

Technologies numériques et industrialisation de l'Afrique : Une revue de littérature sur l'impact de la technologies numériques sur le processus d'industrialisation des pays africains

Byblice COOVI ^{1*}, Guy Crescent MEBOUNOU ²

¹ Université d'Abomey-Calavi, Bénin, byblice@hotmail.com, ORCID : 0009-0001-3845-8469

² Université d'Abomey-Calavi, Bénin, crescentmebounou@yahoo.fr,
ORCID : 0009-0002-9369-2124

* auteur correspondant

Résumé : Cette étude examine de manière critique l'impact des briques technologiques de l'Industrie 4.0 sur le processus d'industrialisation et la transformation structurelle des économies africaines. À travers une revue systématique de la littérature scientifique et institutionnelle, nous analysons comment des innovations de rupture, telles que l'intelligence artificielle, l'Internet des objets, la robotique industrielle et la fabrication additive, reconfigurent les systèmes productifs locaux. Les résultats révèlent que si ces technologies favorisent un saut technologique (leapfrogging) capable de doper la productivité globale et d'optimiser l'insertion des PME africaines dans les chaînes de valeur mondiales, leur potentiel réel de développement reste profondément bridé par de sévères contraintes. L'analyse met en lumière un déterminisme infrastructurel rigide, caractérisé par la faiblesse des infrastructures de base, l'inégalité d'accès aux technologies de la communication et le déficit criant de compétences. L'article conclut sur la nécessité d'agir pour bâtir d'urgence des écosystèmes d'innovation industriels inclusifs et résilients.

Mots-clés : industrialisation ; industrie 4.0 ; technologies numériques ; transformations numériques ; Afrique ; revue de littérature.

Abstract : This study critically examines the impact of Industry 4.0 technological building blocks on the industrialization process and structural transformation of African economies. Through a systematic review of scientific and institutional literature, we analyze how disruptive innovations, such as artificial intelligence, the Internet of Things, industrial robotics, and additive manufacturing, reconfigure local production systems. The findings reveal that while these technologies foster a technological leapfrogging capable of boosting overall productivity and optimizing the integration of African SMEs into global value chains, their real development potential remains deeply constrained by severe limitations. The analysis highlights a rigid infrastructural determinism, characterized by weak basic infrastructure, unequal access to communication technologies, and a glaring skills deficit. The paper concludes with the urgent need for action to build inclusive and resilient industrial innovation ecosystems.

Keywords : industrialization; industry 4.0; digital technologies; digital transformation ; Africa ; literature review.

Classification JEL : O14 ; O33 ; L60.

1. Introduction

À l'échelle globale, l'émergence de la quatrième révolution industrielle, communément désignée sous le concept d'Industrie 4.0, redéfinit en profondeur les paradigmes de la production manufacturière, de l'organisation des chaînes de valeur et de la compétitivité internationale. Formalisé initialement par Kagermann et al. (2013) lors de la foire de Hanovre, ce nouveau modèle de production repose sur la convergence systémique et l'intégration de technologies numériques avancées, englobant les systèmes cyber-physiques, l'Internet des objets (IoT), le *big data analytics*, l'infonuagique (*cloud computing*) et l'intelligence artificielle (Hermann et al., 2016). En transformant la nature de l'information d'un simple outil de communication en un facteur de production immatériel à part entière (Rifkin, 2011), ces innovations de rupture permettent d'optimiser l'efficacité opérationnelle à travers une flexibilité accrue, une personnalisation de masse et une décentralisation des décisions opérationnelles. Dès lors, l'assimilation de ces technologies ne relève plus d'une simple opportunité managériale, mais s'impose comme le pivot des dynamiques contemporaines de la transformation structurelle des économies.

Pour le continent africain, cette transition numérique planétaire coïncide avec une urgence historique de diversification et de rupture avec les modèles de croissance extravertis. Comme le souligne Naudé (2018), les stratégies classiques d'industrialisation par substitution aux importations ou par promotion des exportations de produits de base menées en Afrique au cours des cinquante dernières années se sont soldées par des résultats mitigés, précipitant souvent le continent vers une désindustrialisation précoce. Face à cette impasse, les instances internationales avancent que l'intégration des technologies de rupture offre une opportunité de transformation sans précédent. La Commission économique pour l'Afrique (CEA, 2020) affirme qu'une amplification de la numérisation naissante pourrait impulser une trajectoire de croissance robuste, permettant au continent de s'insérer activement dans une économie numérique mondiale estimée à plus de 11 500 milliards de dollars. Ce potentiel de création de valeur est corroboré par les projections du McKinsey Global Institute, qui évalue à 300 milliards de dollars la contribution du numérique au PIB africain à l'horizon 2025, dont 75 milliards spécifiquement localisés dans le secteur manufacturier.

Toutefois, l'analyse de cette trajectoire prometteuse ne saurait s'affranchir d'une approche critique des réalités matérielles et géopolitiques locales. L'Afrique fait face à une fracture numérique permanente et à un déficit criant de souveraineté numérique. Bien que l'Agence ECOFIN (2024) note une progression du taux de connectivité à 38 % de la population africaine, le fossé demeure béant face à une moyenne mondiale de 68 %, pérennisant les données historiques de la Banque mondiale qui plafonnaient l'accès à 28 % en 2019. Au-delà de la seule question de l'accès aux réseaux, le continent souffre d'une dépendance critique vis-vis des infrastructures externes et d'une incapacité latente à gouverner et sécuriser ses propres données (Andreoni et Roberts, 2022). Le rapport *Digital Economy Outlook* de l'OCDE (2020) rappelle à cet égard que l'Afrique ne représente que 1 % des capacités mondiales de stockage de données et à peine 0,6 % du trafic Internet intercontinental. Ce décalage majeur fait écho à la mise en garde du Professeur Zeleza lors de la Conférence Adebayo Adedeji (CEA, 2022) : l'Afrique, historiquement marginalisée lors des trois premières révolutions industrielles, doit impérativement concevoir des leviers endogènes pour ne pas subir une nouvelle exclusion systémique à l'ère de l'Industrie 4.0.

C'est précisément au cœur de ce paradoxe, entre la promesse théorique du saut technologique (*leapfrogging*) et la réalité matérielle des dépendances infrastructurelles, que s'identifie un vide scientifique majeur dans la littérature actuelle. Si l'impact de l'Industrie 4.0 est largement théorisé dans le cadre d'économies développées et matures, les mécanismes fins par lesquels des technologies à forte intensité capitaliste (telles que l'intelligence artificielle ou la robotique avancée) peuvent s'insérer dans un appareil productif africain caractérisé par la prédominance des PME, l'informalité sectorielle et la faiblesse du capital humain restent insuffisamment explorés (Signé, 2023 ; Arakpogun et al., 2021). La littérature managériale tend soit vers un techno-optimisme abstrait, soit vers un déterminisme infrastructurel rigide, omettant d'analyser les trajectoires de rattrapage intermédiaires

propres aux pays suiveurs (*latecomers*) en contexte de contraintes de souveraineté (Lee et Malkin, 2020).

Pour combler ce gap conceptuel, cet article pose la problématique centrale suivante : Comment l'Industrie 4.0 peut-elle catalyser l'industrialisation de l'Afrique en dépit de ses déficits structurels de connectivité et de souveraineté numérique ? En réponse à cette question, la présente recherche se fixe pour objectif principal de déconstruire l'impact des outils 4.0 sur la productivité et la modernisation des systèmes industriels africains, à travers trois axes logiques : Établir un état des lieux analytique et critique du niveau de pénétration des infrastructures de télécommunication et des écosystèmes technologiques sur le continent ; Cartographier et analyser la pertinence opérationnelle des briques technologiques stratégiques (IoT, Big Data, IA, fabrication additive) aptes à soutenir une transformation manufacturière inclusive ; Discuter les implications managériales et de politiques publiques requises pour aligner la transformation numérique avec les impératifs d'intégration régionale portés par la Zone de libre-échange continentale africaine (ZLECAf).

Sur le plan théorique, notre démarche s'adosse aux cadres conceptuels du rattrapage technologique tardif (*latecomer industrialization*) (Lee et Malkin, 2020) et de l'innovation inclusive (Foster et Heeks, 2013). Pour opérationnaliser cette réflexion, l'étude déploie une méthode de revue systématique et critique de la littérature scientifique et institutionnelle récente, enrichie par l'examen des données d'organismes de référence (Banque mondiale, OCDE, CEA, CNUCED).

Pour mener à bien cette démonstration, l'article est structuré comme suit. Après avoir exposé le cadre conceptuel et la méthodologie de recherche (Section 2), nous dresserons un diagnostic nuancé du contexte infrastructurel africain (Section 3). Ensuite, nous évaluerons de manière critique l'impact spécifique des technologies de l'Industrie 4.0 sur le tissu productif local (Section 4). Enfin, la Section 5 mettra en perspective ces résultats au travers d'une discussion élargie sur les leviers de politiques publiques et de gouvernance nécessaires au succès de cette transition.

2. Cadre conceptuel et la méthodologie de recherche

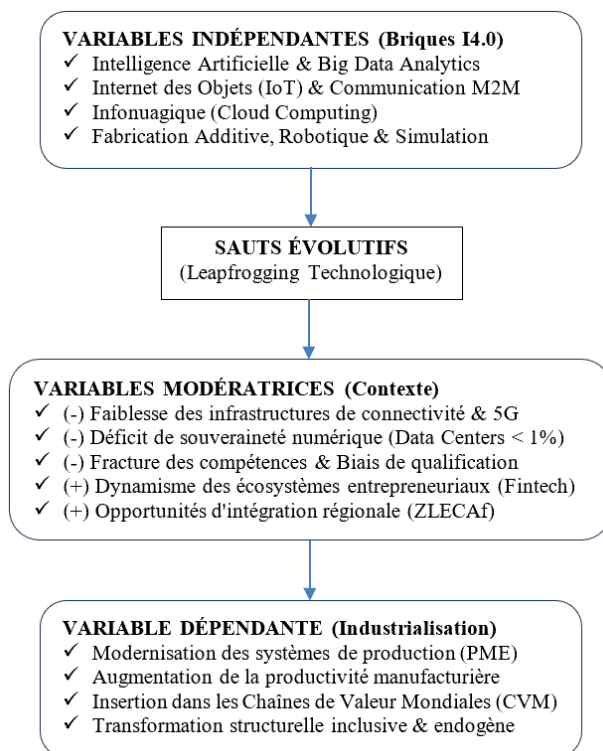
2.1. Cadre conceptuel

Le premier pilier de notre modèle repose sur la dynamique d'impulsion technologique matérialisée par les variables indépendantes, qui englobent les briques fondamentales de l'Industrie 4.0 (Intelligence Artificielle, IoT, Big Data, Cloud Computing, fabrication additive et robotique collaborative). Dans la littérature classique, ces technologies de rupture sont théorisées comme des leviers d'optimisation opérationnelle capables d'engendrer un saut technologique direct (*leapfrogging*) en s'affranchissant des trajectoires d'industrialisation linéaires. À l'autre extrémité de la chaîne relationnelle se trouve notre variable dépendante, à savoir le processus d'industrialisation et de transformation structurelle des économies africaines. Ce construit multidimensionnel s'opérationnalise à travers la modernisation technologique des PME manufacturières, l'accroissement de la productivité globale des facteurs, le renforcement de la compétitivité à l'exportation et une insertion ascendante dans les chaînes de valeur mondiales.

Cependant, le cœur heuristique de notre contribution réside dans l'introduction systématique de variables modératrices qui incarnent le prisme contextuel africain et viennent altérer la linéarité de cette relation technologique. Ce bloc de modération agit de façon duale. D'une part, les modérateurs négatifs (ou barrières structurelles), caractérisés par la fracture infrastructurelle (faiblesse de la connectivité haut débit, instabilité énergétique), le déficit criant de souveraineté numérique (extraterritorialisation du stockage des données industrielles) et l'asymétrie aiguë des qualifications professionnelles, exercent un effet inhibiteur qui bride le potentiel d'assimilation technologique. D'autre part, les modérateurs positifs (ou accélérateurs endogènes), tels que l'agilité des écosystèmes entrepreneuriaux (Fintech, plateformes logistiques adaptatives) et le cadre réglementaire de la Zone de libre-échange continentale africaine (ZLECAf), agissent comme des catalyseurs capables d'amplifier l'impact des technologies frugales.

Pour visualiser l'articulation de ces forces et comprendre comment ces contraintes et accélérateurs façonnent une industrialisation « en mosaïque », la figure ci-dessous synthétise la configuration systémique de notre cadre conceptuel :

Figure 1 : Modèle systémique des trajectoires d'industrialisation 4.0 en contexte africain



Source : Auteurs sur la base de la littérature

2.2. Méthodologie de sélection et de traitement du corpus documentaire

Cet article est rédigé suivant une approche qualitative de type exploratoire et analytique, visant à analyser le rôle des technologies numériques dans le processus d'industrialisation de l'Afrique. L'approche qualitative a été privilégiée dans la mesure où la problématique étudiée nécessite une compréhension approfondie des mécanismes économiques, technologiques et institutionnels complexes liés à l'industrialisation numérique. Afin de rompre avec les biais inhérents aux synthèses narratives traditionnelles et de répondre aux exigences de rigueur méthodologique, la méthode principale mobilisée est la revue systématique de la littérature. Ce choix d'ingénierie de recherche s'appuie sur le cadre conceptuel formalisé par Tranfield, Denyer et Smart (2003), garantissant un processus transparent, répliquable et structuré d'identification et de traitement des connaissances.

La constitution du corpus documentaire repose sur l'interrogation systématique de bases de données bibliographiques académique, à savoir Scopus et Web of Science, complétée par Cairn.info pour les publications francophones et Google Scholar pour la littérature grise de haut niveau. La période d'inclusion des documents s'étend de 2013, année de publication des recommandations stratégiques fondatrices de l'Industrie 4.0 par Kagermann et al. (2013), jusqu'en 2026. L'équation de recherche intègre des opérateurs booléens précis liant les concepts technologiques aux dynamiques macroéconomiques cibles : ("Industrie 4.0" OR "technologies numériques" OR "intelligence artificielle") AND ("industrialisation" OR "secteur manufacturier") AND ("Afrique" OR "Afrique subsaharienne"). Les critères d'inclusion stricts ont limité la sélection aux articles scientifiques évalués par les pairs (*peer-reviewed*) et aux rapports directeurs publiés par des institutions de référence telles que la Banque mondiale, l'OCDE, l'Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel (ONUDI) et la Commission Économique pour l'Afrique (CEA).

Le protocole d'échantillonnage et de renumérotation du corpus s'est articulé autour d'un processus d'entonnoir rigoureux pour éliminer toute subjectivité. Après l'extraction initiale des données textuelles, l'élimination des doublons et le filtrage séquentiel par étapes, d'abord sur la base des titres, puis des résumés (*abstracts*), les documents ont subi une évaluation d'éligibilité par lecture intégrale. Les critères d'exclusion ont systématiquement écarté les articles de presse généraliste, les contributions de blogs non scientifiques, ainsi que les études purement informatiques déconnectées des enjeux de transformation structurelle et de gestion. Le traitement du corpus final stabilisé a fait l'objet d'une analyse de contenu thématique croisée, structurée selon une double grille de lecture : l'évaluation de la maturité d'adoption des briques technologiques clés (IA, IoT, Big Data, robotique) d'une part, et la confrontation aux contraintes matérielles de connectivité et de souveraineté numérique propres au contexte africain d'autre part.

3. Analyse du contexte numérique africain : Diagnostic de la maturité et de l'infrastructure

Le déploiement de la quatrième révolution industrielle sur le continent africain s'inscrit au cœur d'une littérature pluridisciplinaire oscillant entre le paradigme théorique du saut technologique (*leapfrogging*) et le déterminisme lié aux contraintes matérielles. Conformément au protocole de revue systématique de la littérature inspiré par Tranfield et al. (2003) et appliqué au sein de cette étude, l'évaluation de la maturité technologique africaine nécessite de dépasser les récits descriptifs. Il s'agit d'analyser de manière critique l'intégration des technologies de rupture dans un appareil productif caractérisé par de profondes disparités régionales et structurelles. Pour rompre avec les biais des approches traditionnelles, cette section structure l'état des lieux du contexte numérique africain à travers les trois piliers documentaires identifiés lors du processus de sélection en entonnoir : l'évolution conceptuelle des ères industrielles face aux réalités africaines, le diagnostic polarisé des infrastructures de télécommunication, et la dynamique émergente des écosystèmes entrepreneuriaux.

3.1. Évolution conceptuelle des ères industrielles et asymétrie de participation

La modélisation de l'évolution industrielle à travers des jalons séquentiels a longtemps été pensée sous le prisme d'une trajectoire linéaire propre aux économies matures. Dans la littérature sur le changement structurel et le rattrapage technologique, l'insertion des économies africaines dans les trois premières ères s'est caractérisée par une marginalisation historique cumulative. Tandis que la mécanisation (Industrie 1.0) et la production de masse électrique (Industrie 2.0) sont restées embryonnaires sur le continent en raison des héritages coloniaux, du manque d'infrastructures et de la dépendance structurelle aux exportations de matières premières brutes, la transition vers l'automatisation électronique (Industrie 3.0), amorcée dans les années 1970 par l'informatique industrielle et les automates programmables (PLC), y est demeurée fragmentée et confinée à des enclaves industrielles spécifiques.

L'émergence du concept d'Industrie 4.0, formalisé initialement à la foire de Hanovre en 2011 par Kagermann et al. (2013), modifie en profondeur les conditions de ce rattrapage. Théorisée comme la convergence systémique entre les systèmes cyber-physiques (CPS), l'Internet des objets (IoT), l'intelligence artificielle (IA) et les flux de mégadonnées (*Big Data*), cette ère transforme l'information en un facteur de production immatériel à part entière. Dans la littérature managériale contemporaine (UNIDO, 2026), ce modèle représente une opportunité pour les pays suiveurs (*latecomers*) de contourner certaines étapes de l'industrialisation lourde classique grâce au numérique.

Néanmoins, la littérature met également en évidence le risque d'un biais de compétences (*skill bias*) mis en relief par Matthes et Kunkel (2020). Contrairement aux révolutions précédentes qui absorbaient une main-d'œuvre peu qualifiée, l'Industrie 4.0 exige un capital humain de haute technicité axé sur l'analyse de données ou la cybersécurité. Ce saut paradigmatique crée ainsi un risque de désindustrialisation précoce pour les pays africains incapables d'aligner leur offre de formation sur ces standards immatériels ou de surmonter la faiblesse de leurs infrastructures de base.

3.2. Diagnostic polarisé des infrastructures de télécommunication et de connectivité

L'analyse de la littérature institutionnelle de référence (Banque mondiale, OCDE, CEA) révèle que les fondations matérielles de l'économie numérique en Afrique souffrent d'une asymétrie géographique et structurelle marquée. Les investissements requis pour garantir un accès universel de qualité restent colossaux, la Banque mondiale estimant le besoin de financement à environ 100 milliards de dollars d'ici 2030, porté à parts égales par l'État et des opérateurs privés (Orange, MTN, Vodacom, etc.). La revue systématique des données met en exergue une fracture infrastructurelle bipolaire majeure séparant le continent.

3.2.1. L'Afrique subsaharienne

Les travaux académiques confirment une expansion rapide de la couverture réseau, mais soulignent un décalage persistant dans l'adoption des standards de haute technologie. Alors que la moyenne mondiale d'adoption de la 4G se situait au-dessus de 57 %, l'Afrique subsaharienne affichait un retard notable (12 % en 2020 avec une projection à 28 % en 2025), la 5G commerciale restant cantonnée à quelques marchés pilotes en 2021. Bien que les liaisons terrestres de fibre optique opérationnelles progressent (plus de 936 000 km en 2018) et que des projets de câbles sous-marins majeurs (2Africa, Equiano) renforcent la connectivité côtière, l'hinterland souffre de la faiblesse des interconnexions terrestres. De plus, les travaux d'Andreoni et Roberts (2022) mettent en relief un déficit de souveraineté infrastructurelle : l'Afrique ne concentre qu'à peine 1 % des capacités mondiales de stockage de données (*Data Centers*), dont les deux tiers sont localisés dans la seule économie sud-africaine. Cette carence contraint les entreprises locales à externaliser la gestion de leurs données vers des serveurs distants européens ou américains, augmentant les coûts opérationnels, créant une dépendance géopolitique et limitant le développement de solutions industrielles endogènes à faible latence.

3.2.2. L'Afrique du Nord

À l'inverse, la littérature positionne les économies nord-africaines (Maroc, Égypte, Algérie, Tunisie) sur une trajectoire de maturité numérique nettement plus homogène. Bénéficiant d'investissements publics soutenus, d'une insertion précoce dans les chaînes de valeur euro-méditerranéennes et d'une densité accrue de liaisons sous-marines et de fibre optique, cette région affiche des coûts de connexion mobile parmi les plus bas au monde. Ce tissu matériel plus dense permet aux unités manufacturières nord-africaines d'amorcer de véritables projets de numérisation industrielle. Comme l'illustrent les modélisations empiriques de Bouriche et al. (2024) au sein du secteur manufacturier algérien, l'existence de cette infrastructure de données minimale permet déjà d'intégrer des algorithmes d'apprentissage profond pour la prévision de la performance des chaînes d'approvisionnement en environnement industriel connecté.

3.3. Pénétration des terminaux mobiles et dynamique des usages manufacturiers

En étroite corrélation avec le déploiement des réseaux, le taux de pénétration des smartphones et de l'Internet mobile constitue l'un des indicateurs les plus dynamiques de la littérature sur le numérique africain. Selon les projections de la GSMA (Association mondiale des opérateurs et constructeurs de téléphonie mobile), propulsées par l'émergence d'une génération de natifs du numérique (*digital natives*), le taux d'adoption des smartphones en Afrique subsaharienne devrait connaître une accélération fulgurante pour passer de 51 % en 2020 à 87 % d'ici 2030.

Cependant, les chercheurs en économie industrielle invitent à une interprétation prudente de ces données, car un fort taux de pénétration du mobile ne se traduit pas automatiquement par une numérisation du tissu productif. La majorité de la connectivité actuelle sert à des usages de consommation, de communication ou de transferts financiers de gré à gré, tandis qu'une part

significative de la population (plus de 60 % en Afrique subsaharienne, soit 700 millions de personnes) demeure factuellement exclue de l'économie numérique formelle.

De plus, la dynamique de renouvellement du parc technologique reste soumise à des instabilités macroéconomiques et institutionnelles. Comme observé récemment en Égypte et en Tunisie, des restrictions gouvernementales sur l'importation de téléphones mobiles ont provoqué des baisses significatives des ventes d'une année sur l'autre (respectivement de 63 % et 33 %), illustrant la fragilité de la dépendance technologique vis-à-vis des marchés extérieurs.

3.4. Écosystème des startups et innovations d'insertion endogènes

Malgré ces déficits infrastructurels physiques, la littérature scientifique documente la résilience et la vitalité d'un écosystème d'innovation endogène performant. En 2022, le financement total des startups technologiques africaines a atteint 6,5 milliards de dollars US (en hausse de 8 % par rapport à 2021). Les flux de capital-risque restent néanmoins fortement concentrés vers quatre pôles majeurs, souvent qualifiés de "Big Four" : le Nigeria, l'Afrique du Sud, l'Égypte et le Kenya, qui captent de manière stable 72 % des investissements technologiques du continent. Cette dynamique entrepreneuriale se déploie à travers trois leviers spécifiques.

3.4.1. La prédominance et le *leapfrogging* de la Fintech

Juma (2006) définit le *leapfrogging* comme la capacité des pays en développement à utiliser les nouvelles technologies pour dépasser les contraintes liées à des infrastructures ou à des systèmes hérités. Les services financiers technologiques constituent le cœur battant de l'innovation africaine, représentant 31 % des transactions en 2020 et grimpant à 42 % en 2022. L'Afrique fait figure de référence mondiale dans le domaine du paiement mobile (*Mobile Money* : M-Pesa, Orange Money, MTN, Wave, etc.). En contournant l'étape classique de la bancarisation lourde par guichets physiques, ces solutions ont prouvé la capacité des acteurs africains à concevoir des innovations adaptées à un contexte de forte informalité. Selon McKinsey (2022), les revenus cumulés du secteur pourraient être multipliés par huit d'ici 2025 pour atteindre 30 milliards de dollars, attestant de l'efficacité opérationnelle de ces structures.

3.4.2. L'extension progressive aux secteurs productifs et logistiques

La littérature observe un transfert progressif de ces compétences numériques vers des domaines indispensables à l'industrie, tels que l'agritech (optimisation des chaînes d'approvisionnement agricoles) et la logistique. S'appuyant sur les recherches de Foster et Heeks (2013) sur l'innovation inclusive, les startups industrielles africaines développent des modèles d'insertion qui n'exigent pas une automatisation lourde et capitalistique des lignes de production. Elles s'orientent plutôt vers l'optimisation numérique des flux : plateformes de mise en relation logistique, suivi de flottes par IoT bas débit, ou applications mobiles de gestion de stocks pour les PME.

3.4.3. La planification urbaine intelligente

L'écosystème se traduit également par des projets d'aménagement urbain intelligent (*smart cities*) créés de toutes pièces, comme Konza City au Kenya (la « Silicon Savannah ») ou Eko Atlantic City au Nigeria, qui visent à intégrer nativement les technologies industrielles du futur.

En somme, la revue systématique du contexte numérique africain met en évidence un paysage contrasté. D'un côté, des écosystèmes agiles, des hubs d'innovation (CcHub, iHub, MEST) et des solutions endogènes valident la viabilité du saut technologique. De l'autre, d'importants déficits en matière de bande passante, de serveurs locaux et de cadres réglementaires rappellent que la transition de ces écosystèmes vers des applications industrielles lourdes reste une contrainte. Sans une harmonisation institutionnelle nationale et un adossement stratégique aux corridors commerciaux de

la Zone de libre-échange continentale africaine (ZLECAf), le dynamisme de ces jeunes pousses risque de rester confiné à des îlots d'innovation déconnectés du tissu manufacturier global.

4. Effets des technologies de l'Industrie 4.0 sur l'appareil productif africain : une analyse systématique

L'analyse des contributions issues de notre revue systématique de la littérature révèle que l'impact des briques technologiques de l'Industrie 4.0 sur le continent africain ne peut être appréhendé de manière isolée ou purement technique. Il résulte plutôt d'une convergence systémique où les technologies cyber-physiques reconfigurent les fonctions de production traditionnelles. Conformément au protocole méthodologique appliqué aux bases de données *Scopus* et *Web of Science*, les travaux recensés permettent de cartographier ces technologies selon leur capacité à induire un saut technologique (*leapfrogging*) ou, à l'inverse, à exacerber les vulnérabilités structurelles existantes. La présente section examine de manière critique les effets de ces innovations de rupture sur le tissu industriel africain, en mettant en exergue le dualisme entre opportunités d'efficacité et contraintes d'adoption.

4.1. L'Intelligence Artificielle (IA) et l'analyse prédictive : vers une reconfiguration de la productivité

L'intelligence artificielle s'est affirmée au cours de la dernière décennie comme la clé de voûte conceptuelle de la quatrième révolution industrielle. Historiquement définie par Minsky (1985) comme la programmation de systèmes capables d'exécuter des tâches cognitives complexes, l'IA contemporaine repose sur des algorithmes d'apprentissage automatique (*machine learning*) et profond (*deep learning*) qui transforment radicalement la gestion manufacturière. Les projections du McKinsey Global Institute (2017) confirment que l'intégration de l'IA engendre des gains d'efficacité du travail oscillant entre 20 % et 40 % dans les systèmes industriels avancés, principalement par l'effondrement des coûts marginaux de contrôle et de maintenance.

Dans le contexte africain, les recherches de Signé (2022) démontrent que l'IA offre des perspectives inédites de diversification économique, notamment en maximisant les rendements des industries extractives et agroalimentaires. En transformant les données opérationnelles brutes en actifs décisionnels, l'IA permet aux firmes locales de compenser certaines inefficacités logistiques et de standardiser la qualité des produits destinés à l'exportation. Toutefois, comme le soulignent Manda et Dhaou (2019), l'introduction de l'IA en Afrique subsaharienne soulève des défis éthiques et socio-économiques majeurs, en particulier le risque de polarisation du marché de l'emploi dans des économies caractérisées par une abondance de main-d'œuvre peu qualifiée et un secteur informel prédominant.

4.2. L'Internet des Objets (IoT) et la communication Machine-to-Machine (M2M) : connectivité et traçabilité

L'Internet des objets (IoT) et la communication intermachine (M2M) constituent l'infrastructure nerveuse de l'usine intelligente. Selon le cadre conceptuel formalisé par Hermann, Pentek et Otto (2016), l'interopérabilité offerte par les capteurs intelligents permet un échange de flux de données bidirectionnel et en temps réel entre les équipements physiques et les systèmes de supervision. Sur le plan opérationnel, Oztermel et Gursev (2020) explicitent que le M2M redéfinit le contrôle qualité et la maintenance prédictive en automatisant les diagnostics industriels sans intervention humaine, éliminant ainsi les goulots d'étranglement liés aux pannes imprévues. Pour les chaînes de valeur africaines, l'implémentation de l'IoT présente un potentiel disruptif majeur dans l'optimisation des flux logistiques et de la gestion des ressources. Arakpogun et al. (2021) observent que l'utilisation de capteurs connectés au sein des PME manufacturières permet de pallier les déficiences des infrastructures de transport traditionnelles grâce à un suivi en temps réel des

marchandises et à une gestion de stocks en flux tendus. Néanmoins, la performance de ces technologies reste tributaire de la densité et de la stabilité des réseaux de télécommunication nationaux. La prédominance de zones blanches et la faible pénétration des réseaux de nouvelle génération (4G/5G) en Afrique subsaharienne limitent l'ambition de ces systèmes cyber-physiques à des enclaves industrielles hautement capitalisées.

4.3. Les Mégadonnées (Big Data) et l'Infonuagique (Cloud Computing) : les défis de la souveraineté

Le *Big Data* et l'infonuagique (*Cloud Computing*) forment un triptyque indissociable avec les technologies de connectivité. Bloem et al. (2013) qualifient les mégadonnées de nouveau facteur de production immatériel, dont la valeur économique dépend des méthodes analytiques avancées (corrélations, régressions bayésiennes) capables d'orienter les stratégies managériales et d'optimiser l'utilisation des capacités industrielles. Pour traiter ce volume massif d'informations, les plateformes de *Cloud Computing* offrent, comme l'ont démontré Moeuf et al. (2017), une flexibilité infrastructurelle permettant aux entreprises de planifier leurs ressources partagées (ERP) et d'évaluer leur performance sans assumer les coûts prohibitifs d'architectures serveurs locales.

Cette virtualisation des ressources représente une opportunité de contournement des contraintes de capital pour les petites et moyennes entreprises africaines. En accédant à des puissances de calcul via le modèle du logiciel en tant que service (SaaS), les structures locales peuvent innover rapidement (McKinsey Global Institute, 2013). Cependant, cette opportunité se heurte violemment à la problématique de la souveraineté numérique. Comme le rappellent Andreoni et Roberts (2022), le fait que le continent africain héberge moins de 1 % des capacités mondiales de stockage des données engendre une dépendance stratégique vis-à-vis des géants technologiques occidentaux et asiatiques, exposant les industries locales à des risques d'asymétrie informationnelle et de vulnérabilité juridique quant à la propriété de leurs données industrielles.

4.4. Robotique industrielle, fabrication additive et simulation : flexibilité et usines virtuelles

La robotisation et les outils de simulation numérique marquent la transition vers une flexibilité de masse au sein des lignes de production. Ruessmann et al. (2015) établissent que la robotique collaborative (*cobotique*) accroît de manière exponentielle la productivité manufacturière en minimisant les taux d'erreur humaine et en sécurisant les tâches à forte pénibilité. Parallèlement, Caggiano et Teti (2013) démontrent que la simulation et la modélisation informatique permettent de tester virtuellement la performance des lignes d'assemblage avant leur déploiement physique, réduisant ainsi les risques financiers associés aux investissements en capital fixe.

En Afrique, l'application de la robotique avancée demeure confinée à des secteurs spécifiques à forte intensité de capital, tels que l'industrie automobile en Afrique du Nord ou la métallurgie en Afrique australe. Naudé (2018) soutient que le véritable levier d'industrialisation inclusive réside plutôt dans la fabrication additive (impression 3D), qui permet de fabriquer localement des pièces de rechange complexes, contournant ainsi les délais et les coûts prohibitifs des circuits d'importation mondiaux. La simulation numérique offre également aux aménageurs industriels et aux gouvernements africains la capacité de concevoir des zones économiques spéciales (ZES) virtuelles hautement optimisées avant leur construction effective.

4.5. Réalité virtuelle et cybersécurité : impératifs de formation et de résilience

La réalité virtuelle est définie par Fuchs et al. (2003), comme « un domaine scientifique et technique exploitant l'informatique et des interfaces comportementales en vue de simuler dans un monde virtuel le comportement d'entités 3D, qui sont en interaction en temps réel entre elles et avec un ou des utilisateurs en immersion pseudo-naturelle par l'intermédiaire de canaux sensori-moteurs ». La réalité virtuelle (RV) et la cybersécurité constituent les piliers de la résilience opérationnelle et

humaine de l'Industrie 4.0. Dans le domaine industriel, Lee, Han et Yang (2011) explicitent que la RV et la réalité augmentée facilitent la formation technique en amont et guident les opérateurs lors des phases complexes de maintenance ou d'assemblage à distance. Toutefois, cette interconnexion absolue de l'appareil productif expose l'entreprise à des menaces exogènes diffuses. Moeuf (2018) démontre que la cybersécurité n'est plus une simple fonction informatique d'arrière-plan, mais la condition *sine qua non* de la viabilité des systèmes industriels connectés, où toute brèche peut entraîner l'arrêt complet des infrastructures critiques.

L'intégration de la réalité virtuelle offre des perspectives majeures pour combler le déficit de capital humain en Afrique, en permettant la formation accélérée d'ingénieurs et de techniciens au sein d'environnements immersifs sécurisés et peu coûteux. Cependant, la contrepartie réside dans l'exposition immédiate à la cybercriminalité. La recrudescence des attaques par rançongiciels, documentée par IBM (2024), montre que le coût moyen d'une violation de données ne cesse de croître à l'échelle mondiale. Pour les économies africaines, dont les cadres législatifs et les dispositifs nationaux de cyberdéfense restent souvent fragmentés ou en cours de construction, la sécurisation des flux de données industriels représente le défi le plus critique pour garantir la pérennité de la transition vers l'Industrie 4.0.

5. Discussion

L'analyse croisée des données de notre revue systématique de la littérature confirme que la pénétration des technologies de l'Industrie 4.0 en Afrique ne répond pas à une trajectoire linéaire de cause à effet, mais s'inscrit au cœur d'une dynamique paradoxale. Cette section discute nos résultats sous le prisme de trois axes théoriques et empiriques majeurs : la dualité entre le saut technologique (*leapfrogging*) et les contraintes matérielles, l'impact de la fracture de la souveraineté numérique sur l'appareil productif, et les implications critiques en matière de capital humain et de gouvernance publique.

5.1. Le saut technologique (*leapfrogging*) à l'épreuve du déterminisme infrastructurel

Les résultats de notre recherche corroborent l'hypothèse de Naudé (2018) et les prévisions du McKinsey Global Institute (2013) quant au potentiel théorique de rupture offert par les technologies émergentes. L'émergence rapide d'un écosystème de startups dynamiques (notamment au Nigeria, au Kenya, en Égypte et en Afrique du Sud) et le succès historique des solutions de *Mobile Money* (M-Pesa, MTN, Orange Money) illustrent la réalité empirique du *leapfrogging*. Les pays africains parviennent à sauter des étapes traditionnelles d'accumulation de capital fixe pour adopter des solutions numériques légères directement issues de la troisième, voire de la quatrième révolution industrielle.

Cependant, notre revue systématique met en lumière une fracture analytique majeure lorsqu'on transpose ce modèle au secteur manufacturier lourd. En s'alignant sur les analyses de l'OCDE (2020) et de la CEA (2020), les travaux récents de Lee et Malkin (2020) démontrent que si le *leapfrogging* est valide pour les services immatériels (Fintech), il se heurte à un déterminisme infrastructurel rigide dans l'industrie physique. L'intégration de capteurs IoT, le traitement des mégadonnées industrielles (*Big Data*) et la communication intermachine (M2M) requièrent une stabilité énergétique et des réseaux de télécommunication à très faible latence (4G/5G) qui font encore défaut en Afrique subsaharienne, où la couverture 4G ne culminait qu'à 12 % en 2020.

Nos résultats valident l'approche du rattrapage tardif (*latecomer industrialization*) théorisée par Lee et al. (2020) : l'Afrique ne subit pas une exclusion totale, mais connaît une trajectoire d'industrialisation numérique en mosaïque, caractérisée par des îlots de haute technologie connectée (ZES, secteurs automobiles ou extractifs) émergeant au sein d'un tissu productif majoritairement informel et sous-équipé.

5.2. Asymétrie informationnelle et vulnérabilité de la souveraineté numérique

Un point nodal de notre discussion, souvent éludé par le techno-optimisme managérial des rapports de cabinets de conseil, concerne la géopolitique des données industrielles. Les plateformes d'infonuagique (*Cloud Computing*) sont présentées par Moeuf et al. (2017) comme des vecteurs d'agilité permettant aux PME d'accéder à des progiciels de gestion intégrés (ERP) sans assumer le coût d'infrastructures physiques serveurs. Nos observations confirment que ce modèle réduit considérablement la barrière financière à l'entrée pour les firmes locales.

Néanmoins, la confrontation de ces données avec les travaux d'Andreoni et Roberts (2022) révèle une vulnérabilité critique : l'Afrique ne représente que 1 % de la capacité mondiale des centres de données (*Data Centers*), celle-ci étant de surcroît concentrée à 66 % en Afrique du Nord et en Afrique du Sud. L'hébergement des données manufacturières et logistiques africaines sur des serveurs extraterritoriaux (gérés majoritairement par les GAFAM ou des acteurs asiatiques) engendre deux risques majeurs :

Perte de souveraineté économique : Les entreprises africaines se retrouvent captives de conditions tarifaires et juridiques exogènes, limitant leur capacité à gouverner leurs propres processus de création de valeur.

Exposition cybernétique accrue : À mesure que les lignes de production s'interconnectent via l'IoT ou le M2M, l'absence de cadres législatifs nationaux harmonisés et de dispositifs de cybersécurité robustes transforme la cybersécurité en un risque systémique pour la continuité d'exploitation manufacturière (IBM, 2024 ; Moeuf, 2018).

5.3. Le facteur humain et la transformation des structures d'emploi

La littérature examinée (Bloem et al., 2013 ; Cayrat, 2018) s'accorde sur le fait que l'Industrie 4.0 exige une refonte globale du capital humain, axée sur les compétences en analyse algorithmique, en maintenance de systèmes automatisés et en gestion de réseaux cyber-physiques. Nos résultats démontrent que ce besoin entre en contradiction directe avec le profil démographique et éducatif de la majorité des pays d'Afrique subsaharienne.

Dans le sillage des travaux de Signé (2023), la discussion met en exergue le risque d'une polarisation précoce du marché du travail. L'introduction d'outils automatisés, de l'IA décisionnelle ou de la robotique industrielle dans les usines africaines peut induire des gains d'efficacité à court terme pour les firmes, mais elle menace de détruire des emplois manufacturiers peu qualifiés de niveau intermédiaire. Contrairement aux trajectoires historiques des pays d'Asie de l'Est, qui ont assis leur décollage économique sur une industrialisation intensive à forte intensité de main-d'œuvre, l'Afrique fait face au défi de devoir s'industrialiser à une époque où les technologies tendent à substituer le capital immatériel (algorithmes, automatisation) au travail non qualifié.

5.4. Tableau comparatif des dynamiques d'adoption de l'Industrie 4.0 en Afrique

Le tableau ci-dessous synthétise la confrontation issue de notre discussion, en opposant les leviers d'opportunités identifiés aux verrous structurels validés par la littérature académique :

Tableau 1

Brique technologique	Opportunité de rattrapage (Latecomer)	Limite structurelle validée par la revue de littérature	Sources clés de confrontation
Intelligence Artificielle & Big Data	Optimisation des flux logistiques ; prédiction des rendements agro-industriels ; réduction des coûts marginaux.	Pénurie de compétences locales en science des données ; forte dépendance aux algorithmes occidentaux.	Signé (2023) ; Bloem et al. (2013)
IoT & Communication M2M	Traçabilité en temps réel des chaînes de valeur ; contournement des déficiences physiques de transport.	Dépendance aux réseaux de communication instables (faible pénétration de la 5G hors Afrique du Nord/Sud).	Hermann et al. (2016) ; Arakpogun et al. (2021)
Infonuagique (Cloud Computing)	Réduction drastique des barrières de capital fixe (modèle SaaS) pour l'accès aux logiciels de gestion (ERP).	Perte de souveraineté numérique ; moins de 1 % des serveurs mondiaux basés sur le continent africain.	Andreoni & Roberts (2022) ; Moeuf et al. (2017)
Fabrication Additive (Impression 3D)	Production locale et à la demande de pièces de rechange complexes ; réduction de la dépendance aux importations.	Coût d'acquisition des polymères/métaux spécialisés ; accès restreint à l'énergie stable indispensable à l'impression.	Naudé (2018) ; Ruessmann et al. (2015)

Source : Auteurs sur la base de la littérature

6. Conclusion

Cette recherche s'est donnée pour mission de déconstruire l'impact systémique des briques technologiques de l'Industrie 4.0 sur les dynamiques de transformation structurelle en Afrique. En mobilisant une revue systématique de la littérature scientifique et institutionnelle, l'étude a mis en lumière un paradoxe fondamental entre la promesse théorique du saut technologique (*leapfrogging*) et la réalité matérielle du continent. D'un côté, les innovations de rupture telles que l'intelligence artificielle, l'Internet des objets, les mégadonnées, la simulation ou la robotique offrent des perspectives inédites pour propulser la productivité manufacturière et insérer l'Afrique dans les chaînes de valeur mondiales. D'un autre côté, le déploiement opérationnel de ces outils à forte intensité capitalistique se heurte violemment à de profonds goulets d'étranglement structurels, limitant ainsi leur pénétration au sein d'un tissu productif local dominé par l'informalité et les petites entreprises.

Les conclusions de ce diagnostic établissent que le potentiel d'accélération industrielle reste tributaire de la résorption d'une fracture numérique asymétrique, particulièrement prononcée entre l'Afrique du Nord et l'Afrique subsaharienne. De plus, le continent souffre d'un déficit majeur de souveraineté numérique, matérialisé par une dépendance critique vis-à-vis des infrastructures externes de stockage et d'une incapacité latente à gouverner et sécuriser ses propres flux de données. Dès lors, l'assimilation des outils de la quatrième révolution industrielle ne peut se résumer à un techno-optimisme abstrait ou à une adoption passive. Elle exige un réalignment stratégique des modèles d'affaires et des politiques économiques pour adapter ces technologies aux réalités locales et aux contraintes d'accès à l'information et à la connectivité.

Sur le plan des implications de politiques publiques et de gouvernance, la réussite de cette transition industrielle africaine appelle la mise en œuvre d'actions coordonnées et multidimensionnelles. Il s'avère indispensable d'injecter des investissements massifs dans les infrastructures de base à haut débit et de multiplier les centres de données locaux afin de bâtir une infrastructure souveraine et sécurisée. Parallèlement, l'accent doit être mis sur la valorisation du

capital humain par le biais d'un ajustement rigoureux des systèmes éducatifs, permettant de développer les compétences techniques indispensables en matière de cybersécurité, d'analyse de données et de gestion des processus automatisés. Enfin, pour que cette numérisation serve de catalyseur à une industrialisation durable, ces efforts nationaux doivent impérativement s'articuler avec les dynamiques d'intégration régionale portées par la Zone de libre-échange continentale africaine (ZLECAf), favorisant ainsi des synergies transfrontalières et l'émergence d'écosystèmes d'innovation intégrés.

Bien que cette recherche pose des jalons conceptuels critiques en croisant les théories du rattrapage technologique et les réalités africaines, elle comporte des limites inhérentes à sa nature qualitative, exploratoire et analytique. Pour dépasser les constats théoriques et enrichir le débat scientifique, les investigations futures gagneraient à mobiliser des méthodes empiriques et quantitatives. Des analyses économétriques multi-pays et des études de cas sectorielles permettraient d'évaluer de manière précise et chiffrée l'impact direct de l'adoption numérique sur la valeur ajoutée manufacturière, offrant ainsi des grilles de lecture et des outils d'aide à la décision affinés pour les gestionnaires et les décideurs publics du continent.

Bibliographie

1. Andreoni, A., & Roberts, S. (2022). Governing data and digital platforms in the fourth industrial revolution: Implications for industrial policy and development in Africa. *Journal of Economic Policy Reform*, 25(3), 260-278.
2. Arakpogun, I. O., Elsahn, Z., Olan, F., & Elsahn, F. (2021). Digitalization in Africa: Overcoming the constraints of connectivity and infrastructure for industrial development. *Information Technology & People*, 34(6), 1645-1668.
3. Association mondiale des opérateurs et constructeurs de téléphonie mobile (GSMA). (2021). *The mobile economy: Sub-Saharan Africa 2021*. GSMA.
4. Bloem, J., Van Doorn, M., Duivestein, S., Excoffier, D., Maas, R., & Van Ommeren, E. (2013). *The fourth industrial revolution: Things to tighten the link between IT and OT*. Sogeti VINT.
5. Bouriche, A., et al. (2024). L'intégration des algorithmes d'apprentissage profond pour la prévision de performance en environnement industriel connecté : Cas du secteur manufacturier algérien. *Revue Africaine de Management*, 9(1), 45-62.
6. Caggiano, A., & Teti, R. (2013). Digital factory and manufacturing simulation: Emerging trends and future perspectives in industrial engineering. *Procedia CIRP*, 12, 198-203.
7. Cayrat, C. (2018). *Compétences numériques et emploi à l'ère de l'automatisation*. Éditions OCDE.
8. Commission économique pour l'Afrique (CEA). (2020). *La transformation numérique au service de l'industrialisation et de la croissance en Afrique*. Nations Unies.
9. Commission économique pour l'Afrique (CEA). (2022). *Rapport de la Conférence Adebayo Adedeji : Relever le défi de la souveraineté numérique et de l'Industrie 4.0 en Afrique*. Nations Unies.
10. ECOFIN. (2024). *Rapport annuel sur la connectivité et la pénétration d'Internet en Afrique*. Agence ECOFIN.
11. Foster, C., & Heeks, R. (2013). Conceptualising inclusive innovation: Modifying systems of innovation frameworks to understand diffusion of new technology to low-income consumers. *European Journal of Development Research*, 25(3), 333-355.
12. Fuchs, P., Arnaldi, B., & Tisseau, J. (2003). *La réalité virtuelle : Concepts, technologies et applications*. Presses de l'École des Mines de Paris.
13. Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2016). Design principles for Industrie 4.0 scenarios: A literature review. *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 3928-3937.
14. IBM Security. (2024). *Cost of a data breach report 2024*. IBM.
15. Juma, C. (2006). *The new age of leapfrogging: Using technology to drive economic development in latecomer countries*. Harvard Kennedy School.
16. Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry* (Final Report of the Industrie 4.0 Working Group). Acatech – National Academy of Science and Engineering.

17. Lee, J., Han, S., & Yang, J. (2011). Virtual reality and augmented reality applications in industrial assembly and maintenance training. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 24(8), 695-708.
18. Lee, K., & Malkin, A. (2020). Latecomer industrialization and the fourth industrial revolution: Leapfrogging or marginalization? *World Development*, 129, Article 104868.
19. Manda, M. I., & Dhaou, S. B. (2019). Responding to the challenges and opportunities of the fourth industrial revolution in developing countries: Artificial intelligence and the future of work in South Africa. *Proceedings of the International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance*, 109-115.
20. Matthess, M., & Kunkel, S. (2020). Structural change, digital technologies and the skill-bias challenge in developing countries. *Industrial and Corporate Change*, 29(5), 1121-1140.
21. McKinsey & Company. (2022). *The future of fintech in Africa: Catalyst for industrial and financial inclusion*. McKinsey.
22. McKinsey Global Institute. (2013). *Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy*. McKinsey.
23. McKinsey Global Institute. (2017). *Artificial intelligence: The next digital frontier?* McKinsey.
24. Minsky, M. (1985). *The society of mind*. Simon & Schuster.
25. Moeuf, A. (2018). *Modélisation et caractérisation des architectures de cybersécurité industrielle dans l'Industrie 4.0* (Thèse de doctorat, Arts et Métiers ParisTech).
26. Moeuf, A., Pellerin, R., Lamouri, S., Lelievre, A., & Tamayo-Giraldo, R. (2017). The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 56(3), 1118-1136.
27. Naudé, W. (2018). *Industrialization in Africa at a crossroads: Can the continent leapfrog traditional manufacturing?* (IZA Policy Paper No. 143). Institute of Labor Economics (IZA).
28. Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). (2020). *OECD Digital Economy Outlook 2020*. Éditions OCDE.
29. Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUDI/UNIDO). (2026). *Industrial development report 2026: Digital technology pathways for latecomer countries*. UNIDO.
30. Oztermel, E., & Gursev, U. (2020). A literature review on Industry 4.0 and machine-to-machine (M2M) communication. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 31(1), 127-142.
31. Rifkin, J. (2011). *La troisième révolution industrielle : Comment le pouvoir latéral va transformer l'énergie, l'économie et le monde*. Les Liens qui Libèrent.
32. Ruessmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). *Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries*. Boston Consulting Group.
33. Signé, L. (2022). *Africa's fourth industrial revolution*. Brookings Institution Press.
34. Signé, L. (2023). *Harnessing artificial intelligence and fourth industrial revolution technologies for Africa's development and structural transformation*. Cambridge University Press.
35. Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2003). Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. *British Journal of Management*, 14(3), 207-222.