somalie	Haïti	Turquie
Afrique du Sud	Honduras	Turkménistan
Sud-Soudan	Inde	Uruguay
Swaziland	Indonésie	Ouzbékistan
Tanzanie	Iran, la République islamique d	Vanuatu
Togo	Irak	Venezuela (République bolivarienne)
Ouganda	Jamaïque	Viet Nam
Zambie	Jordanie	Koweït
	Kazakhstan	

**Tableau A2 : Détails sur l'analyse en composantes principales ; tests de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) et de sphéricité de Bartlett.**

<b>Variables</b>	<b>Observations</b>	<b>Min</b>	<b>Max.</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Écart type</b>	
Internet	3,078	0.00	99.65	13.6234	20.70315	
téléphone portable	3,190	0.00	210.05	41.5516	49.55593	
<b>Indice KMO et test de Bartlett</b>						
<b>Indice de Kaiser-Meyer-Olkin pour la qualité de l'échantillonnage</b>					0.5	
<b>Test de sphéricité de Bartlett</b>						
Chi-carré					3940.139	
Chi carré Probabilité					0.0000	
<b>Variation totale expliquée</b>						
<b>Composante</b>	<b>Valeurs initiales de Eigen</b>			<b>Extraction des sommes des carrés des charges</b>		
	<b>Total</b>	<b>% des variations</b>	<b>Cumulatif (%)</b>	<b>Total</b>	<b>% des variations</b>	<b>Cumulatif (%)</b>
1	1.832	91.594	91.594	1.832	91.594	91.594
2	0.168	8.406	100			

Source : Construction propre des auteurs.

**Tableau A3 : Test de dépendance transversale de Pesaran (test CD)**

<b>Variable</b>	<b>Statistiques CD</b>	<b>Valeur-p</b>	<b>Corrélation</b>
GVCps	161.51***	0.000	0.502
FVA	44.19***	0.000	0.398
DVX	202.76***	0.000	0.555
CO2_par_capita	95.57***	0.000	0.510
Population urbaine	362.12***	0.000	0.940
téléphone portable	385.68***	0.000	0.925

Note: \*\*\* p&lt;0.01, \*\* p&lt;0.05, \* p&lt;0.1

**Tableau A4 : Effet des chaînes de valeur (FVA, DVX) sur la pollution environnementale dans les pays en développement (accès à Internet comme proxy de la numérisation)**

Variables	Pays en développement		Afrique sub-saharienne		Autres pays en développement	
	FVA	DVX	FVA	DVX	FVA	DVX
FVA (log)	-0.0021		0.3306*		0.0119	
	(0.031)		(0.186)		(0.042)	
FVA_Square (log)	-0.0036		0.0680		-0.0012	
	(0.006)		(0.058)		(0.008)	
DVX (log)		-0.1753		0.2032		-0.0453
		(0.224)		(0.517)		(0.174)
DVX_Square (log)		-0.0207		0.1693		-0.0405
		(0.066)		(0.173)		(0.057)
Internet (log)	-0.1343***	-0.0040	0.0100	0.0111	-0.1119***	-0.1209***
	(0.017)	(0.012)	(0.044)	(0.042)	(0.014)	(0.015)
pop_urbain (log)	-0.0007	-0.0035	0.2149	0.2576*	-0.0195***	-0.0215***
	(0.006)	(0.073)	(0.142)	(0.138)	(0.005)	(0.004)
PIB/Cap (log)	0.2886**	0.0582	0.1422	0.1065	-0.2763***	-0.2394**
	(0.122)	(0.089)	(0.194)	(0.167)	(0.102)	(0.111)
PIB/Cap.SQ (log)	0.0118	0.0060	-0.0085	-0.0050	0.0428***	0.0414***
	(0.007)	(0.005)	(0.012)	(0.010)	(0.006)	(0.006)
Flux d'IDE	0.0061***	0.0015***	0.0015	0.0018*	0.0070*	0.0083**
	(0.002)	(0.001)	(0.001)	(0.001)	(0.004)	(0.003)
énergies renouvelables	-0.0208***	-0.0178***	-0.0252***	-0.0244***	-0.0227***	-0.0224***
	(0.001)	(0.002)	(0.003)	(0.003)	(0.001)	(0.001)
électricité_acc	0.0107***	0.0060***	-0.0035	-0.0044	0.0105***	0.0108***
	(0.001)	(0.001)	(0.004)	(0.004)	(0.001)	(0.001)
valeur ajoutée de l'industrie	0.0208***	0.0071***	0.0080***	0.0077***	0.0206***	0.0192***
	(0.001)	(0.001)	(0.002)	(0.002)	(0.001)	(0.001)
Constante	-3.0249***	-0.7230	-2.9353	-3.8874**	-0.2279	-0.3752
	(0.468)	(0.838)	(1.829)	(1.701)	(0.517)	(0.659)
Observations	2,023	2,023	665	665	1,358	1,358
F-Stat	16062***	2067***	164.9***	282.3***	23747***	20617***
Pays FE	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Année FE	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui

Notes: Erreurs types entre parenthèses; \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1



**Tableau A5 : Effet des chaînes de valeur (FVA, DVX) sur la pollution environnementale dans les pays en développement (utilisation du téléphone mobile comme proxy de numérisation)**

Variables	Pays en développement		Afrique sub-saharienne		Autres pays en développement	
	FVA	DVX	FVA	DVX	FVA	DVX
FVA (log)	0.0641 (0.047)		-0.2295 (0.491)		0.0072 (0.041)	
FVA_carré (log)	0.0002 (0.010)		-0.1343 (0.115)		-0.0019 (0.008)	
DVX (log)		-0.1813 (0.231)		0.0564 (0.564)		0.0112 (0.184)
DVX_carré (log)		-0.0252 (0.069)		0.1154 (0.186)		-0.0268 (0.060)
mobile_phone (log)	-0.0173* (0.009)	-0.0111 (0.008)	-0.1985*** (0.022)	-0.0292 (0.024)	-0.0914*** (0.012)	-0.0988*** (0.012)
pop_urbain (log)	0.0137 (0.071)	0.0197 (0.064)	0.1410*** (0.033)	0.3557** (0.132)	-0.0219*** (0.004)	-0.0246*** (0.004)
PIB/habitant (log)	0.1054 (0.085)	0.0725 (0.081)	1.0634** (0.423)	0.0922 (0.236)	-0.1286 (0.116)	-0.0762 (0.128)
PIB/Capita_SQ (log)	0.0044 (0.005)	0.0060 (0.004)	-0.0302 (0.027)	-0.0009 (0.018)	0.0330*** (0.006)	0.0306*** (0.007)
flux d'IDE	0.0019*** (0.001)	0.0021*** (0.001)	0.0093*** (0.002)	0.0022** (0.001)	0.0068* (0.004)	0.0082** (0.003)
énergie_renewable	-0.0181*** (0.002)	-0.0179*** (0.002)	-0.0182*** (0.002)	-0.0245*** (0.003)	-0.0225*** (0.001)	-0.0221*** (0.001)
accès_à_l'électricité	0.0060*** (0.001)	0.0061*** (0.001)	0.0157*** (0.001)	-0.0028 (0.004)	0.0105*** (0.001)	0.0108*** (0.001)
valeur ajoutée de l'industrie	0.0066*** (0.002)	0.0068*** (0.001)	0.0191*** (0.003)	0.0070*** (0.002)	0.0214*** (0.001)	0.0200*** (0.001)
Constante	-0.8630 (0.916)	-1.1606 (0.789)	-8.2738*** (1.469)	-5.4754*** (1.812)	-0.7249 (0.527)	-0.8623 (0.678)
Observations	2,036	2,036	667	667	1,369	1,369
F-Stat	3978***	4829***	8555***	127.5***	12834***	26265***
Pays FE	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Année FE	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui

Notes: Erreurs types entre parenthèses; \*\*\* p&lt;0.01, \*\* p&lt;0.05, \* p&lt;0.1

**Tableau A6 : Effet des chaînes de valeur (FVA, DVX) sur la pollution environnementale dans les pays en développement (en utilisant l'indice de numérisation construit par l'analyse en composantes principales)**

Variables	Pays en développement		Afrique sub-saharienne		Autres pays en développement	
	FVA	DVX	FVA	DVX	FVA	DVX
FVA (log)	0.0783*		0.3641*		-0.0041	
	(0.046)		(0.191)		(0.044)	
FVA_carré (log)	0.0028		0.0725		-0.0056	
	(0.010)		(0.061)		(0.009)	
DVX (log)		-0.2116		0.1164		0.0372
		(0.225)		(0.537)		(0.163)
DVX_carré (log)		-0.0336		0.1537		0.0409
		(0.067)		(0.185)		(0.055)
Digit index (log)	-0.0365**	-0.0284*	-0.0497	-0.0595	-0.0237**	-0.0161*
	(0.018)	(0.015)	(0.075)	(0.065)	(0.010)	(0.009)
pop_urban (log)	0.0098	0.0254	0.2763*	0.3403**	-0.0924**	-0.0786*
	(0.073)	(0.066)	(0.145)	(0.137)	(0.046)	(0.042)
PIB/habitant (log)	0.0388	0.0201	0.0294	-0.0329	0.0769	0.0159
	(0.087)	(0.083)	(0.228)	(0.192)	(0.080)	(0.095)
PIB/habitant_SQ	0.0090*	0.0099**	0.0022	0.0083	0.0076	0.0109**
	(0.005)	(0.005)	(0.015)	(0.012)	(0.005)	(0.005)
Flux d'IDE	0.0015***	0.0017***	0.0018**	0.0022**	0.0009	0.0012
	(0.001)	(0.001)	(0.001)	(0.001)	(0.001)	(0.002)
énergie_renouvelable	-0.0180***	-0.0179***	-0.0253***	-0.0243***	-0.0157***	-0.0158***
	(0.002)	(0.002)	(0.003)	(0.003)	(0.002)	(0.001)
accès_à_l'électricité	0.0060***	0.0062***	-0.0021	-0.0028	0.0087***	0.0091***
	(0.001)	(0.001)	(0.005)	(0.004)	(0.001)	(0.001)
valeur ajoutée de l'industrie	0.0068***	0.0071***	0.0078***	0.0075***	0.0049***	0.0047***
	(0.002)	(0.001)	(0.002)	(0.002)	(0.002)	(0.002)
Constant	-0.6165	-1.1529	-3.5954*	-4.9515***	0.5802	0.5617
	(0.892)	(0.769)	(1.886)	(1.672)	(0.733)	(0.714)
Observations	2,016	2,016	662	662	1,354	1,354
F-Stat	2077***	2141***	118.9***	135.6***	3647***	1147***
Pays FE	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Année FE	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui

Notes: Erreurs types entre parenthèses; \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

**Tableau A7 : Effet modéré de la numérisation dans les GVCP (FVA, DVX) sur la pollution environnementale dans les pays en développement (en utilisant l'accès à Internet comme proxy de la numérisation).**

Variables	Pays en développement		Sub-Saharan Africa		Autres pays en développement	
	FVA	DVX	FVA	DVX	FVA	DVX
FVA (log)	-0.0369 (0.070)		0.3595 (0.454)		-0.0050 (0.059)	
FVA_Square (log)	-0.0064 (0.007)		0.0035 (0.109)		-0.0025 (0.008)	
Internet (log)	-0.1112** (0.047)	0.0267 (0.017)	-0.3372*** (0.114)	-0.0890** (0.037)	-0.1008*** (0.030)	-0.1270*** (0.036)
Log(FVA)*log(internet)	0.0125 (0.018)		-0.0324 (0.059)		0.0061 (0.010)	
DVX (log)		-0.3448 (0.268)		0.2259 (0.476)		-0.0273 (0.263)
DVX_Square (log)		-0.0678 (0.078)		0.1159 (0.178)		-0.0371 (0.072)
Log(DVX)log(internet)		0.0205** (0.010)		-0.0875* (0.051)		-0.0041 (0.029)
pop_urbain (log)	-0.0015 (0.006)	-0.0030 (0.072)	0.1290*** (0.032)	0.2322 (0.149)	-0.0199*** (0.005)	-0.0216*** (0.005)
PIB/habitant (log)	0.2989** (0.119)	0.0470 (0.090)	0.5968 (0.397)	0.1581 (0.173)	-0.2691*** (0.096)	-0.2387** (0.109)
PIB/Capita-SQ	0.0112 (0.008)	0.0064 (0.005)	-0.0030 (0.028)	-0.0081 (0.010)	0.0424*** (0.005)	0.0414*** (0.006)
flux d'IDE	0.0059*** (0.002)	0.0016*** (0.001)	0.0068*** (0.002)	0.0018* (0.001)	0.0068* (0.004)	0.0083** (0.004)
énergie_renouvelable	-0.0208*** (0.001)	-0.0180*** (0.002)	-0.0187*** (0.002)	-0.0247*** (0.003)	-0.0227*** (0.001)	-0.0224*** (0.001)
accès à l'électricité	0.0107*** (0.001)	0.0060*** (0.001)	0.0187*** (0.001)	-0.0051 (0.004)	0.0105*** (0.001)	0.0108*** (0.001)
valeur ajoutée de l'industrie	0.0211*** (0.001)	0.0068*** (0.001)	0.0186*** (0.003)	0.0082*** (0.002)	0.0207*** (0.001)	0.0193*** (0.001)
Constant	-3.1122*** (0.431)	-0.7964 (0.848)	-5.8007*** (1.323)	-3.5816* (1.840)	-0.2792 (0.487)	-0.3580 (0.736)
Observations	2,023	2,023	665	665	1,358	1,358
F-Stat	14183	4865	13682	305.5	25528	24075
Pays FE	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Année FE	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui

Notes: Erreurs types entre parenthèses; \*\*\* p&lt;0.01, \*\* p&lt;0.05, \* p&lt;0.1

**Tableau A8 : Effet modéré de la numérisation dans les GVCP (FVA, DVX) sur la pollution environnementale dans les pays en développement (en utilisant les utilisateurs de téléphones mobiles comme proxy de la numérisation)**

Variables	Pays en développement		Sub-Saharan Africa		Autres pays en développement	
	FVA	DVX	FVA	DVX	FVA	DVX
FVA (log)	0.0641 (0.053)		-0.2652 (0.402)		-0.0165 (0.045)	
FVA_square (log)	0.0002 (0.010)		-0.1372 (0.106)		-0.0097 (0.010)	
mobile (log)	-0.0173 (0.018)	-0.0116 (0.015)	-0.1829** (0.069)	-0.0812** (0.039)	-0.0219** (0.009)	-0.1401*** (0.033)
Log(FVA)*log(mobile)	-0.0000 (0.008)		0.0081 (0.038)		-0.0070 (0.005)	
DVX (log)		-0.1775 (0.265)		0.2043 (0.468)		0.1782 (0.259)
DVX_carré (log)		-0.0242 (0.078)		0.1216 (0.167)		0.0027 (0.074)
Log(DVX)*log(mobile)		-0.0003 (0.009)		-0.0428 (0.033)		-0.0265 (0.022)
pop_urbain (log)	0.0137 (0.071)	0.0198 (0.062)	0.1399*** (0.029)	0.3393** (0.139)	-0.0931** (0.047)	-0.0254*** (0.004)
PIB/habitant (log)	0.1053 (0.098)	0.0729 (0.081)	1.0808*** (0.395)	0.1338 (0.229)	0.1044 (0.082)	-0.0606 (0.128)
PIB/habitant_SQ (log)	0.0044 (0.005)	0.0060 (0.004)	-0.0313 (0.025)	-0.0032 (0.017)	0.0052 (0.005)	0.0298*** (0.007)
Flux d'IDE	0.0019*** (0.001)	0.0021*** (0.001)	0.0093*** (0.002)	0.0022** (0.001)	0.0025 (0.002)	0.0077** (0.004)
énergie_renouvelable	-0.0181*** (0.002)	-0.0179*** (0.002)	-0.0181*** (0.002)	-0.0245*** (0.003)	-0.0156*** (0.002)	-0.0220*** (0.001)
accès_à_l'électricité	0.0060*** (0.001)	0.0061*** (0.001)	0.0156*** (0.001)	-0.0031 (0.004)	0.0087*** (0.001)	0.0107*** (0.001)
valeur ajoutée de l'industrie	0.0066*** (0.001)	0.0068*** (0.002)	0.0192*** (0.003)	0.0075*** (0.002)	0.0044** (0.002)	0.0203*** (0.001)
Constante	-0.8627 (0.856)	-1.1611 (0.778)	-8.3832*** (1.350)	-5.2385** (1.970)	0.5486 (0.747)	-0.7353 (0.729)
Observations	2,036	2,036	667	667	1,369	1,369
F-Stat	3671***	4711***	9539***	205.3***	1482***	44206***
Pays FE	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Année FE	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui

Notes: Erreurs types entre parenthèses; \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

**Tableau A9 : Effet modéré de la numérisation dans les GVCP (FVA, DVX) sur la pollution de l'environnement (en utilisant l'indice de numérisation construit par l'analyse en composantes principales).**

Variables	Pays en développement		Sub-Saharan Africa		Autres pays en développement	
	FVA	DVX	FVA	DVX	FVA	DVX
FVA (log)	-0.1004 (0.201)		1.0618** (0.508)		1.0618** (0.508)	
FVA_carré (log)	-0.0400 (0.056)		0.2097 (0.131)		0.2097 (0.131)	
DIG (log)	-0.0487 (0.032)	-0.1462 (0.107)	-0.3286 (0.250)	-0.4077** (0.192)	-0.3286 (0.250)	-0.4077** (0.192)
Log(FVA)*log(DIG)	0.0080 (0.008)		0.0106 (0.041)		0.0106 (0.041)	
DVX (log)		-0.1648 (0.239)		5.8707*** (0.908)		5.8707*** (0.908)
DVX_carré (log)		-0.0947 (0.070)		2.3295*** (0.350)		2.3295*** (0.350)
Log(DVX)*log(DIG)		-0.0018 (0.027)		0.0070 (0.033)		0.0070 (0.033)
pop_urbain (log)	-0.1645** (0.081)	-0.0145* (0.007)	0.1888*** (0.023)	0.1209*** (0.012)	0.1888*** (0.023)	0.1209*** (0.012)
PIB/capitale (log)	0.6120*** (0.194)	0.4435*** (0.130)	-2.8987*** (0.464)	-3.0519*** (0.572)	-2.8987*** (0.464)	-3.0519*** (0.572)
PIB/Cap.SQ (log)	-0.0219* (0.012)	0.0079 (0.008)	0.2266*** (0.032)	0.2463*** (0.037)	0.2266*** (0.032)	0.2463*** (0.037)
flux d'IDE	-0.0008 (0.001)	0.0039 (0.003)	0.0085 (0.007)	0.0044 (0.005)	0.0085 (0.007)	0.0044 (0.005)
renouvelable_ene	-0.0186*** (0.002)	-0.0197*** (0.001)	-0.0181*** (0.001)	-0.0174*** (0.001)	-0.0181*** (0.001)	-0.0174*** (0.001)
électricité_acc	0.0081*** (0.001)	0.0066*** (0.001)	0.0110*** (0.001)	0.0071*** (0.001)	0.0110*** (0.001)	0.0071*** (0.001)
valeur ajoutée de l'industrie	0.0027 (0.003)	0.0183*** (0.001)	0.0233*** (0.002)	0.0084*** (0.002)	0.0233*** (0.002)	0.0084*** (0.002)
Constante	-0.4974 (1.289)	-3.8192*** (0.639)	6.6149*** (1.488)	10.5466*** (2.741)	6.6149*** (1.488)	10.5466*** (2.741)
Observations	775	775	167	167	167	167
F-Stat	395.5***	50890***	121930***	8855***	121930***	8855***
Pays FE	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Année FE	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui

Notes : Erreurs types entre parenthèses ; \*\*\* p&lt;0.01, \*\* p&lt;0.05, \* p&lt;0.1

Tableau A10 : Matrice de corrélation

Variables	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
(1) lnGVCPS	1.000												
(2) lnDVX	-0.442***	1.000											
(3) lnFVA	0.429***	0.028	1.000										
(4) lnCO2_per_capita	0.094***	0.016	0.022	1.000									
(5) access to electricity	0.126***	-0.248***	-0.067***	0.832***	1.000								
(6) Labour	-0.027	-0.035*	-0.006	-0.254***	-0.302***	1.000							
(7) lpUrban population	-0.363***	0.190***	-0.113***	-0.032*	0.020	-0.064***	1.000						
(8) renewable_energy	-0.174***	0.177***	-0.057***	-0.875***	-0.811***	0.355***	0.055***	1.000					
(9) industry_added	-0.208***	0.209***	0.052***	0.509***	0.332***	-0.177***	0.201***	-0.364***	1.000				
(10) ln(fixed_cap)	-0.162***	0.126***	0.030	0.448***	0.465***	-0.175***	0.799***	-0.379***	0.391***	1.000			
(11) Ln(internet)	0.126***	0.045**	0.209***	0.435***	0.523***	-0.045**	0.064***	-0.394***	0.132***	0.448***	1.000		
(12) ln(mobile_phone)	0.105***	0.116***	0.243***	0.333***	0.392***	-0.034*	0.085***	-0.298***	0.101***	0.429***	0.921***	1.000	
(13) ln(DIG)	0.115***	0.078***	0.229***	0.399***	0.472***	-0.032*	0.075***	-0.352***	0.142***	0.445***	0.976***	0.954***	1.000

Notes : \*\*\*, \*\*, \* et \* indiquent une significativité à 1 %, 5 % et 10 %, respectivement.



## Mission

Renforcer les capacités des chercheurs locaux pour qu'ils soient en mesure de mener des recherches indépendantes et rigoureuses sur les problèmes auxquels est confrontée la gestion des économies d'Afrique subsaharienne. Cette mission repose sur deux prémisses fondamentales.

Le développement est plus susceptible de se produire quand il y a une gestion saine et soutenue de l'économie.

Une telle gestion est plus susceptible de se réaliser lorsqu'il existe une équipe active d'économistes experts basés sur place pour mener des recherches pertinentes pour les politiques.

[www.aercafrica.org/fr](http://www.aercafrica.org/fr)

### Pour en savoir plus :



[www.facebook.com/aercafrica](http://www.facebook.com/aercafrica)



[www.instagram.com/aercafrica\\_official/](http://www.instagram.com/aercafrica_official/)



[twitter.com/aercafrica](https://twitter.com/aercafrica)



[www.linkedin.com/school/aercafrica/](http://www.linkedin.com/school/aercafrica/)

Contactez-nous :

Consortium pour la Recherche Économique en Afrique  
African Economic Research Consortium

Consortium pour la Recherche Économique en Afrique

Middle East Bank Towers,

3rd Floor, Jakaya Kikwete Road

Nairobi 00200, Kenya

Tel: +254 (0) 20 273 4150

[communications@ercafrica.org](mailto:communications@ercafrica.org)