
Actes de la deuxième conférence internationale sur la Francophonie économique

L'ENTREPRENEURIAT ET L'INSERTION PROFESSIONNELLE DES JEUNES ET DES FEMMES EN AFRIQUE FRANCOPHONE

Université Mohammed V de Rabat, 2-4 mars 2020

LES EFFETS DES TIC SUR LES EMPLOIS ET LES QUALIFICATIONS PROFESSIONNELLES : LE CAS EMPIRIQUE DES PAYS DE L'UEMOA

Aimé Kocou DADEGNON

Doctorant en Economie, membre de la Chaire Organisation Mondiale du Commerce-Commerce International et Développement Inclusif OMC-CIDI et du Centre de Recherche, d'Analyse et de Politiques Economiques CRAPE / FASEG-Université d'Abomey-Calavi, Bénin
aimedadegnon@yahoo.fr

Charlemagne Babatoundé IGUE

*Professeur Titulaire de Science Economique ; Directeur de la Chaire OMC-CIDI ;
Directeur du CRAPE / FASEG - Université d'Abomey-Calavi, Bénin*
charlyigue@yahoo.fr

Désiré AVOM

Professeur Titulaire de Science Economique ; Directeur du Laboratoire d'Analyse et de Recherche en Economie Appliquée LAREA ; Doyen de la FSEG de l'Université de Dschang
davom99@gmail.com

RÉSUMÉ –La numérisation avancée de nos économies favorise le capital par rapport au travail et le travail qualifié par rapport au travail non qualifié. Sachant que le niveau de capital humain des pays de l'Union Economique et Monétaire Ouest Africaine (UEMOA) est relativement faible, cette étude a analysé les effets des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) sur les emplois et les qualifications professionnelles. De l'usage d'une technique d'économétrie de données de panel, il ressort que le niveau actuel de capital humain des pays de l'UEMOA n'est pas suffisant pour profiter pleinement des bienfaits des TIC. En terme d'effet création ou destruction, la statistique descriptive indique un solde positif : les emplois créés dépassent ceux détruits. On note que la plupart des emplois détruits sont ceux non qualifiés. Il est donc important d'orienter les offres de formation vers les exigences des TIC afin de profiter pleinement de ses avantages.

Mots-Clés : TIC ; emplois ; qualifications professionnelles ; UEMOA

Les idées et opinions exprimées dans les textes sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement celles de l'OFE ou celles de ses partenaires. Aussi, les erreurs et lacunes subsistantes de même que les omissions relèvent de la seule responsabilité des auteurs.

1. INTRODUCTION

L'importance de la technologie au sein de l'entreprise et dans la croissance économique n'est plus à démontrer. Elle est même considérée comme « le moteur de la production et donc de la croissance économique » (Schumpeter, 1913). Dès lors, la "Recherche et

Développement'' devient une fonction importante parce qu'elle fait naître le progrès scientifique qui à son tour, crée des innovations technologiques. Ces innovations technologiques engendrent la croissance du rendement du travail et par ricochet améliore la performance des entreprises (Fourastié, 1949). Il est donc presque impossible de penser le développement de l'entreprise sans investir dans l'acquisition de nouvelles technologies. Car, l'impact positif de l'adoption de nouvelles technologies sur la performance des firmes a été largement mise en évidence dans la littérature économique (Baldwin et al., 2003 ; Kossaï et al., 2010 ; Heckel, 2006 ; Cette et al., 2004 ; Cariolle et al., 2019 ; Acemoglu and Restrepo, 2019b).

Cet impact est encore plus grand lorsqu'il s'agit de l'adoption des Technologies de l'Information et de la Communication en raison de la possibilité d'usage multiple de la même information (Kumar et al., 2016 ; Lal, 1998 ; Brynjolfsson, 1996). Il est alors établi une relation positive entre les TIC et la production. Mais l'un des principaux canaux par lequel ces TIC peuvent impacter la performance des firmes est la qualification professionnelle du dirigeant et des employés. C'est donc dans l'optique d'analyser les effets de ces technologies sur les emplois que cette recherche est menée. L'intérêt de ce papier réside d'une part dans le prolongement des débats soulevés par le paradoxe de productivité de Solow¹ et d'autre part dans les inquiétudes soulevées par le mécanisme «capital deepening»² et celui de l'effet «création/destruction».

En effet, la révolution technologique et surtout la numérisation très avancée de nos économies suscite depuis lors des remous liés notamment à la peur du chômage technologique : « on craint que la machine ne réduise l'homme en chômage ». Et pour cause, l'usage de nouvelles techniques de production notamment les Machines-Outils à Commande Numérique ; les robots ; les Tramways ; les banques entièrement numériques ; les services en ligne ; l'adoption des systèmes intégrés de gestion (SIG) etc. induisent d'important bouleversements sur le marché de l'emploi (Mercier, 2007 ; Cariolle, 2018 ; Hjort and Poulsen, 2019). Ce marché devient de plus en plus polarisé vers les emplois qualifiés (Autor et al., 2006; Acemoglu and Restrepo, 2019a). Car, les individus, les organisations et même les nations sont tous conscients qu'un haut niveau de connaissance et de compétence est essentiel pour leur sécurité et leur réussite.

Ainsi, la révolution numérique favorise le capital par rapport au travail et le travail qualifié par rapport au travail non qualifié (Jorgenson, 2001 ; Quah, 2001 ; Youssef and M'Henni, 2004). Ce qui induit une perte de certains emplois non qualifiés (ceux n'ayant pas l'habileté d'utiliser les outils TIC) et une forte demande d'emplois qualifiés (Informaticiens, ingénieurs, analystes système, programmeurs, ingénieurs télécom...). De ce fait, le marché d'emplois des pays hautement numérisés s'est très tôt vu bouleverser. Aux Etats Unis (USA) par exemple, on dénombre 70% de nouvelles fonctions en l'an 2000 (Lin, 2011). On note aussi que 47% des emplois totaux aux USA ; 35% au Royaume-Uni ; 42% en France ; 49% au Japon et 54% dans l'union européenne subissent une automatisation progressive. Ces études ont également montré que depuis 1980, la croissance de l'emploi a été plus forte dans les nouvelles professions (Frey and Osborne, 2017).

¹ On voit des ordinateurs partout sauf dans les statistiques (Solow, 1957). Elle désigne aussi la coexistence d'une accélération du progrès technique et d'un ralentissement de la croissance (OCDE, 1991).

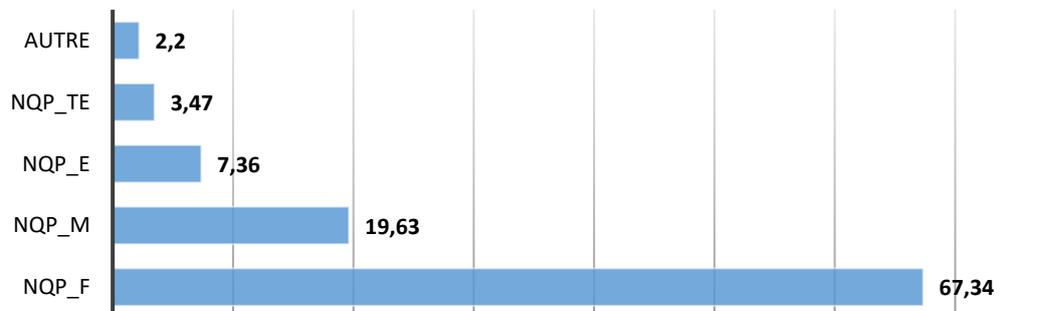
² Il désigne l'augmentation relative de la part du capital comparativement au travail dans l'usage des inputs, où les TIC Technologies de l'Information et de la Communication sont envisagés comme des technologies biaisées. Elles conduisent à favoriser le capital par rapport au travail et le travail qualifié par rapport au travail non qualifié (David, 2001; Jorgenson, 2001; Quah, 2001).

Qu'en est-il alors de l'effet des TIC sur les emplois et les qualifications professionnelles dans l'espace UEMOA ?

Depuis les années 90, les pays de l'UEMOA adoptent et diffusent progressivement les Technologies de l'Information et de Communication. Quand bien même que ces technologies sont limitées aux postes et aux télécommunications, leur usage a bouleversé le mode de fonctionnement de tous les secteurs d'activité. On note ainsi des changements dans le domaine de la finance ; le commerce ; le tourisme ; l'artisanat ; le mode d'enseignement ; l'agriculture ; etc. (Wamboye et al., 2015 ; Goujon and Cariolle, 2019).

Cependant, les effets attendus de ces technologies sur la croissance et l'emploi tardent à se concrétiser et à profiter à l'ensemble des populations. Ceci est dû au fort déficit en infrastructure de télécommunication ; à l'insuffisance de régulation dudit secteur (Akue-Kpakpo, 2013) et surtout au manque criard de ressources humaines qualifiées pour les TIC. Comme on peut le constater sur le graphique suivant, les emplois hautement qualifiés existent en nombre très insignifiant dans l'UEMOA.

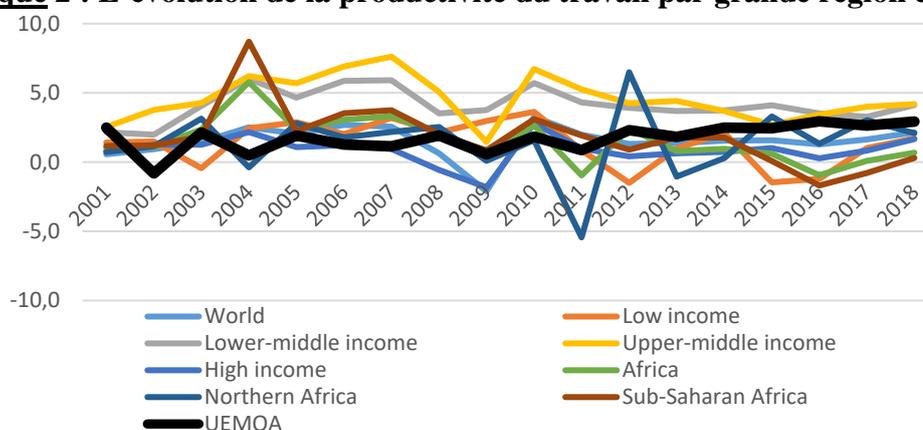
Graphique 1 : Emplois par niveau de qualification professionnelle dans l'UEMOA



Source : Nos calculs à partir des données d'ILOstat et de PWT, 2019

Il est donc de mieux en mieux attesté que le capital humain des pays d'Afrique subsaharienne est inférieur en quantité et en qualité à celui des pays économiquement avancés (Kigotho, 2014). De plus, pendant que la productivité du facteur travail diminue progressivement dans les pays développés, les pays de l'UEMOA connaissent une augmentation de la productivité du travail.

Graphique 2 : L'évolution de la productivité du travail par grande région économique



Source : Nos calculs à partir des données d'ILOstat et de PWT, 2019

Cette situation est la cause implicite de la faible informatisation des tâches et globalement de la non transformation structurelle de leurs économies. Ce qui augmente l'ampleur de la fracture numérique entre les pays de l'UEMOA et le reste du monde.

A partir de ces faits stylisés qui montrent clairement la spécificité des pays de l'UEMOA dans l'adoption et la diffusion des TIC, on est appelé à se poser la question suivante : Quels sont les effets des TIC sur les emplois et les qualifications professionnelles dans l'UEMOA? Les TIC Condamnent-t-elles à une polarisation des emplois et à la disparation de certains profils? Quel est le solde net des effets des TIC sur les emplois dans l'espace UEMOA?

La réponse à ces questions est présentée dans la suite de ce papier. Dans cette suite, nous développons le point de la littérature, la démarche méthodologique et les résultats des estimations.

2. LA REVUE SELECTIVE DE LA LITTERATURE

La littérature sur le lien entre TIC et emploi est très diversifiée. On la retrouve dans les travaux sur le lien entre capital humain et TIC ; dans les études ayant portées sur les principaux déterminants de l'adoption des TIC et ainsi que dans les travaux sur les effets créations/destructions.

2.1. Effets du capital humain sur l'adoption des TIC

L'adoption des TIC est positivement corrélée aux niveaux de compétence des individus, des entreprises et des pays (Freeman and Soete, 2009 ; Altinok, 2007 ; Heckel, 2006). Car, la société d'information exige les connaissances, les compétences, les formations, l'éducation et l'apprentissage comme des actifs complémentaires essentiels (Freeman and Soete, 1997). Ainsi, suite à l'article pionnier de Nelson et Phelps en 1966, une abondante littérature empirique a porté sur la relation entre le capital humain et l'adoption de nouvelles technologies tant au niveau macroéconomique que microéconomique. Malgré la diversité méthodologique de ces différentes études, la grande majorité montre qu'un meilleur niveau de capital humain est nécessaire pour l'adoption des TIC (Bobillier-Chaumon and Dubois, 2009 ; De la Fuente and Ciccone, 2002 ; Doms et al., 1997 ; Ben Khalifa, 2010 ; Bessen, 2017 ; Valenduc and Vendramin, 2019 ; Acemoglu and Restrepo, 2019b). Ces études ont donc identifié le capital humain du dirigeant et des employés, la taille de la firme et les prédispositions en Recherche et Développement comme les principaux déterminants de l'adoption des TIC. Comme on pouvait le constater, le premier de ces déterminants, est le capital humain. **Comment et par quel mécanisme le capital humain détermine l'adoption des TIC ?**

Premièrement, l'adoption de nouvelles technologies est tributaire à la qualification professionnelle de l'entrepreneur (Dosi, 1993 ; Utterback and Suárez, 1993 ; Lal, 1998). En effet, l'acquisition, le déploiement et l'utilisation de nouvelles technologies nécessitent des dirigeants qualifiés c'est-à-dire disposant d'un capital humain élevé. Car, pour Earl, 1989 et Brown, 1992 la connaissance du potentiel des nouvelles technologies est le facteur principal qui influence l'adoption de ces technologies. Et l'entrepreneur susceptible de reconnaître l'indispensabilité des technologies numériques dans le processus de production est celui qui possède un niveau de qualification élevé (Kossai et al., 2010).

Deuxièmement, les technologies adoptées grâce à la clairvoyance du dirigeant doivent être acceptées et utilisées par les employés. Ceux-ci doivent donc avoir aussi une certaine

capacité d'appropriation et d'utilisation desdites technologies. Ainsi, plusieurs études ont montré que les entreprises ayant une part importante de main d'œuvre qualifiée sont caractérisées par un haut niveau de TIC. Autrement dit, une main d'œuvre dotée d'un capital humain de haut niveau est nécessaire pour faciliter l'adoption de nouvelles technologies. De façon spécifique, Dunne and Troske, 2004 ont montré à partir des données américaines qu'il existe une corrélation positive et significative entre informatisation et part de main d'œuvre qualifiée. La même étude avait été menée avec des données françaises par Mairesse et al., 2000. Ceux-ci mettent en évidence une corrélation significative et positive entre variation de la part de la main d'œuvre qualifiée et niveau de TIC au sein des entreprises françaises. Des études très récentes comme celles de Reshef and Toubal, 2017 ; Cirera and Sabetti, 2019 ; Crespi et al., 2019 ; Hou et al., 2019; Hjort and Poulsen, 2019 ; Woltjer et al., 2019 ; Acemoglu and Restrepo, 2019b ont également montré l'importance de qualification professionnelle élevée dans l'adoption des TIC.

Ainsi, l'avènement des TIC entraîne une forte demande de main d'œuvre qualifiée, très bien formée et disposée à s'adapter aux évolutions technologiques. Qu'advient-il alors dès que ces technologies sont adoptées ? Détruisent-elles les emplois ou en créent-elles davantage ?

2.2. Les effets plausibles des TIC sur les emplois : création et/ou destruction ?

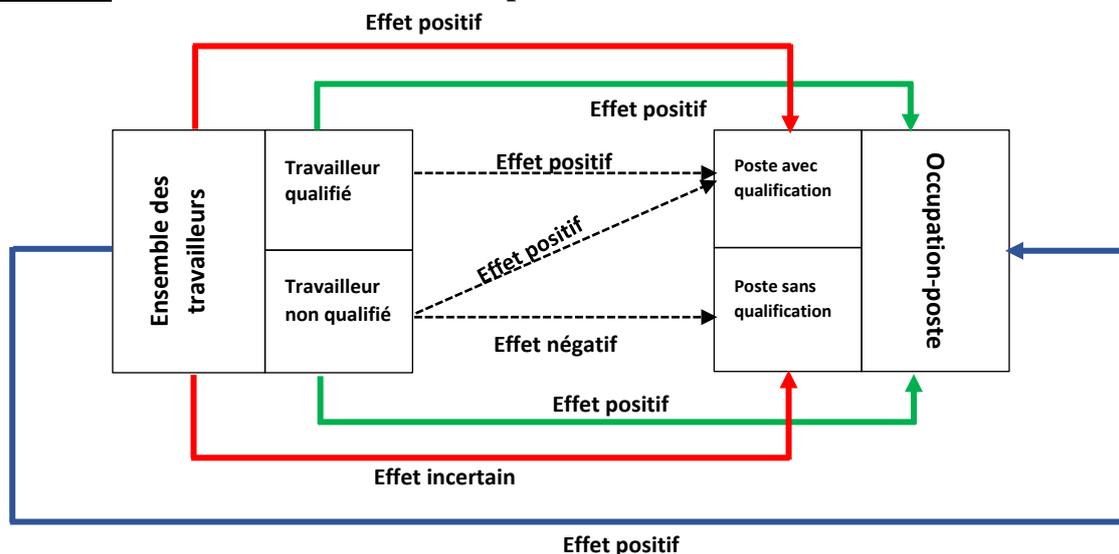
La plupart des études menées sur les effets de l'adoption et de l'usage des TIC a montré que celles-ci ont des effets controversés sur les emplois. Elles y engendrent deux effets significativement opposés : des effets positifs et des effets négatifs (Peña-Casas et al., 2018; Asongu, 2015 ; Cariolle, 2018 ; Acemoglu and Restrepo, 2019a). En effet, l'adoption des TIC induit une polarisation du marché de l'emploi, en augmentant la demande de travailleurs qualifiés aux dépens des travailleurs moins qualifiés. Cette hypothèse a été vérifiée dans plusieurs cas empiriques. Autor et al., 2006; Michaels et al., 2014; Harrigan et al., 2016; Crespi et al., 2019; Cirera and Sabetti, 2019 l'ont testée à partir des données du Japon, des États-Unis, et des pays européens. Il ressort de leur étude que les entreprises à forte croissance de capital TIC sont passées d'une demande de travailleurs moyennement qualifiés à une demande de travailleurs très qualifiés. Tels sont aussi les résultats de Akerman et al., 2015; Valenduc and Vendramin, 2019 qui ont analysé l'effet du haut-débit sur la productivité et l'emploi dans un large éventail de pays développés et de pays en développement. Pour eux, l'internet haut-débit améliore la productivité et l'emploi des travailleurs qualifiés et détériore celle des employés non qualifiés. Il est donc complémentaire au travail qualifié et participe à l'accomplissement de leurs tâches. Alors qu'à l'inverse, il est un substitut au travail non qualifié, en remplaçant les travailleurs non qualifiés dans certaines tâches. Les nouvelles technologies peuvent être donc destructrices d'emplois si elles visent à substituer du capital au travail et à accroître la productivité de celui-ci (Greenan, 1996).

Malgré le faible niveau de capital humain des pays africains, les cas empiriques réalisés sur le lien entre TIC et emplois donnent des résultats conformes à la littérature. En effet, les travaux de Wamboye et al., 2016; Cariolle, 2018; Hjort and Poulsen, 2016; Hjort and Poulsen, 2019 confirment l'hypothèse de polarisation du marché de l'emploi et celle d'accroissement de la productivité des employés. Spécifiquement, sur un échantillon des 43 pays de l'Afrique Sub-Saharienne (ASS), Wamboye et al., 2016 montrent que le développement des téléphones fixe et mobile stimule la croissance de la productivité dans un processus à rendements croissants, confirmant l'existence d'un effet de réseau. De même, Hjort et Poulsen dans leurs travaux de 2016, 2017 et 2019, ont étudié l'impact de l'amélioration d'Internet haut-débit sur les emplois en s'intéressant au déploiement de câbles sous-marins de télécommunication sur un échantillon

de près de 600.000 entreprises dans 12 pays de l'ASS. Ils trouvent comme principal résultat que la probabilité d'emploi d'un individu suivant l'arrivée du haut-débit augmente entre 6,9 % et 13,2 % selon le pays africain étudié.

La synthèse de la littérature sur l'effet création et/ou destruction induit par l'adoption des TIC peut-être tirée du modèle d'Acemoglu et Restrepo. Ceux-ci indiquent que l'adoption d'une nouvelle technologie induit une innovation bicéphale : l'automatisation de certaines tâches existantes et la création de nouvelles tâches. L'automatisation d'une partie des tâches existantes aurait pour conséquences de diminuer la part, la productivité et les salaires du travail non qualifié, alors que la création de nouvelles tâches augmenterait la part, la productivité et les salaires du travail qualifié. De facto, si à court terme les nouvelles technologies augmentent le chômage et accroissent les inégalités économiques, l'adaptation des qualifications de la main-d'œuvre aux besoins de cette nouvelle technologie laisse présager un impact positif sur l'emploi à long terme (Acemoglu and Restrepo, 2016 ; Acemoglu and Restrepo, 2019a ; Acemoglu and Restrepo, 2019b). Ces conclusions rejoignent le schéma caricatural de Hjort et Poulsen sur le cas spécifique des pays de l'ASS.

Graphique 3 : Effets des TIC sur les emplois



Source : Hjort et Poulsen, 2016

2- METHODOLOGIE DE LA RECHERCHE

La méthodologie utilisée ici est à la fois théorique et empirique. Dans un premier temps, nous présentons le modèle théorique qui analyse la relation entre numérisation, emplois et salaires. Ensuite, nous présentons un cadre empirique de la relation entre TIC et qualifications professionnelles.

3.1 - TIC, emplois et salaires : le cadre théorique

Le modèle théorique permettant d'analyser les effets des nouvelles technologies en général et ceux de la robotisation et de l'Intelligence Artificielle en particulier sur les emplois, les salaires et même la productivité globale des entreprises a été proposé et mis en évidence par Acemoglu et Restrepo (2016). Leur objectif était de proposer un cadre unifié dans lequel certaines des tâches précédemment exécutées par le travail soient automatisées pendant que dans le même temps, de nouvelles versions de tâches plus complexes soient créées. Nous présentons ici une version simplifiée de leur modèle suivi des interprétations économiques.

Nous partons d'une fonction de production globale de biens et services obtenue en combinant $y(x)$ tâches avec $x \in [N-1, N]$.

$$\ln Y = \int_{N-1}^N \ln y(x) dx \quad (1)$$

Chaque tâche peut être produite par le travail humain $l(x)$ ou par des machines $m(x)$ selon si elle a été automatisée ou non. En particulier, les tâches $x \in [0, I]$ sont technologiquement automatisées, ils peuvent donc être produits par la main-d'œuvre ou des machines. Les autres ne sont pas technologiquement automatisées, ils doivent donc être produits avec du travail humain:

$$y(x) = \begin{cases} \gamma L(x)l(x) + \gamma M(x)m(x) & \text{si } x \in [0, I] \\ \gamma L(x)l(x) & \text{si } x \in (I, N] \end{cases} \quad (2)$$

$\gamma L(x)$ et $\gamma M(x)$ représentent respectivement la productivité du travail dans la tâche x et celle des machines dans les tâches automatisées. Le seuil I désigne la frontière de possibilité d'automatisation.

Nous supposons que $\frac{\gamma L(x)}{\gamma M(x)}$ augmente en x et que le travail a un avantage comparatif

dans les tâches à indice plus élevé (Zeira, 1998).

Nous simplifions également la discussion en supposant que l'offre de main-d'œuvre (L) et l'offre de machines (K) sont fixes et inélastiques. Cela implique que les changements dans la demande de travail ont un impact sur la part du travail dans le revenu national et sur les salaires, mais pas sur le niveau d'emploi. Nous décrivons ci-dessous comment ce cadre peut être facilement généralisé pour tenir compte des changements dans l'emploi et le chômage.

Ainsi, un équilibre oblige les entreprises à choisir la façon de minimiser les coûts de production de chaque tâche, et les marchés du travail et des capitaux à dégager. Pour simplifier la discussion, nous imposons l'hypothèse suivante

$$\frac{\gamma L(N)}{\gamma M(N-1)} > \frac{W}{R} > \frac{\gamma L(I)}{\gamma M(I)} \quad (A1)$$

W et R représentent respectivement le taux de salaire d'équilibre et le coût d'équilibre de la machine. La seconde inégalité implique que toutes les tâches de $[N-1, I]$ seront produites par des machines. Par contre, La première inégalité indique que l'introduction de nouvelles tâches (une augmentation de N) augmentera la production globale. De ce fait, la production agrégée à l'équilibre prend la forme suivante :

$$Y = B \left(\frac{K}{I-N+1} \right)^{I-N+1} \left(\frac{L}{N-I} \right)^{N-I} \quad (3)$$

$$\text{Avec } B = \exp \left(\int_{N-1}^I \ln \gamma M(x) dx + \int_I^N \ln \gamma L(x) dx \right) \quad (4)$$

Cette fonction de production agrégée de type Cobb-Douglas est elle-même dérivée de l'allocation des deux facteurs de production aux tâches. La particularité ici est que les exposants du capital et du travail dépendent de l'étendue de l'automatisation (I) et de la création de nouvelles tâches (N).

De cette équation de la production globale, nous pouvons déduire celle de la demande de main d'œuvre:

$$W = (N-I) \frac{Y}{L} \quad (5)$$

Cette équation peut être inversée pour obtenir une courbe de demande de travail en pente descendante en fonction du salaire. Elle implique donc que la part du travail dans le revenu national est donnée par :

$$s_L = \frac{WL}{L} = N - I \quad (6)$$

• **Les implications économiques de l'automatisation : l'effet déplacement**

- **L'effet sur les emplois et les salaires**

Les premiers résultats de cette analyse théorique montrent que l'automatisation (surtout quand elle est extensive) crée un effet déplacement, réduisant la demande de travail mais qu'elle est aussi contrecarrée par un effet de productivité poussant vers une plus grande demande de travail. Plus précisément, à partir de l'équation (5), nous obtenons directement :

$$\frac{d \ln W}{dI} = \underbrace{\frac{d \ln(N - I)}{dI}}_{\text{Effet de déplacement} < 0} + \underbrace{\frac{d \ln(Y / L)}{dI}}_{\text{Effet de productivité} > 0} \quad (7)$$

N'eût été l'effet sur la productivité, l'automatisation réduirait la demande de main-d'œuvre, car elle remplace directement la main-d'œuvre dans les tâches qui étaient auparavant exécutées par les travailleurs. De ce fait, si l'effet sur la productivité est limité, l'automatisation réduira la demande de travail et les salaires.

Pour approfondir ce point et mieux comprendre les implications de la productivité des technologies d'automatisation, exprimons également l'effet de la productivité en termes de productivité physique du travail et des machines et des prix des facteurs comme suit :

$$\frac{d \ln(Y / L)}{dI} = \ln\left(\frac{W}{\gamma L(I)}\right) - \ln\left(\frac{R}{\gamma M(I)}\right) > 0$$

En utilisant cette expression, l'impact global sur la demande de main-d'œuvre peut être écrit :

$$\frac{d \ln W}{dI} = - \underbrace{\frac{1}{N - I}}_{\text{Effet de déplacement} < 0} + \underbrace{\ln\left(\frac{W}{\gamma L(I)}\right) - \ln\left(\frac{R}{\gamma M(I)}\right)}_{\text{Effet de productivité} > 0} \quad (8)$$

Cette expression clarifie que l'effet de déplacement de l'automatisation dominera l'effet de productivité et réduira ainsi la demande de travail (et les salaires) lorsque $\frac{\gamma M(I)}{R} \approx \frac{\gamma L(I)}{W}$, ce qui est exactement le cas lorsque les nouvelles technologies sont à peine mieux que le travail. En revanche, lorsque $\frac{\gamma M(I)}{R} \square \frac{\gamma L(I)}{W}$, l'automatisation impacte suffisamment la productivité et par ricochet, la demande de travail et de salaires.

- **L'effet sur la part du travail dans le revenu**

De l'équation (6), on peut voir l'implication de l'automatisation sur la part du travail dans le revenu national de la façon suivante :

$$\frac{ds_L}{dI} = -1 < 0 \quad (9)$$

Cela voudra dire que, quelle que soit l'ampleur de l'effet de productivité, l'automatisation réduit toujours la part du travail dans le revenu national. Cet impact négatif sur la part du travail est une conséquence directe du fait que l'automatisation augmente toujours la productivité plus que le salaire ($\frac{d \ln(Y / L)}{dI} > \frac{d \ln W}{dI}$).

- Nouvelles tâches et avantages comparatifs du travail

Contrairement à l'accumulation de capital et à l'approfondissement de l'automatisation, qui augmentent la demande de travail mais n'affectent pas la part du travail, l'équation (6) implique que les nouvelles tâches augmentent la part du travail, c'est-à-dire : $\frac{ds_L}{dN} = 1$

En conclusion, on peut noter que la numérisation a un effet positif sur les emplois et les salaires grâce à l'avènement de nouvelles tâches qui demandent de nouvelles mains-d'œuvre ce qui entraîne une hausse des salaires et par ricochet une hausse de la part du travail dans le revenu national.

3.2- TIC et qualifications professionnelles : l'analyse économétrique

Nous partons d'un modèle linéaire simple qui met en relation les nouvelles technologies et le niveau de qualification des employés. La forme simplifiée dudit modèle se présente comme suit :

$$NQP_{it} = \alpha_i + \beta TIC_{it} + \delta Z_{it} + \epsilon_{it} \quad (1)$$

La variable dépendante (NQP) désigne le Niveau de Qualification Professionnelle des personnes occupées. Ce niveau, nous le désagrégeons en quatre sous-niveaux comme suit :

NQP_FAIBLE : Les employés ayant au plus le CEP (Certificat d'Etude du Primaire) ou un Certificat de Qualification aux Métiers Professionnels (CQMP). Cette catégorie occupe 67,34% du total des personnes occupées dans l'UEMOA ;

NQP_MOYEN : Ce sont les travailleurs disposant d'un diplôme secondaire (BEPC ; CAP ; BAC). Ils occupent 19,63% des emplois totaux de l'union ;

NQP_ELEVE : ce sont les personnes occupées ayant un diplôme du premier cycle universitaire (BTS ; DUT ; LICENCE). Ils sont en moyenne 7,36% du total des personnes occupées dans les différents pays de l'UEMOA

NQP_TRES ELEVE : Les personnes occupées ayant un diplôme du second et du troisième cycle universitaire suivi d'une capacité d'adaptation et de possibilité d'exercer dans les R&D. Ils sont très peu nombreux dans les administrations publiques et privées. On peut estimer leur effectif à 3,47% des emplois totaux.

Plusieurs variables peuvent influencer la qualification professionnelle des employés. Nous nous intéressons notamment au :

TIC : Ensemble des prédispositions numériques (Ordinateurs, Téléphones, accès à l'Internet, Investissements en TIC) qui peuvent avoir d'incidence sur la qualification des employés. Elle est construite en variable composite suivant la méthode d'Analyse en Composantes Principales (ACP) dont la formule se présente comme suit :

$$TIC_{it} = \sum_{i=1}^k \zeta_i X_i \quad \text{Avec } \zeta_i \text{ le coefficient de pondération lié à chacune des variables } X_i$$

IDKH : Indice du Capital Humain qui indique le niveau de capital humain du pays. Nous l'utilisons dans un premier temps comme variable dépendante afin de capter l'effet des TIC sur le capital humain des pays de l'UEMOA ;

SubEmpl : Subventions aux employés qui peut leur permettre d'améliorer leur niveau de qualification professionnelle ;

Selfempl : l'auto-emploi qui peut avoir des effets pervers sur la qualification professionnelle si son taux est très élevé ;

TVE : le taux de vulnérabilité des emplois dont la connaissance doit pousser les employés à se perfectionner ;

TI : taux d'industrialisation du pays qui peut influencer les choix de filières et la nature des formations de recyclage ;

SalMoy : Le salaire moyen peut être un facteur favorisant l'amélioration du niveau de qualification professionnelle du travailleur.

• **Source des données ; statistique descriptive et techniques d'estimation**

Les données utilisées dans le cadre de cette recherche couvrent la période de 2000 à 2017 et proviennent principalement de :

- Penn World Table (PWT), version 9.1 où nous avons extrait le nombre total de personnes occupées et l'indice de capital humain ;
- World Development Indicateur (WDI) pour le Taux de vulnérabilité des emplois ; le taux d'industrialisation des pays et les subventions aux employés.
- International Labor Organization Statistic (Ilostat) pour les Niveaux de Qualifications Professionnelles ; les salaires moyens ; le taux d'auto-emploi
- International Telecommunication Union (ITU) pour les données sur le numérique.

La statistique descriptive de ces différentes variables est présentée dans le tableau suivant.

Tableau 1 : Statistique descriptive des variables en étude

Variables	Obs.	Moyenne	Ecart-type	V-min	V-max
Niveau de Qualification Faible	144	2882572	1687746	405680	7394379
Niveau de Qualification Moyen	144	956401.2	459032	331920	2154098
Niveau de Qualification Elevé	144	1915322	1801090	13830	7160601
Niveau de Qualification T. Elevé	144	1259371	858023	175180	3252984
Indice du capital Humain	126	1,405059	0,228134	1,069451	1,840833
Variable composite des TIC	144	1,83e+09	2,40e+09	0	1,09e+10
Subvention aux employés	83	3,31e+11	2,79e+11	5,45e+10	1,28e+12
Taux d'auto-emploi	144	79,62061	14,24352	46,734	92,085
Taux de Vulnérabilité des emplois	144	78,32192	14,80155	44,121	90,801
Taux d'industrialisation	144	19,6889	3,970762	11,2643	29,72464
Salaire moyen	144	30152,06	8600,955	13757	60000
Abonnement à la téléphonie fixe	143	1,00991	0,675117	0	2,82306
Abonnement à la téléphonie mobile	143	39,77349	37,02781	0	138,5708
Abonnement à l'Internet	139	4,431935	7,118225	0,036261	43,83992

Source : Auteurs à partir de Stata15.1

Ces statistiques indiquent une forte volatilité entre les valeurs des variables NQP ; Salaire Moyen ; TIC et subvention aux employés. Cette volatilité est due à une évolution très rapide des valeurs desdites variables dans le temps. Elle indique également une hétérogénéité des pays de l'UEMOA quant à l'évolution de ces variables à fort écarts-types.

En ce qui concerne spécifiquement la variable dépendante (Niveau de Qualification Professionnel), on constate que les employés ayant un niveau de qualification faible dominent l'ensemble des emplois dans chacun des pays de l'union (2.882.572 en moyenne). Ils sont suivis de ceux ayant un niveau de qualification élevé (1.915.322 en moyenne).

Nos modèles ont été estimés par la méthode des Moindres Carrés Ordinaires (MCO) avec variables indicatrices. Ainsi, l'option areg et robuste sont utilisées afin de corriger les t de Student de leur hétérogénéité par la méthode de White (Goaied and Sassi, 2012). Les méthodes avec variables instrumentales ne sont pas admises puisqu'aucun biais d'endogénéité n'a été détecté.

4. RESULTATS ; ANALYSES ET DISCUSSIONS

Le tableau suivant compile le résultat des estimations. Les deux premières colonnes montrent le lien économétrique entre TIC et Indice de Capital Humain (IDKH) et les colonnes suivantes présentent la régression des TIC sur chaque niveau de qualification professionnelle.

Tableau 3 : Résultats des estimations

	IDKH		NQP Faible		NQP Moyen		NQP Elevé		NQP Très élevé	
	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2	5.1	5.2
TICit	0,00 (0,51)		-0,01*** (-3,47)		-0,02** (-2,30)		0,02*** (3,25)		0,03*** (4,49)	
IDKHit			1,26*** (2,74)	0,02 (0,05)	1,26*** (2,74)	0,02 (0,05)	1,26*** (2,74)	0,02 (0,05)	1,26*** (2,74)	0,02 (0,05)
SubEmplit	0,10*** (16,50)	0,04*** (4,18)	0,24*** (3,88)	0,18*** (2,84)	0,24*** (3,88)	0,18*** (2,84)	0,24*** (3,88)	0,18*** (2,84)	0,24*** (3,88)	0,18*** (2,84)
SelfEmplit	-2,57 (-1,41)	-3,81*** (-3,15)	6,04 (1,19)	-4,59 (-0,61)	6,04 (1,19)	-4,59 (-0,61)	6,04 (1,19)	-4,59 (-0,61)	6,04 (1,19)	-4,59 (-0,61)
TVEit	1,37 (0,83)	2,79** (2,57)	-3,34 (-0,73)	6,33 (0,94)	-3,34 (-0,73)	6,33 (0,94)	-3,34 (-0,73)	6,33 (0,94)	-3,34 (-0,73)	6,33 (0,94)
TIit	-0,07*** (-3,24)	-0,03 (-1,43)	-0,09 (-1,33)	-0,18** (-2,00)	-0,09 (-1,33)	-0,18** (-2,00)	-0,09 (-1,33)	-0,18** (-2,00)	-0,09 (-1,33)	-0,18** (-2,00)
SalMoyit	-0,06*** (-3,76)	-0,05*** (-4,54)	0,01 (0,12)	-0,05 (-0,99)	0,01 (0,12)	-0,05 (-0,99)	0,01 (0,12)	-0,05 (-0,99)	0,01 (0,12)	-0,05 (-0,99)
AboTéléfixit		0,01 (1,47)		0,02 (1,17)		0,02 (1,17)		0,02 (1,17)		0,02 (1,17)
AboTélémobit		0,01*** (5,82)		0,01*** (2,80)		0,01*** (2,80)		0,01*** (2,80)		0,01*** (2,80)
AboInterit		0,00* (1,92)		0,01*** (2,61)		0,01** (2,61)		0,01** (2,61)		0,01** (2,61)
Constance	4,70*** (4,47)	5,42*** (6,68)	-4,73 (-1,22)	3,37 (0,59)	-5,81 (-1,50)	2,28 (0,40)	-5,03 (-1,30)	3,07 (0,54)	-5,45 (-1,40)	2,65 (0,46)

Note : les nombres entre parenthèses sont les t de Student. *** ; ** et * indiquent respectivement la significativité au seuil de 1 ; 5 et 10%.

Source : construit par les auteurs à partir des données de l'estimation sous Stata15.1

Les résultats du premier modèle montrent que le niveau actuel de capital humain des pays de l'UEMOA n'est pas suffisant pour profiter des bienfaits des TIC en général. Mais de façon spécifique, les abonnements à la téléphonie mobile et à l'Internet donnent un léger coup de pouce à l'amélioration du capital humain. En effet, lorsque ceux-ci augmentent de 1%, le capital humain s'améliore de 0,01%.

A partir des résultats des modèles 2 et 3, l'on note que les TIC ont un effet négatif sur les emplois faiblement et moyennement qualifiés. En effet, une adoption supplémentaire de 1% des TIC, détruit respectivement 0,01% et 0,02% desdits emplois. Ce résultat conforte le premier aspect de l'hypothèse de polarisation qui stipule que l'adoption des TIC détruit à court terme les emplois non qualifiés (Acemoglu and Restrepo, 2016 ; Méda, 2017). Mais dans le même

temps, les abonnements à la téléphonie mobile et à l'Internet améliorent légèrement le niveau de qualification de ces emplois (Peña-Casas et al., 2018 ; Hjort and Poulsen, 2019)

Par contre les modèles 4 et 5 indiquent que les emplois à forte qualification professionnelle résistent à l'avènement des TIC. Ils sont même recherchés et promus. Ainsi, quand l'adoption des TIC croît de 1%, la demande en emploi qualifié évolue respectivement de 0,02% (qualification élevée) et de 0,03% (qualification très élevée). Ceci corrobore le deuxième aspect de l'hypothèse de polarisation. En effet, l'avènement de nouvelles technologies induit une demande de main-d'œuvre de plus en plus qualifiée (Acemoglu and Restrepo, 2019a)

Le solde net en matière d'emploi résultant de l'adoption des TIC peut se calculer de la façon suivante :

$$SN = \gamma \sum \text{emplcrés} - \varphi \sum \text{empldétruits}$$

$$SN = [(\gamma_1 * NQPElevé + \gamma_2 * NQPTElevé) - (\varphi_1 * NQPFaible + \varphi_2 * NQPMoyen)]$$

$$SN = [(0,02\% * 1915322 + 0,03\% * 1259371) - (0,01\% * 2882572 + 0,02\% * 956401,2)] \\ = + 28.134$$

En conséquence, les TIC ont un effet globalement positif sur les emplois.

Par ailleurs, dans chacun des modèles estimés on note que la subvention aux employés contribue considérablement à l'amélioration de leur niveau de qualification. Lorsque celle-ci augmente de 1%, les travailleurs s'investissent à 0,2% en moyenne dans l'amélioration de leur performance. A contrario, le niveau actuel et surtout l'organisation de l'auto-emploi dans les pays de l'UEMOA décroissent grandement l'élan d'amélioration du capital humain. En effet, lorsque le désir de s'auto-employer augmente de 1%, la décision d'améliorer son niveau de qualification professionnelle diminue de 5% en moyenne. Car, l'auto-emploi n'exige souvent pas un grand bagage intellectuel. Il en est de même pour le taux de salaire dans lesdits pays. Celui-ci réduit non significativement le désir d'améliorer le capital humain.

Enfin, les résultats montrent également que le taux de vulnérabilité des emplois influence négativement le niveau de qualification professionnelle. Etant très élevé dans l'union, le degré de vulnérabilité des emplois devrait contraindre les employés à améliorer leur niveau de qualification professionnel. Mais au contraire, celui-ci réduit non significativement le niveau de qualification professionnelle.

5- CONCLUSION

L'adoption de nouvelles technologies est source de croissance mais également de grand débat scientifique : on craint que la machine ne remplace l'homme. Cette crainte est plus profonde dans les pays en développement qui adoptent et diffusent les nouvelles technologies sans disposer d'un capital humain adéquat. Alors qu'il est largement défendu dans la littérature que l'adoption de nouvelles technologies est tributaire à un haut niveau de capital humain.

Dans le présent article, nous avons analysé l'effet des TIC sur les emplois et les qualifications professionnelles dans le cas spécifique des pays de l'UEMOA. Pour y parvenir, nous avons premièrement montré le lien théorique entre TIC, emploi et salaire puis régresser les TIC sur l'indice de capital humain des pays de l'UEMOA et sur chaque niveau de qualification professionnelle afin de détecter les emplois vulnérables à l'avènement des TIC. Nous avons enfin calculé le solde net des emplois générés par les TIC.

Nos régressions montrent que le niveau de capital humain des pays de l'UEMOA n'est pas encore suffisant pour une adoption inclusive et profitable des TIC. Nous trouvons également comme résultats que les TIC impactent négativement les emplois faiblement et moyennement qualifiés. En effet, 0,01% de ces emplois sont détruits par l'arrivée des TIC. A contrario, nos résultats indiquent que l'adoption des TIC est favorable à l'éclosion d'emplois qualifiés. Ainsi, quand les TIC croissent de 1%, la demande en emploi qualifié évolue respectivement de 0,01% pour les emplois à qualification élevée et de 0,03% pour les emplois à qualification très élevée : un résultat très conforme à l'hypothèse de polarisation des emplois et au mécanisme « création/destruction ». Mais le solde net de ce mécanisme est positif (SN = + 18544,618) et indique que les TIC ont un effet globalement positif sur les emplois.

Eu égard à ces résultats très intuitifs, nous suggérons aux dirigeants des pays de l'UEMOA d'orienter les offres de formation vers les exigences des TIC afin de profiter pleinement de ses avantages.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Acemoglu, D., Restrepo, P., 2019a. Robots and jobs: Evidence from US labor markets. *Journal of Political Economy* <https://doi.org/10.1086/705716>.
- Acemoglu, D., Restrepo, P., 2019b. Automation and New Tasks: How Technology Displaces and Reinstates Labor. *Journal of Economic Perspectives*—Volume 33, Number 2—Spring 2019—Pages 3–30.
- Acemoglu, D., Restrepo, P., 2016. The race between machines and humans: Implications for growth, factor shares and jobs. *Work. Pap. 22252* [Httpwwwnberorgpapersw22252](http://www.nber.org/papers/w22252).
- Akerman, A., Gaarder, I., Mogstad, M., 2015. The skill complementarity of broadband internet. *Q. J. Econ.* 130, 1781–1824.
- Akue-Kpakpo, A., 2013. Etude sur la connectivité internationale d'Internet en Afrique subsaharienne. *Int. Telecommun. Union*.
- Altinok, N., 2007. Capital humain et croissance: l'apport des enquêtes internationales sur les acquis des élèves. *Économie Publique Public Econ*.
- Asongu, S., 2015. The impact of mobile phone penetration on African inequality. *Int. J. Soc. Econ.* 42, 706–716.
- Autor, D.H., Katz, L.F., Kearney, M.S., 2006. The polarization of the US labor market. *Am. Econ. Rev.* 96, 189–194.
- Baldwin, J.R., Sabourin, D., Smith, D., 2003. Effet de l'utilisation des technologies de pointe sur le rendement des entreprises du secteur canadien de la transformation des aliments. *Statistique Canada*.
- Bessen, J.E., 2017. Automation and jobs: When technology boosts employment. *Boston Univ Sch. Law Econ. Res. Pap.*
- Bobillier-Chaumon, M.-E., Dubois, M., 2009. L'adoption des technologies en situation professionnelle: quelles articulations possibles entre acceptabilité et acceptation? *Trav. Hum.* 72, 355–382.
- Brown, R., 1992. Managing the “S” curves of innovation. *J. Bus. Ind. Mark.*
- Brynjolfsson, E., 1996. The contribution of information technology to consumer welfare. *Inf. Syst. Res.* 7, 281–300.
- Cariolle, J., 2018. Boom de l'économie numérique en Afrique subsaharienne: quelles perspectives pour l'emploi? *PpB177hal-01938390*.
- Cariolle, J., Le Goff, M., Santoni, O., 2019. Digital vulnerability and performance of firms in developing countries. *Work. Pap. 709 Banq. Fr.*

- Cette, G., Mairesse, J., Kocoglu, Y., 2004. L'effet de la diffusion des technologies de l'information et de la communication (TIC) sur la productivité par employé en France. *Bull. Banq. Fr.* 121, 33–46.
- Cirera, X., Sabetti, L., 2019. The effects of innovation on employment in developing countries: evidence from enterprise surveys. *Ind. Corp. Change* 28, 161–176.
- Crespi, G., Tacsir, E., Pereira, M., 2019. Effects of innovation on employment in Latin America. *Ind. Corp. Change* 28, 139–159.
- De la Fuente, A., Ciccone, A., 2002. Le capital humain dans une économie mondiale fondée sur la connaissance. *Rapp. FINAL DG Empl. Aff. Soc. Barcelone*.
- Doms, M., Dunne, T., Troske, K., 1997. Workers, Wages, and Technology. *Q. J. Econ.* 112, 253–90. <https://doi.org/10.1162/003355397555181>
- Dosi, G., 1993. Technological paradigms and technological trajectories: A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. *Res. Policy* 22, 102–103.
- Dunne, T., Troske, K.R., 2004. Technology adoption and workforce skill in US manufacturing plants. *IZA Discuss. Pap. No 1427 Inst. Study Labor IZA Bonn*.
- Earl, M.J., 1989. *Management strategies for information technology*. Prentice-Hall, Inc.
- Fourastié, J., 1949. *Le grand espoir du XXème siècle*. Paris PUF.
- Freeman, C., Soete, L., 2009. Developing science, technology and innovation indicators: What we can learn from the past. *Res. Policy* 38, 583–589.
- Freeman, C., Soete, L., 1997. Development and the diffusion of technology. *Econ. Ind. Innov.* 351–365.
- Frey, C.B., Osborne, M.A., 2017. The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technol. Forecast. Soc. Change* 114, 254–280.
- Goaied, M., Sassi, S., 2012. *Econométrie des données de panel sous stata ; Manuel 1 Mai 2012*. Electron. Copy Available <Httpsssrncomabstract2891006>.
- Goujon, M., Cariolle, J., 2019. Infrastructure et économie numérique en Afrique subsaharienne et dans l'UEMOA: état des lieux, acteurs, et nouvelles vulnérabilités. Hal-02069096.
- Greenan, N., 1996. Progrès technique et changements organisationnels: leur impact sur l'emploi et les qualifications. *Économie Stat.* 298, 35–44.
- Heckel, T., 2006. *Effets de l'informatisation sur la productivité et la demande de capital humain (PhD Thesis)*.
- Hjort, J., Poulsen, J., 2019. The arrival of fast internet and employment in Africa. *Am. Econ. Rev.* 109, 1032–79.
- Hjort, J., Poulsen, J., 2016. The arrival of fast internet and skilled job creation in Africa. *Columbia Bus. Sch.*
- Hou, J., Huang, C., Licht, G., Mairesse, J., Mohnen, P., Mulkay, B., Peters, B., Wu, Y., Zhao, Y., Zhen, F., 2019. Does innovation stimulate employment? Evidence from China, France, Germany, and the Netherlands. *Ind. Corp. Change* 28, 109–121.
- Jorgenson, D.W., 2001. Information technology and the US economy. *Am. Econ. Rev.* 91, 1–32.
- Kigotho, W., 2014. *Higher education challenges post-2015–UNESCO*.
- Kossai, M., de Souza, M.L.L., Roussel, J., 2010. Adoption des technologies de l'information et capital humain: le cas des PME tunisiennes. *Manag. Avenir* 137–159.
- Kumar, R.R., Stauvermann, P.J., Samitas, A., 2016. The effects of ICT* on output per worker: A study of the Chinese economy. *Telecommun. Policy* 40, 102–115.
- Lal, K., 1998. *Adoption of Information Technology and Its Consequences: A Case Study of Indian TV Manufacturing Firms*. *Sci. Technol. Dev.-Lond.-* 16, 81–100.

- Mairesse, J., Cette, G., Kocoglu, Y., 2000. Les technologies de l'information et de la communication en France: diffusion et contribution à la croissance. *Econ. Stat.* 339, 117–146.
- Méda, D., 2017. L'avenir du travail et de l'emploi à l'heure du numérique, in: *Café de La Statistique*, Feb 2017, Paris, France. Hal-01629446.
- Mercier, E., 2007. Stratégies de développement du capital humain dans un contexte d'innovation technologique une comparaison Québec, Ontario et Canada.
- Michaels, G., Natraj, A., Van Reenen, J., 2014. Has ICT polarized skill demand? Evidence from eleven countries over twenty-five years. *Rev. Econ. Stat.* 96, 60–77.
- Nelson, R.R., Phelps, E.S., 1966. Investment in humans, technological diffusion, and economic growth. *Am. Econ. Rev.* 56, 69–75.
- Peña-Casas, R., Ghailani, D., Coster, S., 2018. Chapitre 6 Transition digitale dans l'Union européenne: quels impacts sur la qualité de l'emploi? *Bilan Soc. L'Union Eur.* 125.
- Quah, D., 2001. ICT clusters in development: Theory and evidence. *EIB Pap.* 6, 85–100.
- Rada, J., 1982. La micro-électronique et son impact socio-économique: éléments de diagnostic. Bureau international du travail.
- Reshef, A., Toubal, F., 2017. VI/Mondialisation et technologie: créatrices ou destructrices d'emploi? Éditions Découv. Collect. Repères Paris 2017.
- Schumpeter, J., 1913. Eine "dynamische" Theorie des Kapitalzinsens: eine Entgegnung. *Manzsche.*
- Utterback, J.M., Suárez, F.F., 1993. Innovation, competition, and industry structure. *Res. Policy* 22, 1–21.
- Valenduc, G., Vendramin, P., 2019. L'évaluation des impacts de la digitalisation sur el travail et l'emploi, changements et continuités. *Work. Pap.*
- Wamboye, E., Adekola, A., Sergi, B., 2016. ICTs and labour productivity growth in sub-Saharan Africa. *Int. Labour Rev.* 155, 231–252.
- Woltjer, G., van Galen, M., Logatcheva, K., 2019. Industrial Innovation, Labour Productivity, Sales and Employment. *Int. J. Econ. Bus.* 1–25.
- Youssef, A.B., M'Henni, H., 2004. Les effets des technologies de l'information et de communication sur la croissance économique; le cas de la Tunisie, *Revue Région et Développement* n°19-2004.
- Zeira, J., 1998. Workers, machines, and economic growth. *Q. J. Econ.* 113, 1091–1117.