

Tiburce André AGBIDINUOKOUN
Email : agbidat2@gmail.com
ORCID : [0009-0002-2017-3593](https://orcid.org/0009-0002-2017-3593)
Laboratoire Économie et Gestion de l'Ouest
(LEGO) - Brest Business School (BBS)

Ahoudjji Tanguy AGBOKPANZO
Email : agbokpanzo.tanguy@gmail.com
ORCID : [0000-0001-8423-1970](https://orcid.org/0000-0001-8423-1970)
Laboratoire d'Economie Publique (LEP)
Université d'Abomey-Calavi (UAC)

Effet combiné des TIC et de la transition énergétique sur la productivité du travail au Bénin.

Résumé : Cette étude examine l'effet combiné des technologies de l'information et de la communication (TIC) et de la transition énergétique sur la productivité du travail au Bénin sur la période 1991-2023. En mobilisant le modèle *Autoregressive Distributed Lag* (ARDL), elle analyse les relations de court et de long terme entre la productivité et Les résultats montrent que les TIC exercent un effet positif et significatif à long terme sur la productivité du travail, traduisant leur rôle de moteur de l'efficacité et de la compétitivité. En revanche, la consommation d'énergies renouvelables a un impact négatif, indiquant que la transition énergétique demeure encore coûteuse et peu efficiente dans le contexte béninois. Cependant, l'interaction entre TIC et énergies renouvelables est positive, soulignant que la digitalisation peut renforcer l'efficacité énergétique et atténuer les effets défavorables de la transition verte sur la productivité. Par ailleurs, la Formation Brute du capital Fixe contribue positivement à la productivité, confirmant l'importance du capital physique dans la performance du travail.

Mots-clés : transition énergétique – productivité du travail – croissance durable

Combined effect of ICT and energy transition on labor productivity in Benin.

Summary: This study examines the combined effect of information and communication technologies (ICT) and the energy transition on labor productivity in Benin over the period 1991–2023. Using the Autoregressive Distributed Lag (ARDL) model, it analyzes the short- and long-term relationships between productivity and the results show that ICT has a positive and significant long-term effect on labor productivity, reflecting its role as a driver of efficiency and competitiveness. On the other hand, renewable energy consumption has a negative impact, indicating that the energy transition remains costly and inefficient in the Beninese context. However, the interaction between ICT and renewable energies is positive, highlighting that digitalization can enhance energy efficiency and mitigate the adverse effects of the green transition on productivity. Furthermore, GFCF contributes positively to productivity, confirming the importance of physical capital in labor performance.

Keywords: energy transition – labor productivity – sustainable growth

JEL Classification : O33 – O47 – Q55 – Q43..

1. Introduction

Il est aujourd’hui admis que la transition énergétique et les technologies de l’information et de la communication (TIC) exercent un effet positif sur l’économie mondiale. En facilitant la diffusion du savoir, la coordination des activités et la réduction des coûts de transaction, les TIC sont reconnues comme des catalyseurs majeurs de transformation structurelle et d’amélioration de la productivité (Brynjolfsson & Hitt, 2000). Parallèlement, la transition énergétique, à travers la promotion des sources renouvelables, vise non seulement à relever les défis environnementaux, mais aussi à garantir un accès plus large à une énergie fiable et durable, condition essentielle à l’efficacité productive (Wang & Li, 2024).

Dans le contexte africain, ces deux dynamiques représentent des leviers prometteurs de développement. Les énergies renouvelables apparaissent comme une clé du développement durable des pays africains (KfW & GIZ, 2021), tandis que l’expansion rapide des TIC ouvre de nouvelles perspectives pour la compétitivité et la transformation économique. Les travaux d’Agbokpanzo et al. (2023) montrent que la transition énergétique peut optimiser la croissance à long terme, tandis que Jorgenson (2001) a mis en évidence, dans le cas des États-Unis, le rôle déterminant des TIC dans la hausse de la productivité et la performance des entreprises.

Dans des économies africaines telles que le Bénin, où la compétitivité et la diversification économique demeurent des priorités, la productivité du travail s’impose comme un enjeu central du développement. De Brie (1955) soutient que l’accroissement de la productivité est indispensable pour assurer l’approvisionnement des marchés extérieurs, répondre aux besoins des travailleurs salariés et garantir la subsistance des producteurs eux-mêmes. Cette observation demeure pertinente pour le contexte actuel des pays africains, où la faiblesse du rendement du travail reste un problème structurel ancien (Commission sur les salaires des travailleurs africains, 1954).

Le Programme par pays pour la Promotion du Travail Décent (PPTD) au Bénin (2022-2024) indique que 93 % des emplois se situent dans le secteur informel, caractérisé par une faible productivité, une vulnérabilité élevée et une faible diversification des revenus. Cette situation limite la création d’emplois stables et accentue la précarité, freinant ainsi la dynamique de croissance inclusive. Les données récentes confirment cette tendance : la productivité de la main-d’œuvre africaine demeure inférieure à la moyenne mondiale. La pandémie de COVID-19 a accentué cette fragilité, entraînant une contraction moyenne du PIB par travailleur de -3,06 % en 2020, contre -1,06 % au niveau mondial, et une reprise lente dans les années suivantes (Nations Unies, 2025).

Or, comme le souligne Cohen (2010), la productivité d’une main-d’œuvre repose autant sur le capital humain que sur les outils technologiques et l’environnement énergétique qui les soutient. L’articulation entre numérisation et verdissement énergétique pourrait ainsi représenter une voie innovante pour accroître la productivité et soutenir la croissance durable. McKinsey Global Institute (2015) confirme cette vision en affirmant que les investissements conjoints dans les TIC et les infrastructures énergétiques durables sont essentiels pour libérer le potentiel inexploité des économies émergentes.

Cependant, malgré l'abondance de travaux portant séparément sur les TIC et sur la transition énergétique, l'étude de leur effet combiné sur la productivité du travail demeure encore limitée, particulièrement dans le contexte des économies africaines. Les recherches empiriques intégrant ces deux dimensions sont rares et souvent concentrées sur les pays développés, laissant un vide important dans la littérature pour les pays à revenu faible ou intermédiaire, notamment en Afrique francophone. Le présent travail s'inscrit dans cette perspective, en cherchant à examiner l'effet combiné des technologies de l'information et de la communication et de la transition énergétique sur la productivité du travail au Bénin, afin d'apporter des éclairages utiles pour les politiques publiques de développement et de transformation structurelle. La suite de l'article se présente comme suit : la première partie est consacrée à la revue de littérature. La seconde aborde la méthodologie et la troisième interprète les résultats de recherche.

2. Revue de littérature

2.1. Revue théorique

Les TIC sont reconnues pour leur rôle significatif dans l'accroissement de la productivité au niveau microéconomique et macroéconomique. Les travaux pionniers de Brynjolfsson et Hitt (2000) montrent que l'investissement en TIC au niveau des firmes contribue substantiellement à la productivité totale des facteurs, même si cette relation n'apparaît pas clairement dans les statistiques agrégées à l'échelle sectorielle ou nationale. Ces études suggèrent que les TIC agissent non seulement par le biais d'un effet direct sur la production, mais également en catalysant des transformations organisationnelles et des investissements complémentaires, tels que le capital humain et le capital organisationnel. Heckel (2006) confirme que la relation entre TIC et productivité varie selon les méthodes d'estimation, mais souligne que l'utilisation du capital informatique reste positivement corrélée à la productivité, surtout sur le long terme.

Jorgenson (2001) identifie le rôle central de la baisse des prix de l'équipement informatique dans la stimulation de la substitution entre capital et travail pour le renforcement de la croissance de la productivité. Pour Sadik-Zada et al (2022) à l'échelle microéconomique, la digitalisation des entreprises et des administrations améliore la performance organisationnelle et la gouvernance, contribuant à la réduction de la corruption et à une meilleure allocation des ressources. Ainsi, les TIC seraient un facteur clé d'augmentation de l'efficacité et d'innovation organisationnelle, avec des effets cumulatifs significatifs sur le long terme. Parallèlement, la transition énergétique apparaît comme un levier stratégique pour soutenir une croissance économique durable. Wang et Li (2024) soulignent que l'énergie constitue le « fil vital » de l'économie, mais que la dépendance aux énergies fossiles pose de graves problèmes environnementaux et sociaux. Le passage à des sources d'énergie propres et renouvelables permet non seulement de réduire les émissions de carbone, mais aussi de stabiliser l'offre énergétique et de soutenir une croissance soutenable.

Wang & Li, (2024) indiquent qu'en Chine, l'intégration des politiques de transition énergétique avec le développement des TIC a permis d'améliorer l'efficacité énergétique

et de renforcer la croissance économique durable, tout en limitant les impacts environnementaux négatifs. Wang & Ren (2023) estiment que le développement économique moderne est de plus en plus associé à la durabilité environnementale et à l'efficacité énergétique. Dans ce contexte, la productivité totale des facteurs verts (GTFP) est apparue comme un indicateur central pour évaluer la qualité de la croissance économique qui intègre à la fois la production économique et les contraintes environnementales, telles que la consommation énergétique et les émissions polluantes. Cependant, l'impact de l'économie numérique sur la GTFP n'est pas nécessairement linéaire.

Dans les premières phases de développement numérique, la consommation énergétique et les émissions peuvent augmenter en raison des investissements dans les infrastructures numériques et de la numérisation des processus existants, entraînant un effet retard dans les gains environnementaux (Li et al., 2025 ; Zhao et al., 2022). Ainsi, l'effet de l'économie numérique sur la productivité verte est non linéaire et peut présenter un décalage temporel. La transition énergétique constitue un mécanisme médiateur crucial dans ce lien. L'économie numérique favorise l'adoption de modèles à faible consommation énergétique et encourage l'usage des énergies renouvelables, améliorant ainsi l'efficacité énergétique et la réduction des émissions (Kuang et al., 2024 ; Wang et al., 2023). En particulier, l'innovation technologique dans les énergies renouvelables contribue directement à l'amélioration de la GTFP, confirmant le rôle médiateur de la transition énergétique dans le processus de digitalisation (Pao & Fu, 2013 ; Dogan et al., 2020).

Enfin, les effets de l'économie numérique et de la transition énergétique sur la GTFP présentent des dimensions spatiales et hétérogènes. La diffusion technologique et numérique favorise les effets de spillover, améliorant la productivité dans les régions voisines et au-delà des frontières. Toutefois, l'impact varie selon le niveau de développement économique, les infrastructures locales et les capacités institutionnelles, créant des disparités régionales dans l'efficacité de la productivité verte (Zhao et al., 2022 ; Niftiyev, 2022).

2.2. Revue empirique

Les études empiriques menées ces dernières années ont largement exploré le rôle des technologies de l'information et de la communication (TIC) et de la transition énergétique dans la transformation économique, la productivité et la durabilité. Dans les économies développées, plusieurs travaux ont démontré un lien positif et significatif entre l'adoption des TIC et la productivité du travail, bien que des nuances apparaissent selon le contexte institutionnel et la structure du marché du travail. En effet, Gilbert et al. (2020), à partir d'une enquête réalisée en 2018 auprès de 1 065 entreprises manufacturières françaises, ont estimé l'impact des TIC et de la numérisation sur la productivité et la part du travail en utilisant une approche par variables instrumentales inspirée de Bartik (1991). Leurs résultats montrent que le recours à des spécialistes TIC et à des technologies numériques accroît la productivité du travail d'environ 23 % et la productivité totale des facteurs (PTF) de près de 17 %.

Cependant, ces technologies réduisent la part du travail d'environ 2,5 points de pourcentage, soulignant une redistribution du revenu au profit du capital. Ces conclusions sont corroborées dans le contexte africain par Meka'a et al. (2025), qui réexaminent le paradoxe de productivité de Solow à partir des données d'entreprises camerounaises issues de l'enquête de la Banque mondiale. À l'aide d'un modèle Tobit à variables instrumentales, les auteurs montrent que l'utilisation isolée d'un outil TIC n'a pas d'effet significatif sur la productivité, tandis que l'usage combiné de plusieurs outils (courriel, paiement mobile, site web) génère un impact positif et significatif, variant entre 5,88 et 8,88 points. Ces résultats confirment que la complémentarité et la diversité des outils numériques, soutenues par des compétences adaptées, constituent des leviers majeurs d'amélioration de la productivité du travail.

D'autres études se sont intéressées au lien entre la numérisation, la transition énergétique et la productivité dans le secteur de l'énergie. Vu et Hartley (2022), à travers une analyse portant sur treize économies industrialisées entre 2000 et 2015, montrent que la transformation numérique a joué un rôle essentiel dans la croissance et le rattrapage de la productivité du travail dans le secteur de l'électricité. Les actifs numériques et la productivité totale des facteurs apparaissent comme les principaux moteurs de cette croissance, alors que les actifs non liés aux TIC n'ont qu'un effet mineur. Ces résultats mettent en évidence la capacité des TIC à favoriser une utilisation plus efficace de l'énergie et à améliorer la performance des entreprises énergétiques.

Dans le même ordre d'idées, Kuzmin et al. (2024) analysent la numérisation du secteur énergétique russe et soulignent que le capital humain est un déterminant essentiel pour tirer profit des technologies numériques dans la transition vers les énergies renouvelables. À partir d'un modèle de régression ordinaire appliqué à des données issues de 820 entreprises énergétiques, ils montrent qu'un investissement accru dans le capital humain améliore significativement les capacités d'innovation et d'adaptation numérique, ce qui renforce la compétitivité et la durabilité du secteur énergétique.

Les analyses à plus large échelle confirment également la complémentarité entre TIC et transition énergétique, tout en révélant des dynamiques hétérogènes selon les pays et les niveaux de revenu. Wang et Ren (2023) étudient 40 pays des Nouvelles Routes de la Soie sur la période 2006-2021 afin d'évaluer l'impact de l'économie numérique et le rôle médiateur de la transition énergétique sur la productivité totale des facteurs verts. En combinant des approches économétriques variées (MCO, MFOLS, régressions spatiales et indices composites construits par ACP), ils concluent que l'économie numérique exerce globalement un effet négatif sur la productivité verte, mais que la transition énergétique atténue cet impact défavorable. Ils mettent également en évidence des effets de débordement spatial et une hétérogénéité selon le niveau de revenu : l'effet négatif de l'économie numérique sur la productivité est plus marqué dans les pays à revenu élevé, tandis qu'il s'avère insignifiant dans les pays à faible revenu.

Ces résultats enrichissent la littérature en montrant que l'impact des TIC sur la productivité dépend des conditions structurelles et de l'avancement de la transition énergétique. Dans le même contexte asiatique, Wang et Li (2024), à travers un modèle autorégressif à retards distribués quantiles (QARDL) appliqué à la Chine (1995-2020), montrent que la transition énergétique a un effet négatif sur la croissance budgétaire

durable dans les quantiles extrêmes, tandis que les TIC contribuent positivement à cette croissance pour tous les quantiles. Ces auteurs révèlent des relations asymétriques et non linéaires, confirmant que les effets des TIC et de la transition énergétique varient selon le niveau de développement économique. De plus, les tests de causalité de Granger par quantiles confirment l'existence d'une relation bidirectionnelle entre ces variables, ce qui suggère des rétroactions dynamiques entre digitalisation, transition énergétique et croissance.

Dans un cadre plus ciblé sur la qualité environnementale, Saiful et al. (2025) examinent l'impact des TIC et de la transition énergétique sur les émissions de CO₂ dans les pays du Golfe sur la période 2000-2022. À l'aide de l'estimation de deuxième génération « Augmented Mean Group (AMG) » et du test de causalité de Dumitrescu-Hurlin (2012), ils constatent que l'adoption des TIC réduit significativement les émissions de CO₂, notamment grâce à l'efficacité énergétique, au télétravail et à la gestion intelligente de l'énergie. En revanche, l'effet de la transition énergétique, bien que négatif, reste statistiquement non significatif, reflétant la faible intégration des énergies renouvelables dans cette région dominée par les énergies fossiles. Ces résultats suggèrent que les TIC peuvent être un catalyseur pour la durabilité environnementale, même en l'absence d'une transition énergétique pleinement accomplie.

Dans la même perspective, Ullah et al. (2023) examinent les économies du G7 et démontrent, à partir d'un modèle CS-ARDL, que les innovations TIC environnementales, le développement financier et le capital humain ont un effet positif sur la transition énergétique et contribuent à la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Le développement financier amplifie ces effets, agissant comme un facteur modérateur entre TIC et transition énergétique. Ces conclusions soulignent la nécessité d'intégrer les politiques numériques, financières et éducatives pour accélérer la décarbonation des économies avancées.

En Chine, Li et al (2023) mettent également en évidence, à travers un modèle ARDL bootstrap, que les TIC, le développement financier, le capital humain et les dépenses en R&D sont des déterminants clés de la transition énergétique. L'impact des TIC est négligeable à court terme mais significatif à long terme, ce qui montre que la diffusion et l'appropriation technologique requièrent du temps pour produire leurs effets sur le système énergétique. Enfin, Samoilenco et Osei-Bryson (2008), dans une étude sur les économies en transition, montrent à partir d'une fonction de production Cobb-Douglas linéarisée que l'interaction entre les TIC et la main-d'œuvre influence significativement la croissance économique, mais que cet effet varie selon le niveau de développement, révélant l'existence d'un seuil d'adoption à partir duquel les TIC deviennent réellement productives. La contribution de Wang et Qian (2024) s'inscrit dans la littérature récente sur les interactions entre productivité agricole, transition énergétique et justice environnementale.

Leur étude, menée sur la Chine entre 2005 et 2021, met en évidence la manière dont la productivité totale des facteurs (PTF) agricoles s'articule avec les impératifs d'une transition énergétique juste, dans un contexte marqué par de fortes contraintes environnementales et sociales. En mobilisant une approche spatiale et temporelle, les auteurs montrent que la productivité agricole n'est pas uniformément répartie, mais

présente des disparités régionales marquées et des effets d'agglomération significatifs, traduisant une concentration géographique des zones à forte PTF. Les résultats empiriques soulignent une hausse moyenne de la PTF agricole de 2,8 % par an, révélant des progrès techniques et organisationnels dans le secteur, tout en mettant en lumière des périodes de ralentissement (notamment en 2005 et 2021) dues à la combinaison de facteurs économiques, climatiques et institutionnels. Cette dynamique suggère que l'amélioration de la productivité, bien qu'indispensable pour la sécurité alimentaire, peut aussi entraîner des compromis environnementaux, notamment en matière d'émissions de gaz à effet de serre.

2.3. Evolution de l'énergie renouvelable, de l'accès à l'électricité, de l'utilisation de l'internet et de la productivité du travail au Bénin

Entre 1991 et 2023, le Bénin a connu des mutations progressives sur le plan énergétique et technologique, bien que ces évolutions se soient produites à des rythmes différents. Il existe une forte dépendance initiale du pays aux sources d'énergie renouvelables, en particulier la biomasse traditionnelle (bois de chauffe, charbon). Au début des années 1990, la consommation d'énergies renouvelables dépassait 90 % de la consommation totale, mais cette part a progressivement diminué jusqu'à environ 50 % dans les années 2010. Cette baisse reflète une diversification du mix énergétique vers des sources non renouvelables, notamment les importations d'électricité et les centrales thermiques. Cependant, à partir de 2015, on observe une légère reprise de la consommation renouvelable, probablement liée à la mise en œuvre de projets solaires et à l'introduction de politiques de transition énergétique. En revanche, la production d'électricité à partir de sources renouvelables reste très faible durant toute la période, ce qui souligne que l'usage des énergies renouvelables demeure essentiellement domestique et non industriel.

Le nombre d'utilisateurs d'Internet (% de la population), traduit une transformation beaucoup plus récente mais rapide. Jusqu'au début des années 2000, la pénétration du numérique était quasi inexistante. Ce n'est qu'à partir de 2010 qu'une croissance exponentielle s'amorce, coïncidant avec la diffusion massive des téléphones portables et des services Internet mobiles. Entre 2015 et 2023, la proportion d'utilisateurs passe d'environ 5 % à près de 30 %, témoignant d'une accélération de la digitalisation et d'une adoption croissante des TIC dans la société béninoise. Cette évolution s'explique par la baisse du coût des technologies, la libéralisation du secteur des télécommunications, et la montée de politiques publiques visant l'économie numérique. Toutefois, malgré ces progrès, le niveau reste encore en deçà de la moyenne africaine, soulignant la persistance d'une fracture numérique, notamment entre les zones urbaines et rurales.

L'accès à l'électricité révèle une amélioration soutenue au fil du temps. En 1991, moins de 10 % de la population béninoise bénéficiait d'un accès à l'électricité. Cette proportion a crû régulièrement jusqu'à atteindre environ 70 % en 2023, grâce à la mise en œuvre de programmes nationaux d'électrification et à la coopération internationale (MCA, Banque mondiale, BAD, etc.). Après une phase de stagnation autour des années 2005–2015, la progression reprend de manière significative à partir de 2016, portée par l'expansion du réseau et les efforts d'électrification rurale. Cette amélioration traduit une augmentation

du capital énergétique national, indispensable au développement industriel et à la diffusion des TIC.

L'évolution de la productivité du travail au Bénin entre 1991 et 2023 révèle une tendance globalement haussière, bien que marquée par des phases de ralentissement et de reprise cycliques. Au début de la période (1991-1995), la productivité est faible et quasi stagnante. En effet, le Bénin dans cette période des déséquilibres macroéconomiques due à une situation politique morose ce qui entraîne une faible diversification de l'économie béninoise. À partir de la fin des années 1990, une progression régulière s'observe, soutenue par la stabilisation macroéconomique, la libéralisation des marchés et la reprise des investissements publics et privés. Entre 2000 et 2010, la productivité croît lentement, oscillant autour de 3 500 USD par travailleur, reflétant une amélioration modérée de la performance économique, sans véritable saut structurel. La période post-2010 se caractérise par une accélération de la croissance de la productivité, surtout visible après 2016. Cette tendance ascendante peut être attribuée à plusieurs facteurs tels que l'amélioration des infrastructures, les réformes économiques en faveur du climat des affaires, et plus récemment la montée des technologies de l'information et de la communication (TIC) qui ont contribué à l'efficacité du travail dans certains secteurs. À partir de 2020, malgré le choc du COVID-19, la productivité connaît une nette reprise et atteint près de 4 000 USD par travailleur en 2023, soit un niveau historiquement élevé. Cela suggère une résilience économique et une meilleure intégration technologique et énergétique dans la production.

L'évolution du taux de croissance de la productivité est caractérisée par une volatilité marquée. Les fluctuations positives et négatives traduisent la sensibilité de la productivité aux chocs conjoncturels internes et externes. Les années 1990 sont marquées par de fortes variations, dues aux ajustements structurels et à la vulnérabilité de l'économie agricole. Entre 2000 et 2015, le taux de croissance oscille entre -1 % et +3%, témoignant d'une dynamique instable mais globalement positive. Les phases de contraction indiquent des périodes de crise ou de ralentissement économique, tandis que les hausses correspondent à des reprises soutenues par de meilleurs rendements sectoriels. Après 2016, la croissance de la productivité devient plus robuste et positive, culminant à plus de 4% en 2023, signe d'un renforcement de la productivité globale des facteurs et d'une meilleure efficacité du travail.

3. Méthodologie de recherche

3.1. Spécification du modèle autorégressif à retard distribué (ARDL)

A l'instar des travaux de Wang et Li (2024), cette étude utilise l'approche autorégressive à retard distribué (ARDL) développée par Pesaran, Shin et Smith (2001) pour examiner les relations à court et à long terme entre la productivité du travail et un ensemble de variables explicatives, notamment les technologies de l'information et de la communication (TIC), la consommation d'énergies renouvelables, leur interaction et la formation brute de capital fixe au Bénin sur la période 1991-2023.

La méthodologie ARDL est particulièrement adaptée à cette recherche pour trois raisons principales. Premièrement, elle permet d'analyser les relations entre des variables

intégrées d'ordres différents, $I(0)$ ou $I(1)$, sans risque de régression fallacieuse. Deuxièmement, cette approche permet de saisir à la fois la dynamique à court terme et les relations d'équilibre à long terme dans un cadre unique, ce qui est essentiel pour comprendre comment la diffusion des TIC et la transition énergétique influencent conjointement la productivité au fil du temps. Troisièmement, la procédure de test des limites ARDL fournit un test robuste de cointégration, même avec des échantillons de petite taille, ce qui la rend appropriée pour les économies en développement comme le Bénin, où la disponibilité des données est limitée. Ainsi, le modèle général $ARDL(p, q_1, q_2, q_3, q_4)$ peut être spécifié comme suit :

$$\begin{aligned} \Delta ProdTravail_t &= \alpha_0 + \sum_{i=1}^{p_1} \phi_1 \Delta ProdTravail_{t-i} + \sum_{j=0}^{q_1} \beta_1 \Delta TIC_t \\ &+ \sum_{k=0}^{q_2} \gamma_k \Delta Cons_Energ_renouv_t \\ &+ \sum_{l=0}^{q_3} \delta_l \Delta (TIC * Cons_Energ_renouv)_{t-i} \\ &+ \sum_{m=0}^{q_4} \theta_m \Delta Z_{t-i} + \lambda_1 ProdTravail_{t-1} + \lambda_2 TIC_{t-1} \\ &+ \lambda_3 Cons_Energ_renouv_{t-1} + \lambda_4 Z_{t-i} + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (1)$$

3.2. Spécification du modèle à correction d'erreur (ECM)

Sur la base des résultats des critères de sélection du modèle (AIC et BIC), la spécification $ARDL(1,1,0,1,0)$ a été retenue comme la plus appropriée pour analyser l'interaction dynamique entre la diffusion des TIC, la consommation d'énergies renouvelables et la productivité du travail au Bénin. Le modèle d'estimation $ARDL(1,1,0,1,0)$ correspond à la forme ECM suivante :

$$\begin{aligned} \Delta ProdTravail_t &= \alpha_0 + \phi_1 \Delta ProdTravail_{t-i} + \beta_0 \Delta TIC_t + \beta_1 \Delta TIC_{t-1} \\ &+ \gamma_0 Cons_Energ_renouv_t + \delta_0 TIC * Cons_Energ_renouv_t \\ &+ \delta_1 TIC * Cons_Energ_renouv_{t-1} + \theta_m \Delta Z_{t-i} \\ &+ \lambda_1 ProdTravail_{t-1} + \lambda_2 TIC_{t-i} + \lambda_3 Cons_Energ_renouv_{t-1} \\ &+ \lambda_4 TIC * Cons_Energ_renouv_{t-i} + \lambda_5 Z_{t-i} + \varepsilon_t \end{aligned}$$

Où $ProdTravail_t$ Productivité représente la productivité du travail, TIC_t désigne le niveau d'adoption des technologies de l'information et de la communication (mesuré par l'utilisation d'Internet), $Cons_Energ_renouv$ est la part des énergies renouvelables dans la consommation totale d'énergie, $TIC * Cons_Energ_renouv$ capture l'effet d'interaction entre la diffusion des TIC et la consommation d'énergies renouvelables, Z_{t-1} un vecteur de variables telles que la formation brute de capital fixe, ε_t est le terme d'erreur stochastique. Les coefficients à court terme (variables Δ) reflètent les effets immédiats de la diffusion des TIC et de la transition énergétique sur la productivité,

tandis que les termes de niveau décalés reflètent la relation d'équilibre à long terme. La signification et le signe du terme de correction d'erreur décalé indiquent la vitesse d'ajustement vers la stabilité à long terme. Le terme de correction d'erreur (ECM) dérivé du modèle ARDL indique la vitesse à laquelle les déséquilibres à court terme sont corrigés pour tendre vers l'équilibre à long terme.

Effet marginal

$$\text{Effet marginal TIC}_t = \frac{\partial \text{ProdTravail}}{\partial \text{TIC}} = \beta_1 + \beta_3 (\text{TIC} * \text{Energ_renouv})_t$$

3.2. Données et sources

Les données utilisées dans ce papier proviennent principalement de la Banque Mondiale notamment le *World Development Indicators* (WDI). L'étude étant réalisée sur le Bénin, la période d'étude est 1991 à 2023. Le tableau 1 indique les sources des variables.

Tableau 1 : Variables et sources

Variable	Définition	Source
GDPc	GDP (constant 2015 US\$)	WDI
Ratio Empl	Taux d'emploi par rapport à la population âgée de 15 ans et plus, total (%) (estimation modélisée de l'OIT)	WDI
Cons EneRenew	Consommation d'énergies renouvelables (% de la consommation totale d'énergie)	WDI
Util_int	Utilisateurs d'Internet (% de la population)	WDI
Accès_élec	Accès à l'électricité (% de la population)	WDI
FBCF	Formation brute de capital fixe (% du PIB)	WDI
Popu urb	Population urbaine (% du total)	WDI
Emploi total	Emploi total	WDI
Productivité	Productivité du travail	WDI

Source : Réalisé par les auteurs à partir des données de WDI.

$$\text{Calcul de l'emploi total : } \text{emploi total}_t = \left(\frac{\text{ratio_emploi}_t}{100} \right) * \text{population active}_t$$

$$\text{Calcul de la productivité : } \text{Productivité de travail}_t = \frac{\text{GDP (constant USD)}_t}{\text{emploi total}_t}$$

Le tableau 2 présente les statistiques descriptives des variables utilisées dans l'étude. Il ressort que la consommation d'énergies renouvelables (Cons_EneRenew) atteint en moyenne 64 %, mais avec un écart-type élevé (17,12), illustrant des progrès notables mais inégaux dans la transition énergétique. L'utilisation d'internet (Util_int) reste encore limitée en moyenne (7%), bien que sa forte dispersion (9,99) traduise une adoption progressive des TIC au cours du temps, passant de 0 à plus de 32 %. Le taux d'accès à l'électricité (Accès_élec) est relativement faible, avec une moyenne de 27,17 % et une forte variabilité (14,48), reflétant la persistance d'inégalités d'accès énergétique ; la valeur minimale négative peut s'expliquer par une anomalie

d'imputation statistique. La formation brute de capital fixe (FBCF) représente en moyenne 19,38 % du PIB, signalant un niveau d'investissement stable dans le processus de production. La population urbaine (Popu_urb) représente 42 % en moyenne, avec une tendance à la hausse traduisant le processus d'urbanisation accélérée observé dans les pays en développement. L'emploi total est en moyenne de 2,74 millions de personnes, ce qui témoigne d'une dynamique démographique et économique importante malgré les disparités régionales. Enfin, la productivité du travail (Productivité) présente une moyenne de 3205 unités avec une dispersion modérée (286,6), ce qui reflète une amélioration graduelle de l'efficacité du travail.

Tableau 2 : Statistiques descriptives des variables imputées

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
GDPc	33	9.022e+09	3.861e+09	4.126e+09	1.783e+10
Ratio Empl	33	71.797	1.258	69.977	74.635
Cons EneRenew	33	64.033	17.12	44	95
Util int	33	7.016	9.988	0	32.208
Accès_élec	33	27.169	14.48	-5.948	57
FBCF	33	19.383	5.029	12.956	34.122
Popu urb	33	41.985	4.533	35.247	50.1
Emploi total	33	2738261	939226.96	1501901.9	4612091
Productivité	33	3205.312	286.592	2696.623	3866.144

Source : Auteurs, réalisé à partir des données de WDI

Le tableau 3 présente la matrice de corrélation entre les principales variables du modèle. Il ressort que la productivité du travail entretient une forte corrélation positive avec la population urbaine (0,946), l'accès à l'électricité (0,961), la formation brute de capital fixe (0,823) et l'utilisation d'internet (0,818). Cela indique que l'urbanisation, l'investissement productif et la diffusion des TIC contribuent positivement à l'amélioration de la productivité. De même, la forte corrélation entre l'accès à l'électricité et la population urbaine (0,925) suggère que les zones urbaines bénéficient davantage des infrastructures énergétiques, favorisant ainsi un meilleur accès aux technologies et à l'emploi productif. En revanche, la consommation d'énergies renouvelables (Cons_EneRenew) présente des corrélations négatives relativement élevées avec la majorité des variables, notamment avec la productivité (-0,765), la population urbaine (-0,775) et l'accès à l'électricité (-0,779).

Tableau 3 : Matrice de corrélation

Variables	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
(1) Cons_EneRenew	1.000					
(2) Util_int	-0.435	1.000				
(3) Accès_élec	-0.779	0.767	1.000			
(4) FBCF	-0.384	0.929	0.790	1.000		
(5) Popu_urb	-0.775	0.884	0.925	0.825	1.000	
(6) Productivité	-0.765	0.818	0.961	0.823	0.946	1.000

Source : auteurs, réalisé à partir des données de WDI

4. Présentation et analyse des résultats

Le tableau 4 présentent les résultats des estimations du modèle ARDL notamment l'estimation du modèle ARDL (1,1,0,1,0) de la productivité du travail. Par ailleurs, pour l'ensemble des modèle 1 à 4, la valeur du R^2 est en moyenne de 0.9869, ce qui indique que près de 98,7 % les variables incluses dans les différents modèles ont une forte capacité explicative de la dynamique de la productivité du travail. Les estimations du modèle appliqué à la productivité du travail prennent en compte les technologies de l'information et de la communication (TIC), la consommation d'énergie renouvelable, de l'investissement (FBCF), de l'accès à l'électricité et de la population urbaine. Les quatre spécifications proposées visent à tester la robustesse du modèle, notamment à travers l'introduction progressive des variables de contrôle et de l'effet d'interaction entre les TIC et la transition énergétique. Les critères d'information (AIC et BIC) confirment par ailleurs la bonne spécification du modèle, le modèle (1) apparaissant comme le plus parcimonieux. Les résultats du modèle (1) révèlent d'abord une forte persistance de la productivité : le coefficient associé à la productivité retardée est positif et significatif au seuil de 1%. En effet, lorsque la productivité observé l'année précédente augmente de 1 point, cela entraîne une hausse de la productivité courante d'environ 0,618 point ce qui traduit une persistance marquée. Cette situation traduit un effet de mémoire de la productivité du travail. Le coefficient de l'utilisation d'Internet exerce un effet négatif et significatif sur la productivité du travail au seuil de 1%. Cela signifie qu'à court terme, une augmentation de 1% de l'utilisation d'internet est associée à une baisse de la productivité du travail d'environ 41,86 dollars USD par travailleur. Ce résultat est conforme aux résultats de Wang et Ren (2023) et Li et al (2023) qui montre que l'économie numérique exerce influence négativement la productivité. Cette relation négative peut s'expliquer par les coûts d'adaptation technologique des populations, la mauvaise utilisation des outils numériques de ces derniers à des fins productives, ou encore un décalage temporel entre adoption et gains de performance des TIC.

Par contre, le coefficient de la valeur retardée de l'utilisation d'internet influence positivement et de manière significative la productivité du travail au seuil de 5%. Ainsi, à long terme, une augmentation d'une unité de l'utilisation d'internet l'année précédente entraîne une hausse de la productivité de 36,43 dollars USD par travailleur. Cela indique que les bénéfices des TIC apparaissent avec le temps, une fois les technologies intégrées dans les processus de production, la main-d'œuvre formée et les infrastructures stabilisées. Ce résultat suggère que les investissements liés aux TIC entraînent des coûts initiaux importants avant de produire des gains d'efficacité dans le temps, une dynamique conforme à la littérature sur la diffusion technologique. Ce résultat est cohérent avec la littérature empirique sur la « productivity paradox » de Solow et les travaux de Jorgenson (2001) et Brynjolfsson & Hitt (2000), qui montrent que les effets positifs des TIC se manifestent avec un délai d'ajustement structurel.

La consommation d'énergie renouvelable a, quant à elle, un effet négatif et significatif sur la productivité de travail au seuil de 5%. Une augmentation de 1% de la consommation d'énergie renouvelable est associée à une diminution de la productivité du travail de 4,323 dollars USD par travailleur à court terme. Ces résultats sont conformes à ceux trouvés par Wang et Li (2024). En effet, Wang et Li (2024) montrent

que la transition énergétique a un effet négatif sur la productivité. L'effet négatif peut s'expliquer par le fait que des coûts d'ajustement initiaux liés à la transition énergétique, notamment les investissements dans de nouvelles infrastructures, les formations des travailleurs et l'adaptation des processus productifs aux sources renouvelables.

Tableau 4 : Estimation par la méthode ARDL de l'effet combiné des TIC et de l'énergie renouvelable

VARIABLES	(1) Model	(2) Model	(3) Model	(4) Modèle
L.Productivite	0.618*** (0.150)	0.273 (0.225)	0.263 (0.234)	0.720*** (0.113)
Util_int	-41.86*** (12.03)	-57.94*** (18.21)	-60.38** (21.05)	-15.28** (6.118)
L.Util_int	36.43** (14.54)	49.62*** (16.81)	50.95** (18.03)	15.75** (7.160)
Cons_EneRenew	-4.323** (1.885)	-5.877* (3.156)	-5.954* (3.252)	0.0188 (0.947)
Interaction_TIC_Energie	0.489** (0.217)	0.793** (0.320)	0.822** (0.347)	- -
L.Interaction_TIC_Energie	-0.382 (0.253)	-0.512* (0.263)	-0.535* (0.285)	- -
Accè_eclec	- -	-6.844 (4.262)	-7.033 (4.435)	0.929 (2.717)
L.Accès_eclec	- -	3.076 (2.853)	2.955 (2.965)	3.740 (2.845)
L2.Accès_elec	- -	6.098 (4.127)	5.853 (4.343)	- -
FBCF	13.22*** (4.143)	3.116 (6.062)	3.235 (6.235)	9.537* (4.931)
L.FBCF	- -	5.592 (4.810)	6.200 (5.493)	- -
Popu_urb	- -	- (11.36)	2.859 -	- -
Constant	1,274** (580.4)	2,482** (886.4)	2,404** (960.3)	626.7* (346.8)
Observations	31	31	31	31
R-squared	0.987	0.990	0.990	0.986
AIC	315.4684	315.7993	317.6904	317.1117
BIC	326.9403	333.0071	336.3322	328.5836

Source : auteurs, réalisé à partir des données de WDI.

Note : Standard errors in parentheses, *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

À court terme, la transition vers les énergies renouvelables peut ralentir légèrement la productivité, mais cela ne remet pas en cause ses bénéfices potentiels à moyen et long

terme (réduction des coûts énergétiques, durabilité, meilleure fiabilité énergétique). Ce résultat est cohérent avec l'idée que les innovations ou changements technologiques majeurs nécessitent une période d'adaptation avant d'améliorer pleinement la productivité. Toutefois, l'interaction entre TIC et énergie renouvelable est positive et significative, montrant que la combinaison des technologies numériques et des sources d'énergie propres peut générer des gains de productivité. Cet effet tend néanmoins à s'atténuer dans le temps, comme l'indique le signe négatif du terme retardé. En effet, le coefficient de l'interaction entre l'utilisation d'internet et de la consommation de l'énergie renouvelable est positif et significatif au seuil de 1%. Une augmentation d'une unité de l'interaction entre l'utilisation des TIC et la consommation d'énergie renouvelable entraîne une augmentation de la productivité du travail de 0,489 dollars USD par travailleur à court terme. Ainsi, la combinaison des TIC et des énergies renouvelables a un effet synergique positif sur la productivité. Cela suggère que l'usage des TIC est plus efficace lorsque les infrastructures énergétiques sont fiables et durables. Les TIC atténuent l'effet négatif de la transition énergétique et permet une meilleure efficacité de la consommation énergétique sur la productivité du travail. Ces résultats s'alignent sur les travaux de Meka'a et al. (2025) qui montrent que l'efficacité sur la productivité dépend de l'effet combiné entre les TIC et la transition énergétique.

Par ailleurs, le coefficient de la formation brute de capital fixe (FBCF) est positif et significatif au seuil de 1%. Une augmentation d'une unité de FBCF entraîne une augmentation de la productivité du travail de 13.22 unités. Cela confirme le rôle moteur de l'investissement dans la productivité. En revanche, l'accès à l'électricité et la population urbaine ne présentent pas d'effet significatif, traduisant sans doute des disparités structurelles dans la qualité des infrastructures. Enfin, le modèle sans interaction se révèle moins performant, ce qui confirme la pertinence d'intégrer le lien combiné entre TIC et transition énergétique dans l'analyse des déterminants de la productivité du travail.

4.1. Estimation du modèle de court et de long terme

Le tableau 5 présente les estimations du modèle ARDL appliqué à la productivité du travail en fonction des technologies de l'information et de la communication (TIC), de la consommation d'énergie renouvelable, de l'investissement (FBCF) et de l'interaction entre TIC et transition énergétique. La distinction entre effets à court terme (SR) et à long terme (LR), ainsi que le terme de correction du déséquilibre (ADJ), permet d'apprécier la dynamique de la productivité. Les coefficients de détermination sont élevés ($R^2 = 0,678$ pour tous les modèles), indiquant que les variables explicatives capturent une proportion importante de la variation de la productivité. Le Bounds test de Pesaran et al. (2001) (Bounds test = 8,95) confirme l'existence d'une relation de cointégration. Ainsi, le test confirme un lien stable de long terme entre productivité et les variables étudiées.

Par ailleurs, l'évaluation de la validité du modèle économétrique révèle des résultats satisfaisants. En effet, les résultats du test de Breusch-Godfrey montrent que les statistiques du khi-deux pour les retards d'ordre 1 et 2 ($\chi^2 = 1.259$ et 2.901) ne sont pas significatives, avec des probabilités respectives de 0.2618 et 0.2344, supérieures à 5 %. Ces résultats conduisent à ne pas rejeter l'hypothèse nulle d'absence d'autocorrélation

des erreurs. Autrement dit, les résidus du modèle ne présentent pas de dépendance sérielle. Ainsi, il confirme la validité temporelle des estimations. Le test d'hétéroscédasticité de Breusch-Pagan ($\chi^2 = 0.13$) indique également que la variance des erreurs est constante, puisque la probabilité associée au test est largement supérieure à 0.05. Le modèle ne souffre donc pas d'hétéroscédasticité, et les estimateurs obtenus sont efficaces et non biaisés. Enfin, le test de normalité de Shapiro-Wilk ($W = 0.9589$) montre que la distribution des résidus ne s'écarte pas significativement de la loi normale. Cette normalité est essentielle pour la validité des tests de significativité des coefficients et renforce la fiabilité statistique du modèle.

Le modèle (1) présente le terme d'ajustement du modèle à correction d'erreur (ECM). Les résultats révèlent une forte persistance de la productivité. En effet, le terme de correction d'erreur ou la force de rappel du modèle (ECM = -0.382) est négatif et significatif au seuil de 5%. Ainsi, après un choc qui éloigne la productivité de son niveau d'équilibre, le modèle corrige environ 38 % de l'écart en un an, de sorte qu'il faut en moyenne 1,44 an pour réduire de moitié cet écart. Cela confirme indépendamment que les déséquilibres de court terme sont corrigés vers l'équilibre de long terme.

Concernant le modèle (2) et (3), l'utilisation d'Internet présente un effet négatif non significatif à long terme indiquant que la diffusion d'Internet seule ne stimule pas directement la productivité. Par contre, il existe un effet positif et significatif au seuil de 5% à court terme. Une augmentation d'une unité d'utilisation des TIC entraîne une diminution moyenne de 41,86 unités de productivité. Cela peut refléter un ajustement temporaire ou un coût d'adaptation initial aux TIC. Ainsi, les TIC entraînent des coûts d'adaptation initiaux avant de produire des gains d'efficacité.

La consommation d'énergie renouvelable a un effet négatif et significatif à long terme au seuil de 10%. En effet, à long terme, une augmentation d'une unité de consommation d'énergie renouvelable réduit la productivité de 11,3 dollars USD. De même, à court terme, une hausse de 1 % de la consommation d'énergie renouvelable diminue la productivité de 4,32 dollars USD (phase de transition technologique). Cette situation peut s'expliquer par le fait que la transition énergétique pourrait inefficace sur la productivité travail si aucun complément technologique n'est fait. Par ailleurs, à long terme, l'effet de l'interaction entre TIC et énergie renouvelable est positive mais non significative. Par contre, à court terme, l'interaction des TIC avec l'énergie renouvelable produit un effet positif et significatif (0,489) au seuil de 5%. Ainsi, l'effet combiné des TIC et de la consommation de l'énergie renouvelable stimule la productivité de 4,89 dollars USD.

Concernant l'investissement en capital fixe (FBCF), A long terme, l'influence est positive et significatif au seuil de 10%, confirmant son rôle moteur dans la productivité. A court terme, la FBCF maintient également un impact positif et significatif au seuil de 1% ce qui confirme le rôle structurant de l'investissement physique. Ainsi, le modèle étudié met en évidence que la productivité du travail est influencée par la dynamique combinée des TIC et de la transition énergétique, et que l'investissement en capital reste un levier essentiel pour améliorer les performances économiques.

Tableau 5 : Estimation ARDL (1,1,0,1,0) effets à court et long terme sur la productivité du travail

VARIABLES	(1)	(2)	(3)
	Model ADJ	Model LR	Model SR
L.Util_int	- -	-14.20 (15.44)	-
L.Cons_EneRenew	- -	-11.30*** (1.444)	-
L.Interaction_TIC_Energie	- -	0.279 (0.319)	-
L.FBCF	- -	34.56* (16.77)	-
L.Productivite	-0.382** (0.150)	- -	-
D.Util_int	- -	- (12.03)	-41.86***
D.Cons_EneRenew	- -	- (1.885)	-4.323**
D.Interaction_TIC_Energie	- -	- (0.217)	0.489**
D.FBCF	- -	- (4.143)	13.22***
Constant	- -	- (580.4)	1,274**
F-statistic (Pesaran et al., 2001) / Bounds test	8.95***	-	-
Prob > F	0.0004	-	-
Observations	31	31	31
R-squared	0.678	0.678	0.678

Test d'autocorrélation

Breusch-Godfrey autocorrelation	LM	test for χ^2 (Chi2)/ (W)	df	Prob > χ^2
Lag (1)		1.259	1	0.2618
Lag (2)		2.901	2	0.2344

Test d'hétéroscédasticité

Breusch-Pagan	0.13	1	0.7176
---------------	------	---	--------

Test de normalité des résidus

Shapiro-Wilk W test	0.9589	0.654	0.2565
---------------------	--------	-------	--------

Source : auteur, réalisé à partir des données de WDI.

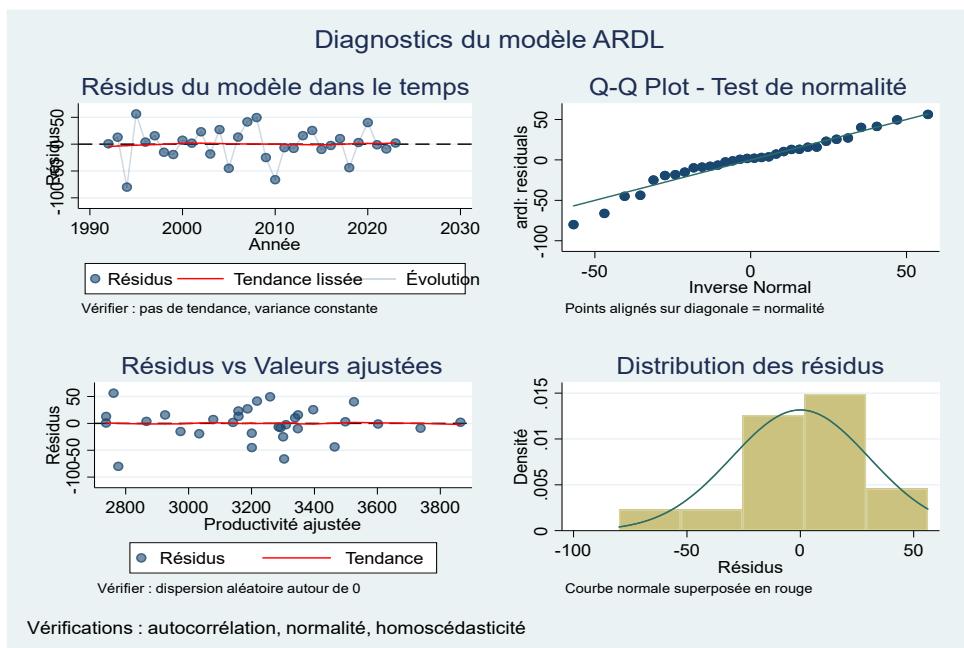
Note : Standard errors in parentheses, *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

4.2. Post-estimation

Le tracé du CUSUM confirme que les paramètres estimés du modèle restent stables dans le temps. Le modèle économétrique est correctement spécifié et que les relations estimées demeurent valides sur l'ensemble de la période. Ainsi, les effets des facteurs explicatifs sur la productivité n'ont pas subi de modifications profondes dans le temps, malgré les chocs économiques et politiques ponctuels.

L'examen graphique 1 montre que le modèle ARDL présente globalement de bonnes propriétés statistiques. En effet, le graphique « *Résidus du modèle dans le temps* », illustre l'évolution des résidus autour de zéro sur la période 1991-2023. On observe que la majorité des points se distribuent de manière aléatoire autour de la ligne de base (zéro), sans tendance marquée ni structure cyclique visible.

Graphique 4 : diagnostics du modèle ARDL



Source : auteurs, à partir des données de WDI.

La variance des résidus semble constante dans le temps, ce qui suggère l'absence d'hétéroscédasticité et d'autocorrélation. Cela confirme que les erreurs du modèle ne présentent pas de dépendance temporelle significative, condition essentielle pour la validité des tests de significativité des coefficients. Le graphique « *le Q-Q Plot (Quantile-Quantile Plot)* », compare la distribution empirique des résidus à une distribution normale théorique.

Les points s'alignent globalement sur la diagonale, bien que de légers écarts apparaissent aux extrémités. Cette configuration indique que les résidus suivent approximativement une loi normale qui valident l'hypothèse de normalité. Le graphique, « *Résidus vs Valeurs ajustées* », vérifie la linéarité et la constance de la variance. La dispersion des

points autour de la ligne horizontale est aléatoire, sans forme systématique ni éventail croissant. Cette absence de structure spécifique confirme que le modèle ne souffre pas d'un problème de spécification fonctionnelle et que l'homoscédasticité (variance constante des erreurs) est respectée. Enfin, le quatrième « *Distribution des résidus* », montre l'histogramme des résidus superposé à une courbe normale théorique. La forme est proche d'une distribution en cloche, centrée autour de zéro, ce qui confirme visuellement la normalité approximative des erreurs. De légères asymétries peuvent exister, mais elles ne semblent pas suffisamment importantes pour remettre en cause la validité du modèle.

5. Conclusion

La productivité du travail et l'énergie renouvelable constituent chacune un moteur central du développement économique et de l'amélioration du bien-être social. L'objectif de ce papier est d'examiner l'influence de l'effet combiné des TIC et de la transition énergétique sur la productivité du travail au Bénin. Les résultats issus du modèle ARDL mettent en évidence une relation complexe mais cohérente entre les technologies de l'information et de la communication (TIC), la transition énergétique et la productivité du travail au Bénin. À court terme, l'usage accru d'Internet exerce un effet négatif et significatif sur la productivité. Cependant, à long terme, cet effet tend à s'inverser : la diffusion et la maîtrise progressive des outils numériques permettent d'améliorer l'efficacité des travailleurs et de stimuler la croissance de la productivité. Par ailleurs, la consommation d'énergie renouvelable présente un effet négatif, tant à court qu'à long terme ce qui peut s'expliquer par la faible maturité du secteur énergétique vert au Bénin, les coûts d'investissement élevés et les contraintes technologiques encore présentes. Néanmoins, l'interaction positive et significative entre les TIC et les énergies renouvelables permet de confirmer que leur combinaison favorise la transition vers une productivité durable. En d'autres termes, les TIC joue un rôle d'accélérateur dans l'exploitation efficiente des énergies renouvelables. Les résultats recommandent que des efforts des décideurs politiques impliquant une synergie entre digitalisation et transition énergétique constituent un levier stratégique pour accroître la productivité du travail et soutenir une croissance durable au Bénin.

6. Références bibliographiques

- Agbokpanzo, a. T., Houssou, k. P., Zogbasse, s., & Alinsato, a. S. (2023). Transition énergétique dans les pays de l'UEMOA : quel rôle dans l'amélioration du bien-être du genre ? *Revue Française d'Economie et de Gestion*, 4(5).
- Bartik, T. J. (1991). Who benefits from state and local economic development policies?. W.E. Upjohn Institute for Employment Research. 1-1-1991 <https://doi.org/10.17848/9780585223940>
- Brynjolfsson, E., & Hitt, L. (2000). Beyond Computation: Information Technology, Organizational Transformation and Business Performance. *Journal of Economic Perspectives*, 14(4), 23-48. <https://doi.org/10.1257/jep.14.4.23>

- Cohen, D. (2010). *Trois leçons sur la société post-industrielle*. Paris : Le Seuil.
- de Briey, P. (1955). La productivité du travailleur africain. *Revue internationale du travail*, 72(23), 129-149.
- Dogan, E., Altinoz, B., Madaleno, M., & Taskin, D. (2020). The impact of renewable energy consumption to economic growth: a replication and extension of. *Energy Economics*, 90, 104866. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2020.104866>
- Dumitrescu E.I., Hurlin, C. (2012) Testing for Granger non-causality in heterogeneous panels. *Economic Modelling* 29(4): 1450–1460. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2012.02.014>
- El Doumi, M., Ahmed, S., & Kane, I. (2024). Énergie propre et productivité industrielle : une approche empirique pour l'Afrique de l'Ouest. *Revue d'Économie du Développement Durable*, 12(1), 47-65.
- Heckel, T. (2006). Effets de l'informatisation sur la productivité et la demande de capital humain. *Doctoral dissertation*, Université Panthéon-Sorbonne-Paris I.
- Jorgenson, D. W. (2001). Information technology and the US economy. *American Economic Review*, 91(1), 1-32. <https://doi.org/10.1257/aer.91.1.1>
- KfW, G. I. Z. (2021). *La transition vers les énergies renouvelables en Afrique : Renforcer l'accès, la résilience et la prospérité*.
- Kuang, Y., Fan, Y., Bin, J., & Fan, M. (2024). Impact of the digital economy on carbon dioxide emissions in resource-based cities. *Scientific Reports*, 14(1), 16514. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-66005-0>
- Kuzmin, E., Vlasov, M., Strielkowski, W., Faminskaya, M., & Kharchenko, K. (2024). Digitalization of the energy sector in its transition towards renewable energy: A role of ICT and human capital. *Energy Strategy Reviews*, 53, 101418. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2024.101418>
- Li, J., Qamri, G. M., Tang, M., & Cheng, Y. (2025). Connecting the sustainability: How renewable energy and digitalization drive green global value chains. *Journal of Environmental Management*, 380, 124779. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.124779>
- Li, W., Cao, N., & Xiang, Z. (2023). Drivers of renewable energy transition: The role of ICT, human development, financialization, and R&D investment in China. *Renewable Energy*, 206, 441-450. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.02.027>
- McKinsey Global Institute. (2015). *Digital Globalization: The New Era of Global Flows*. McKinsey & Company.
- Meka'a, C. B., Njiepu Nouffeussie, A. C., & Nzepang, F. (2025). Effects of ICTs on labor productivity: A re-examination of Solow's paradox through the prism of the joint use of ICT tools in Cameroonian firms. *Journal of the Knowledge Economy*, 16(2), 10865-10890. <https://doi.org/10.1007/s13132-024-02241-z>
- Nations Unies. Conseil économique et social (2025) ECA/RFSD/2025/7

- Niftiyev, I. (2022). Dutch disease-led de-industrialization in the Azerbaijan's economy: analysis of the chemicals industry. *Doctoral dissertation*, University of Szeged (Hungary).
- Pao, H. T., & Fu, H. C. (2013). Renewable energy, non-renewable energy and economic growth in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 381-392. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.05.004>
- Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of applied econometrics*, 16(3), 289-326. <https://doi.org/10.1002/jae.616>
- Sadik-Zada, E. R., A. Gatto, and I. Niftiyev (2022). "E-government and petty corruption in public sector service delivery". *Technology Analysis and Strategic Management*. Advance online publication
- Saiful Islam, M., Rehman, A. U., Moiz, M. A., & Al-Samhi, N. M. (2025). ICT, energy transition, and environmental quality in the gulf : A second-generation panel analysis. *Information Development*. <https://doi.org/10.1177/0266669251350271>
- Samoilenko, S., & Osei-Bryson, K. M. (2008). An exploration of the effects of the interaction between ICT and labor force on economic growth in transition economies. *International Journal of Production Economics*, 115(2), 471-481. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.07.002>
- Ullah, S., Adebayo, T. S., Irfan, M., & Abbas, S. (2023). Environmental quality and energy transition prospects for G-7 economies: The prominence of environment-related ICT innovations, financial and human development. *Journal of Environmental Management*, 342, 118120. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118120>
- Vu, K., & Hartley, K. (2022). Effects of digital transformation on electricity sector growth and productivity: A study of thirteen industrialized economies. *Utilities Policy*, 74, 101326. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2021.101326>
- Wang, A., & Ren, J. (2023). The impact of the digital economy on green total factor productivity in Belt and Road countries: the mediating role of energy transition. *Frontiers in Environmental Science*, 11, 1213961. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1213961>
- Wang, S., & Li, W. (2024). Effects of ICT and energy transition on sustainable fiscal growth: Empirical evidence from China. *Engineering Economics*, 35(2), 209-221. <https://doi.org/10.5755/j01.ee.35.2.33431>
- Wang, Y., & Qian, Y. (2024). Driving factors to agriculture total factor productivity and its contribution to just energy transition. *Environmental Impact Assessment Review*, 105, 107369. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2023.107369>
- Zhao, S., Hafeez, M., and Faisal, C. M. N. (2022). Does ICT diffusion lead to energy efficiency and environmental sustainability in emerging Asian economies? *Environmental Science and Pollution Research*. 2022, 12198–12207. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16560-0>