

Koffi SODOKIN

Faculté des Sciences Economiques et de Gestion (FASEG). Université de Lomé
Email : Ksodokin@univ-lome.tg.

Système d'information automatisé, technologies de l'information et inclusion bancaire en Afrique subsaharienne

Résumé : Ce papier analyse les effets des technologies de l'information et du système d'information automatisé sur l'inclusion bancaire dans les pays d'Afrique subsaharienne. À cette fin, le papier utilise les estimations du modèle de panel simultané de 36 pays d'Afrique subsaharienne pour la période de 2004 à 2017. Les résultats, à l'aide des estimateurs des doubles moindres carrés, des triples moindres carrés et la méthode de régressions apparemment indépendantes, montrent des effets positifs et significatifs des technologies de l'information sur l'accès aux services financiers bancaires. En outre, l'évaluation de l'effet du système d'information automatisé sur l'inclusion bancaire révèle un effet positif et significatif. Les résultats montrent par ailleurs que l'impact des technologies de l'information est d'autant plus important sur l'inclusion bancaire qu'elle intègre l'automatisation.

Mots clés : Inclusion financière, Inclusion bancaire, Système d'information automatisé, M-banking, Pénétration en téléphonie mobile, Pénétration en internet.

Automated Information System, Information Technology and Banking Inclusion in Sub-Saharan Africa

Abstract: This paper analyzes the effects of information technology and automated information system on banking inclusion in sub-Saharan African countries. To this end, the paper uses simultaneous panel model estimates for 36 sub-Saharan African countries from 2004 to 2017. Using the double least squares, triple least squares, and seemingly independent regressions estimators, the results show positive and significant effects of information technology on access to financial banking services. In addition, the evaluation of the effect of the automated information system on banking inclusion shows a positive and significant effect. The results also show that the impact of information technology on banking inclusion is more important the more it incorporates automation.

Keywords: Financial inclusion, Banking inclusion, Automated information system, M-banking, Cell phone penetration, Internet penetration.

JEL: G21 – O11 – O30

1- Introduction

Dans les pays où la profondeur des banques est faible, on observe une exclusion significative (Demirgüç-Kunt et al., 2020 ; Guerineau et Jacolin, 2014 ; Kempson et al., 2004). Les contraintes d'accès, de disponibilité et d'utilisation des services financiers se traduisent par une discrimination à l'encontre des populations à faible revenus dans le secteur financier (Sarma, 2012, 2015). Dans les pays d'Afrique Subsaharienne (ASS), la numérisation du secteur financier a permis d'étendre l'éventail de l'offre des services financiers aux populations autrefois exclus du système financier (Labie et Montalieu, 2019 ; Fall et al, 2019 ; Afawubo et al, 2020 ; Couchoro, 2011). Ainsi, de nouveaux prestataires de services tels que les opérateurs de téléphonie mobile (OTM), les émetteurs de monnaie électronique tiers, les opérateurs de transfert d'argent font leurs apparitions dans l'écosystème des services financiers et se montrent plus compétitifs et innovants à travers leurs offres variées de services financiers de base plus adaptés et moins coûteux que ceux offerts par les institutions bancaires classiques (Bhatt et Bhatt, 2016 ; Chaix et Torre 2015).

C'est ainsi que la fin de 2018 fut marquée par un nombre record de 395,7 millions de comptes d'argent mobile enregistrés, ce qui représente près de la moitié du total des comptes d'argent mobile au niveau mondial (GSMA, 2019) dans les pays de l'ASS. La région de l'ASS est désormais desservie par plus de 130 services financiers mobiles, dont beaucoup sont gérés par des opérateurs mobiles, et par un réseau de plus de 1,4 million d'agents (GSMA, 2019). Cependant, en Afrique de manière générale, la part de la population ayant un compte est encore plus réduite (BEI, 2020). Le défi de l'inclusion bancaire reste à relever dans les pays africains. Selon les dernières données de la base de données Findex sur l'inclusion financière à l'échelle mondiale, 24 % des adultes en Afrique avaient accès à un compte en 2011, contre 87 % des adultes dans l'UE. En 2017, 53 % des Africains avaient un compte, contre 92 % des Européens en moyenne (World Bank, 2017). Il y a là une bonne progression du taux de bancarisation sur 6 ans en Afrique mais ce taux demeure faible. En pratique, les Technologies de l'Information (TI) ont permis d'accélérer l'inclusion financière dans les pays africains ces dernières années (Labie et Montalieu, 2019 ; Fall et al, 2019 ; Afawubo et al, 2020). Cependant, les données factuelles montrent que plus de la moitié des adultes demeure non bancarisée en ASS, soit 43 % de taux de bancarisation en 2018 (BEI, 2020). Dans les pays de l'Union Economique et Monétaire Ouest Africaine par exemple, le taux de bancarisation élargie est de 39,7% en 2019 (BCEAO 2020). C'est dans cette perspective que les nouvelles avancées offertes, aujourd'hui, par les systèmes d'informations automatisés (SIA) grâce à l'utilisation de chatbots et de bots vocaux en facilitant la fourniture de services financiers de premiers ordres à travers les guichets automatiques bancaires (GAB) peuvent permettre d'amplifier le mouvement de l'inclusion bancaire. La multiplication des GAB de nouvelle génération pourraient permettre de réduire l'éloignement des services bancaires des populations (Kshetri, 2021). A titre d'exemple sur la période 2019, le nombre de GAB pour 100.000 habitants est de 6,09 en ASS contre 20,9 en Inde et 24,8 dans les pays d'Afrique du Nord et de l'Est (Financial Access Survey, 2020).

La principale question de ce papier, est de savoir quel pourrait être la contribution des TI et des SIA incorporé aux nouvelles générations de GAB sur l'amélioration de l'inclusion bancaire dans les pays de l'ASS ? A cet égard, l'objectif de ce papier est d'analyser dans une perspective économétrique les effets des TI sur l'inclusion bancaire et la contribution des SIA au renforcement de ces effets. Pour la suite de l'article, nous présentons dans la seconde section une brève revue de la littérature de l'analyse des TI, des SIA et de l'inclusion bancaire. La troisième partie traite de la méthodologie. L'analyse, l'interprétation et la discussion des résultats sont faites dans la quatrième section. Nous concluons dans la cinquième section.

2- Brève revue de la littérature

L'inclusion financière consiste à fournir des services financiers à des coûts abordables à des couches défavorisées et à faible revenu et parfois très éloignées des centres urbains. En suivant Sarma et Pais (2011) et Ahamed et Mallick (2019), nous définissons l'inclusion financière dans une perspective multidimensionnelle, comme étant un processus qui facilite la disponibilité, l'accessibilité et l'utilisation des services financiers pour tous les segments d'une communauté. La dimension de la disponibilité comprend la portée démographique et géographique. La portée démographique et géographique consiste en un nombre de guichets automatiques (GAB) pour 100 000 adultes. La portée accessibilité est couverte par l'accès à la téléphonie mobile et à l'internet.

2.1- Technologies de l'Informations et Inclusion bancaire

En pratique, Deux obstacles principaux se dressent sur la voie de l'inclusion financière dans les pays africains, l'un du côté des exclus et l'autre du côté des prestataires de services financiers. La frange exclue de la société souffre d'un manque de connaissances financières et d'éducation de base, ce qui entraîne un accès limité aux services financiers. Ils trouvent le système de crédit informel plus pratique et plus facile à utiliser que le système financier formel qui paraît très complexe par nature et parfois du fait de l'éloignement par rapport aux lieux de résidence. En outre, les banques ont du mal à faire face au coût des services et à la fourniture d'un compte à un coût de maintenance raisonnable en raison de l'éloignement géographique. Les obstacles susmentionnés peuvent être surmontés grâce à l'utilisation des technologies de l'information, qui constituent une option viable pour réduire considérablement le coût des transactions et créer une plate-forme conviviale et plus pratique à utiliser (Assadi et Cudi, 2011 ; Chaix, 2013; Prasad, 2019).

Les TI peuvent servir de passerelle entre les clients les plus éloignés des centres urbains et les fournisseurs de services. Les TI aident, ainsi, les banques à réduire considérablement leurs coûts frontaux et dorsaux. La diminution des coûts de transaction et de maintenance peut réduire le coût des prêts et, par conséquent, augmenter la viabilité de l'inclusion financière dans les zones rurales. Dans cette perspective le téléphone mobile est la clé, lorsqu'il s'agit d'atteindre les exclus financiers et d'étendre l'inclusion financière à une plus grande population (Afawubo et al, 2020 ; Couchoro, 2011).

2.2- Système d'information automatisé et inclusion bancaire

En se référant à Hassani et al. (2020), un SIA peut être défini comme un système intelligent créé pour utiliser des données et les analyser, ainsi que pour exécuter certaines tâches sans avoir recours à la programmation, c'est-à-dire, une intelligence qui peut effectuer les mêmes tâches intellectuelles que les humains à l'instar des GAB grâce à l'utilisation de chatbots et de bots vocaux pour les interactions de premier ordre avec les clients. Considérée comme la quatrième révolution industrielle (Schwab, 2015). On peut convenir que l'information automatisée à l'instar de l'intelligence artificielle est une combinaison de trois technologies avancées, l'apprentissage machine, le traitement du langage naturel et l'informatique cognitive, et a un impact significatif sur l'efficacité des entreprises (Mangani, 2017). Plus particulièrement dans le secteur bancaire, l'émergence des SIA avec l'aide de l'intelligence artificielle a ouvert la voie à l'intégration bancaire des populations exclues (Kshetri, 2021, Mhlanga, 2020). C'est dans cette perspective que les nouvelles générations de GAB jouent un rôle clé dans la réduction des coûts d'entrée et ont révolutionné la chaîne de livraison des services bancaires. En effet, la technologie de l'intelligence artificielle est omniprésente dans le processus de création des nouvelles générations de service offert par les GAB (Leonov et al., 2020). Les nouveaux modèles de GAB utilisent l'intelligence artificielle combinant l'apprentissage automatique, le traitement du langage naturel et l'informatique cognitive pour la prestation des services financiers (Kaya et al., 2019 ; Wibawa et Wibawa, 2020). Les technologies utilisant une solution automatisée basée sur des algorithmes avancés pour prédire avec précision l'offre et la demande, permettent aux banques de gérer activement les liquidités dans leur réseau tout en élargissant la surface géographique de leurs activités et en réduisant les coûts de transaction (Leonov et al, 2020 ; Bhandari et Gill, 2016). L'intuition de ce papier est, donc, de partir du principe que l'information automatisée intégrée aux GAB et facilement multipliables sur un plus grand réseau géographique peut constituer un amplificateur à l'inclusion bancaire (Kshetri, 2021).

3- Méthodologie d'analyse de l'effet des TI et des SIA sur l'inclusion bancaire

3.1- Modèles économétriques

Le cadre théorique du modèle utilisé s'inspire des travaux théoriques de Chaix et Torre (2015) et présente le cadre d'un pays en développement, caractérisé par un système d'intermédiation financière imparfaitement développé avec une bonne pénétration de la téléphonie mobile et de l'internet avec trois types d'agents : les abonnés aux services de téléphonie et/ou d'internet qui peuvent être indifféremment ménages ou firmes, un opérateur de téléphonie et d'internet (ou un regroupement d'opérateurs) et une banque (ou un réseau bancaire). Peu d'abonnés sont affiliés à la banque. Pour estimer l'effet des TI sur l'inclusion bancaire, nous partons du postulat que la variable endogène inclusion bancaire (IBI) est une fonction des TI (Ict).

$$IBI_{it} = f(Ict_{it}) \quad (1)$$

La forme générale du modèle de panel adoptée se présente comme suit :

$$IBI_{it} = \alpha + \beta X'_{it} + u_{it} \quad (2)$$

Où X' est un vecteur de variables explicatives et l'indice i indique la dimension transversale (pays dans notre cas) alors que l'indice t indique la dimension temporelle. α, β sont des coefficients et u est l'erreur de perturbation. Nous formulons au regard de la revue de la littérature deux hypothèses.

Hypothèse 1. Les TI (accès à la téléphonie mobile et à l'internet) ont un effet positif sur l'inclusion financière.

Hypothèse 2. Les SIA ont un effet amplificateur de l'effet des TI sur l'inclusion financière.

3.1.1- Spécification du modèle économétrique de l'effet des TI sur l'inclusion bancaire

A la suite des travaux de Barro (1991) et de Waverman et al. (2005), nous faisons la spécification suivante :

$$IBI_{it} = \alpha + \beta_1 Ict_{it} + \beta_2 X_{it} + u_{it} \quad (3)$$

Avec : $Ict_{it} (Cel, Internet)$; $X_{it} (Infr, Edu, Gdp, Rir, Lib_{fin})$ et $u_{it} (\mu_i, \nu_t, \varepsilon_{it})$

Où IBI est un indice composite multidimensionnel obtenu à partir de l'approche de Sarma (2015). On note α , la constante ; μ_i , l'effet fixe individuel ; ν_t , l'effet fixe temporel et ε_{it} , le terme d'erreur. Ict est la variable des TI. Deux variables représentant les TI sont ainsi utilisées. Il s'agit de la pénétration des abonnés à la téléphonie mobile (Cel), représentée par la valeur normalisée du nombre d'abonnés sur 100 à un service de téléphonie mobile utilisant la technologie cellulaire, et l'indice de pénétration des abonnés au service internet (*Isp*), représenté par la valeur normalisée du nombre de personnes sur 100 ayant un accès au réseau internet mondial. X_{it} est un vecteur de variables de contrôle que sont : *Infr* le proxy des infrastructures de transport et de télécommunication, *Edu* le niveau d'éducation, *Gdp* le niveau de revenu par tête, *Rir* le taux d'intérêt réel, *Lib_{fin}* la liberté financière. En effet, au-delà des TI, d'autres facteurs sont aussi importants dans l'explication de l'inclusion bancaire. Pour capter l'effet des TI sur l'inclusion bancaire, une spécification à équations simultanées en système est formulée comme suivante :

$$\begin{cases} IBI_{i,t} = \delta + \beta_1 Ict_{i,t} + \beta_2 Infr_{i,t} + \beta_3 Lib_{fin,i,t} + \beta_4 Rir_{i,t} + \beta_5 Gdp_{i,t} + \beta_6 Edu_{i,t} + \xi_{i,t} \\ Ict_{i,t} = \alpha + \lambda_1 Elec + \lambda_2 Edu_{i,t} + \lambda_3 Gdp_{i,t} + \lambda_4 Infla_{i,t} + \lambda_5 Trade_{i,t} + \lambda_6 Chang_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \end{cases} \quad (4)$$

$Ict_{i,t}$ représente les variables TI (Cel, Internet). Comme variables explicatives de l'adoption des TI, nous avons retenu le niveau de revenu capté par le taux de croissance du PIB qui traduit la capacité financière des agents économiques à acquérir les TI et pourrait avoir un effet sur l'adoption des TI (Chinn et Fairlie, 2007) ; l'accès à l'électricité (Elec) capté par le taux d'accès des populations à l'énergie électrique (Solarin et al, 2021 ; Afzal et Gow, 2016). Les autres variables sont : le niveau d'éducation (Edu) capté par le taux de scolarité du primaire ; l'ouverture commerciale

(Trade) captée par la proportion des importations et des exportations par rapport au PIB (Chege et al., 2020; Dedrick et al., 2003) ; l'inflation (Infla) tel que capté par déflateur du PIB et le taux de change (Chang) capté par le taux officiel de change des devises nationales par rapports au dollar américain. La normalisation des variables indépendantes est faite en divisant par 100 les indicateurs de ces variables afin de les rapporter dans l'intervalle [0 ;1]. Ceci dans le but d'avoir une consistance dans les estimations.

3.1.2- Spécification du modèle économétrique des effets des SIA sur l'inclusion bancaire

Nous utilisons pour les estimations, les guichets automatiques de banque (ATM) comme proxy des SIA (Mor et Gupta, 2021 ; Bhandari et Gill, 2016). Le modèle d'estimation de l'effet des SIA sur l'inclusion bancaire se présente comme suit :

$$\begin{cases} IBI_{i,t} = \delta + \beta_1 AI_{i,t} + \beta_2 Infr_{i,t} + \beta_3 Lib_{fin_{i,t}} + \beta_4 Rir_{i,t} + \beta_5 Gdp + \beta_6 Edu + \xi_{i,t} \\ AI_{i,t} = \alpha + \lambda_1 Elec + \lambda_2 Edu_{i,t} + \lambda_3 Gdp_{i,t} + \lambda_4 Infla_{i,t} + \lambda_5 Trade_{i,t} + \lambda_6 Chang_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \end{cases} \quad (5)$$

Avec *AI* la variable des SIA captée par le nombre de guichets automatiques pour 100 000 adultes.

3.2- Données et stratégie d'estimation

3.2.1.- Sources des données

Les données utilisées proviennent des *World Development Indicator* (WDI), de 2021. Les données sur le taux de scolarisation du primaire proviennent de la base de données de l'Université de SHERBROOKE (2019) et des données sur la liberté financière obtenues de la base de données de *Heritage foundation*. Nos données couvrent la période de 2004 à 2017 sur 36 pays de l'ASS.

3.2.2- Stratégie d'estimation du modèle de l'effet des TI sur l'inclusion bancaire

Nous procédons aux tests préliminaires qui nous permettent de choisir la méthode de régression convenable. L'analyse du coefficient d'autocorrélation entre Cel et Internet révèle une autocorrélation significative à 5% entre les deux proxys des TI (voir tableau 1). Nous utilisons alors deux modèles dans lesquels les TI sont saisies par chacune de ces variables. Dans le modèle 1, nous utilisons la pénétration en téléphonie mobile (Cel) comme proxy des TI et dans le modèle 2, nous utilisons la pénétration en internet comme proxy des TI (internet). En outre, les résultats du test de présence de corrélation intra-individus de Wooldridge rejettent l'hypothèse nulle de l'absence d'autocorrélation des erreurs (voir tableau 1).

Nous procédons ensuite au test de multicolinéarité entre les variables indépendantes puis à celui d'hétéroscélasticité. La valeur de la statistique VIF pour les deux modèles est inférieure à la valeur critique 10 ; Ce qui indique une absence de multicolinéarité dans les modèles. Le test de Breush-Pagan d'hétéroscélasticité sur les deux modèles nous permet de rejeter également l'hypothèse d'absence d'hétéroscélasticité (voir tableau 1). Par ailleurs, les résultats du test de Wald modifié qui permet de tester l'hypothèse spécifique d'homoscélasticité inter-individus rejettent l'hypothèse nulle d'homoscélasticité inter individus et confirme la présence de l'hétéroscélasticité.

Nous faisons ensuite le test LM de Breush-Pagan du choix entre une régression à effets aléatoires et une régression MCO simple. Les résultats de ce test permettent de rejeter l'hypothèse nulle et nous concluons que les effets aléatoires sont appropriés (voir tableau a1 en annexe). Nous avons vérifié par ailleurs si les effets fixes temporels sont nécessaires lors de l'estimation des modèles. Les résultats de ce test permettent de rejeter l'hypothèse nulle, donc les effets fixes temporels sont nécessaires dans ce cas.

Dans le cadre de ce papier, trois techniques d'estimations sont utilisées. Nous utilisons les doubles moindres carrées (2SLS) pour prendre en compte le biais d'omission des variables explicatives. Pour remédier efficacement aux problèmes d'endogénéité et de simultanéité, nous utilisons les triples moindres carrées (3SLS) en coupe transversale appliquée à un panel non cylindré de 36 pays. Mais les résultats des 3SLS sont plus consistants. Toutefois, pour prendre en compte le probable problème d'ambiguïté de la relation entre les TI et l'*IBI*, nous utilisons la méthode SURE.

3.2.3. - Stratégie d'estimation du modèle de l'effet des SIA sur l'inclusion bancaire

Les résultats des tests préliminaires sur le modèle de l'effet des SIA (modèle 3) sur l'inclusion bancaire sont résumés dans le tableau 2. Le test de multicolinéarité indique une absence de multicolinéarité (Tableau a2 en annexe). De même, le test de Breush-Pagan d'hétéroscédasticité et celui de Wald modifié nous permettent de rejeter également l'hypothèse d'absence d'hétéroscédasticité.

4- Analyse et discussion des résultats des effets des TI sur l'inclusion bancaire

Les estimations sont établies à partir de deux modèles. Dans le modèle 1, nous utilisons comme proxy des TI, la pénétration des abonnés en téléphonie mobile (Cel) dans le but de capter l'effet de la pénétration en téléphonie mobile sur l'inclusion bancaire. Dans le Modèle 2, la pénétration d'Internet (Internet) nous permet de capter l'effet de l'Internet sur l'inclusion bancaire.

4.1- Effets de la pénétration en téléphonie mobile sur l'inclusion bancaire

Les résultats de l'estimation de l'effet de la téléphonie mobile sur l'inclusion bancaire sont résumés dans le tableau 1.

Les résultats du modèle 1 révèlent un effet positif et significatif à 1% de la pénétration en téléphonie mobile cellulaire sur l'inclusion bancaire en ASS. La vulgarisation du téléphone mobile cellulaire surtout sa possession par les populations exclues est un facteur pouvant les inciter à utiliser les services bancaires. Ainsi, il faudrait pour booster l'effet de la téléphonie mobile sur l'inclusion bancaire, développer en complément à la banque classique et au M-paiement, des produits Fintech coopératifs spécifiques adaptés aux caractéristiques et aux besoins des pauvres accessibles dans le système bancaire et au moyen de la téléphonie mobile (Chaix et Torre, 2015).

Tableau 1 : Effet de la pénétration de la téléphonie mobile sur l'inclusion bancaire en ASS

Variables	2SLS		3SLS		SURE	
	q1	q2	q1	q2	q1	q2
Téléphone	0.136***		0.138***		0.102***	
Mobile (Cel)	(0.0182)		(0.0176)		(0.00955)	
Infrastructure	1.850***		1.835***		1.993***	
(Infr)	(0.108)		(0.102)		(0.0819)	
Taux d'intérêt	0.00670		0.00203		-0.00455	
(Rir)	(0.0341)		(0.0324)		(0.0324)	
Liberté	0.0956***		0.103***		0.0994***	
financière						
(Lib_fin)	(0.0278)		(0.0263)		(0.0266)	
Revenu	-0.0583	-0.760*	-0.0609	-0.738*	-0.111	-0.749*
(Taux de	(0.110)	(0.447)	(0.108)	(0.443)	(0.103)	(0.443)
croissance du						
PIB)						
Education	0.0350*	0.0615	0.0365**	0.0835	0.0307*	0.0705
(Edu)	(0.0183)	(0.0750)	(0.0181)	(0.0742)	(0.0175)	(0.0743)
Elec		1.030***		1.068***		1.049***
		(0.0663)		(0.0647)		(0.0655)
Inflation (Infla)		-0.490***		-0.532***		-0.511***
		(0.159)		(0.151)		(0.157)
Taux de		0.00149		0.000178		0.00109
change						
(Chang)		(0.00147)		(0.00139)		(0.00145)
Trade		0.166***		0.0934**		0.142***
		(0.0428)		(0.0407)		(0.0423)
Constant	-0.0624**	0.0382	-0.0676***	0.0680	-0.0423*	0.0436
	(0.0260)	(0.0889)	(0.0253)	(0.0879)	(0.0231)	(0.0881)
Observations	397	397	397	397	397	397
R-squared	0.753	0.488	0.752	0.484	0.767	0.488

Les erreurs standards en parenthèses *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

4.2- Effets de la pénétration en internet sur l'inclusion bancaire

Les résultats de l'estimation du modèle 2 sont résumés dans le tableau 2.

Tableau 2 : Effet de la pénétration en internet sur l'inclusion bancaire en ASS

Variables	2SLS		3SLS		SURE	
	q1	q2	q1	q2	q1	q2
Internet	0.641*** (0.0739)		0.543*** (0.0707)		0.446*** (0.0299)	
Infrastructure (Infr)	1.436*** (0.148)		1.706*** (0.138)		1.799*** (0.0842)	
Taux d'intérêt (Rir)	-0.0407 (0.0313)		-0.0196 (0.0287)		-0.0369 (0.0286)	
Liberté financière (Lib_fin)	0.0806*** (0.0258)		0.0876*** (0.0236)		0.0843** (0.0236)	
Revenu (Taux de croissance du PIB)	-0.0925 (0.102)	-0.0871 (0.140)	-0.125 (0.100)	-0.0837 (0.139)	-0.154* (0.0912)	-0.0850 (0.139)
Education (Edu)	0.0280* (0.0169)	0.0669*** (0.0235)	0.0228 (0.0166)	0.0716*** (0.0232)	0.0245 (0.0155)	0.0690** (0.0233)
Elec		0.346*** (0.0208)		0.348*** (0.0204)		0.350*** (0.0206)
Inflation (Infla)		-0.0790* (0.0445)		-0.0959** (0.0409)		-0.0853* (0.0439)
Taux de change (Chang)		0.000337 (0.000451)		-0.000169 (0.000411)		0.000204 (0.000444)
Trade		0.0271** (0.0137)		0.00569 (0.0126)		0.0210 (0.0135)
Constant	-0.0214 (0.0223)	-0.110*** (0.0280)	-0.0169 (0.0215)	-0.0948*** (0.0276)	-0.00798 (0.0200)	- (0.0278)
Observations	396	396	396	396	396	396
R-squared	0.786	0.479	0.804	0.474	0.815	0.478

Les erreurs standards en parenthèses *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Les résultats du modèle 2 montrent que la pénétration des abonnés à Internet a un impact important et positif de 1 % sur l'inclusion bancaire. Ainsi, l'amélioration de l'accès des personnes à Internet rend possible l'amélioration de l'accès aux services financiers bancaires. De même, l'utilisation presque généralisée de l'internet dans les systèmes bancaires de l'ASS permet la prestation rapide et efficace des services financiers. Ces résultats sont conformes à la plupart des travaux (Bansal, 2014 ; Bhatt et Bhatt, 2016 ; Demirguc-Kunt et al., 2018 ; Evans, 2018; Nathan, 2014 ; Ozili, 2018).

4.3. Effets des autres variables sur l'inclusion bancaire

Au-delà des variables représentant les TI, tant les résultats du modèle 1 que le modèle 2 soutiennent un effet significativement positif à 5% des infrastructures de télécommunication sur l'inclusion bancaire. Ces résultats sont conformes à ceux obtenus dans Bansal (2014) ; Beck et al., (2007) ainsi que dans Lyons et al., (2017). De bonnes infrastructures de télécommunications permettent d'avoir un réseau de communication fluide, la transmission rapide de l'information au sein du système bancaire et la réduction des asymétries et des coûts d'information ; Cela favorise le dynamisme sectoriel et diminue le coût des services financiers bancaires qui deviennent accessibles aux populations à faible revenu. L'amélioration de la qualité des infrastructures de télécommunication implique l'amélioration et la sophistication des équipements du réseau de de téléphonie mobile et de l'intensité du débit de l'internet. Le développement financier capté par l'indice de liberté financière a un effet positif et significatif sur l'inclusion bancaire.

En outre, il ressort des résultats que l'éducation a un effet positif et significatif sur l'inclusion bancaire et sur l'adoption des TI. L'éducation vient ainsi amplifier l'effet déterminant des TI sur l'inclusion bancaire. En outre, les effets positifs de l'électricité et de l'ouverture commerciale renforcent également l'effet positif des TI sur l'inclusion bancaire. Cet effet positif de l'électricité révèle l'importance de l'électricité dans l'adoption des TI. Cela confirme la plupart des études existantes (Breuil et al., 2008 ; Cai et al., 2018 ; Musa et al., 2012).

4.4. Contribution des SIA à l'inclusion bancaire

Les résultats de l'estimation de l'effet des SIA sur l'inclusion bancaire sont résumés dans le tableau 3. Les résultats indiquent un effet positif et significatif à 1% des SIA sur l'inclusion bancaire. L'utilisation des SIA dans la fourniture de services financiers pourrait faciliter l'accès, la disponibilité et l'utilisation des services financiers, particulièrement pour les populations exclues. Dans cette perspective, l'adoption des SIA par les banques pourrait contribuer à ce que les groupes de populations exclues participent au système financier formel avec un minimum de difficultés et un maximum d'avantages (Alameda 2020 ; Paul 2019 ; Peric 2015). Les SIA renforcent ainsi la capacité de la Fintech à promouvoir l'inclusion bancaire en automatisant la prestation des services, en améliorant l'efficacité productive des banques, en réduisant l'asymétrie de l'information et toutes autres contraintes qui empêchent les populations exclues d'avoir accès au système bancaire (Mor et Gupta, 2021 ; Fulop, 2020 ; Albanesi et Vamossy, 2019). En outre, l'analyse des résultats de l'effet des variables TI et des SIA montre que le coefficient de l'effet des SIA sur l'inclusion bancaire est bien supérieur à celui des variables TI pour les trois méthodes d'estimation. L'effet des SIA sur l'inclusion bancaire est alors plus élevé comparativement à celui des autres variables. De même, l'estimation des effets combinés du calcul et des SIA est résumée dans les tableaux 4 et 5.

Tableau 3 : Estimation de l'effet des SIA sur l'inclusion bancaire

Variables	2SLS		3SLS		SURE	
	q1	q2	q1	q2	q1	q2
Système d'information automatisé	0.969***		0.577***		0.556***	
(GAB)	(0.116)		(0.109)		(0.0339)	
Infrastructure	-0.242		1.069***		0.928***	
(Infr)	(0.324)		(0.299)		(0.112)	
Taux d'intérêt (Rir)	0.0653		0.0237		0.0156	
	(0.0412)		(0.0366)		(0.0308)	
Liberté financière	-0.0276		0.0969***		0.0541**	
(Lib_fin)	(0.0378)		(0.0338)		(0.0265)	
Revenu	0.215	-0.243	-0.0444	-0.223	-0.0322	-0.234
(Taux de croissance du PIB)	(0.143)	(0.186)	(0.139)	(0.183)	(0.102)	(0.184)
Education	-0.0234	0.132***	-0.0168	0.136***	-0.0183	0.136***
(Edu)	(0.0225)	(0.0334)	(0.0221)	(0.0330)	(0.0179)	(0.0330)
Electricité (Elec)		0.462***		0.468***		0.472***
		(0.0266)		(0.0254)		(0.0262)
Inflation (Infla)		0.0336		-0.0299		0.0134
		(0.0602)		(0.0534)		(0.0591)
Taux de change		-0.000758		-0.00100**		-0.000846
(Chang)		(0.000556)		(0.000492)		(0.000545)
Commerce (Trade)		0.0809***		0.0465***		0.0701***
		(0.0167)		(0.0150)		(0.0164)
Constante	0.0741***	-0.256***	0.0282	-0.230***	0.0557**	-0.253***
	(0.0284)	(0.0416)	(0.0272)	(0.0406)	(0.0225)	(0.0411)
Observations	340	340	340	340	396	396
R-squared	0.743	0.584	0.820	0.578	0.815	0.478

Les erreurs standards en parenthèses *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Tableau 4 : Effets conjugués de la téléphonie mobile (Cel) et SIA sur l'inclusion bancaire

Variables	2SLS		3SLS		SURE	
	q1	q2	q1	q2	q1	q2
Syst. d'info. automatisé et Téléphonie mobile (IA_cel)	0.0934*		0.225***		0.230***	
	(0.0478)		(0.0441)		(0.0305)	
Téléphonie mobile (Ce)l	0.133***		0.107***		0.0538***	
	(0.0290)		(0.0274)		(0.0128)	
Infrastructure	1.534***		1.163***		1.358***	
(Infr)	(0.127)		(0.118)		(0.114)	
Taux d'intérêt réel	0.0181		-0.00437		-0.0109	
(Rir)	(0.0386)		(0.0353)		(0.0340)	
Liberté financière	0.107***		0.119***		0.110***	
(Lib_fin)	(0.0318)		(0.0290)		(0.0287)	
Revenu	-0.0464	-1.033**	-0.0204	-0.992**	-0.0986	-1.010**
(Taux de croissance du PIB)	(0.126)	(0.477)	(0.124)	(0.471)	(0.113)	(0.472)
Education	0.0442*	-0.169*	0.0369	-0.148*	0.00994	-0.155*
(Edu_pri)	(0.0254)	(0.0862)	(0.0247)	(0.0852)	(0.0207)	(0.0853)
Electricité		0.977***		1.011***		1.004***
(Elect)		(0.0683)		(0.0654)		(0.0672)
Inflation		-0.524***		-0.618***		-0.578***
(Infla)		(0.181)		(0.167)		(0.177)
Taux de change		1.36e-06		-1.28e-05		-4.10e-06
(chang)		(1.45e-05)		(1.32e-05)		(1.42e-05)
(Commerce)		0.145***		0.0656*		0.114***
		(0.0429)		(0.0395)		(0.0421)
Constante	-0.0792*	0.372***	-0.0636*	0.415***	-0.00232	0.379***
	(0.0404)	(0.107)	(0.0385)	(0.105)	(0.0281)	(0.105)
Observations	339	339	339	339	339	339
R-squared	0.760	0.526	0.767	0.520	0.794	0.525

Les erreurs standards en parenthèses *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Tableau 5 : Effets conjugués de l'Internet et SIA sur l'inclusion bancaire

Variables	2SLS		3SLS		SURE	
	q1	q2	q1	q2	q1	q2
Syst. d'info. automatisé et Téléphonie mobile et Internet (IA_Inter)	-0.460**		0.365*		0.434***	
	(0.229)		(0.216)		(0.100)	
Internet	0.815***		0.516***		0.302***	
	(0.139)		(0.133)		(0.0478)	
Infrastrure (Infr)	1.675***		1.297***		1.513***	
	(0.130)		(0.121)		(0.107)	
Taux d'Intérêt Réal (Rir)	-0.0492		-0.0256		-0.0448	
	(0.0382)		(0.0351)		(0.0315)	
Liberté financière (Lib_fin)	0.0824**		0.117***		0.113***	
	(0.0331)		(0.0305)		(0.0268)	
Revenu (Taux de croissance du PIB)	-0.153	-0.200	-0.0829	-0.196	-0.158	-0.196
	(0.127)	(0.159)	(0.125)	(0.157)	(0.105)	(0.157)
Education (Edu_pri)	0.0441*	0.0431	0.0229	0.0438	0.0104	0.0460
	(0.0241)	(0.0285)	(0.0236)	(0.0282)	(0.0188)	(0.0282)
Electricité (Elect)		0.351***		0.348***		0.356***
		(0.0227)		(0.0220)		(0.0224)
Inflation (Infla)		-0.0631		-0.0855*		-0.0762
		(0.0518)		(0.0479)		(0.0508)
Taux de change (Chang)		7.77e-07		-3.68e-06		-1.11e-06
		(4.72e-06)		(4.33e-06)		(4.63e-06)
Commerce (Trade)		0.0299**		0.0116		0.0212
		(0.0145)		(0.0135)		(0.0143)
Constante	-0.0517	-0.0789**	-0.0272	-0.0597*	0.00751	-0.0751**
	(0.0328)	(0.0356)	(0.0317)	(0.0349)	(0.0240)	(0.0352)
Observations	338	338	338	338	338	338
R-squared	0.748	0.496	0.789	0.493	0.820	0.495

Les erreurs standards en parenthèses *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.

L'estimation des effets conjugués des TI et des SIA (AI*Cell et AI*Internet) sur l'inclusion bancaire fait ressortir des résultats positifs et significatifs (tableaux 4 et 5). Par ailleurs, les coefficients des effets conjugués sont supérieurs à celui des TI. Les SIA amplifient donc l'effet des TI sur l'inclusion bancaire. L'effet des TI sur l'inclusion bancaire est d'autant plus important que si elles sont associées aux SIA. Dans cette logique, l'extension du réseau de téléphonie mobile dans les localités les plus reculées, permettent le développement des produits bancaires numériques, la diffusion rapide des technologies des SIA et une meilleure capitalisation des avantages inclusifs de la Fintech. Avec, l'utilisation des SIA, des services financiers supplémentaires tels que le crédit, l'assurance et même l'épargne peuvent être proposés par les banques et les non-banques aux personnes exclues financièrement et mal desservies (Mhlanga, 2020).

5- Conclusion

Ce papier a mis en lumière, au regard de la faible inclusion bancaire qui prévaut dans les pays d'Afrique subsaharienne, les canaux susceptibles d'améliorer l'accès des populations exclues aux services financiers bancaires. Il explore la contribution que peut avoir l'utilisation des TI, notamment l'usage de la téléphonie mobile cellulaire et de l'internet sur l'accès aux services financiers bancaires et le rôle que peut jouer les SIA dans la promotion de l'inclusion financière. D'après les résultats obtenus, toute politique effective d'inclusion bancaire dans les pays de l'ASS devrait favoriser le développement de la Fintech.

Par ailleurs, l'analyse du rôle des SIA dans la promotion de l'inclusion bancaire révèle qu'elle contribue efficacement à la réduction des contraintes liées à l'accès aux services bancaires. Par ailleurs, l'estimation de l'effet des SIA sur l'inclusion bancaire révèle non seulement un effet positif et significatif sur l'inclusion bancaire, mais également un rôle amplificateur de l'effet positif des TI sur l'inclusion bancaire. A l'instar des SIA, l'accélération de la diffusion de la biométrie et des Big data dans les pays de l'ASS ainsi que leur application dans le secteur financier pourraient permettre d'annihiler plusieurs contraintes et de faciliter et d'augmenter le taux d'accès des populations adultes aux services bancaires. Il est important dans cette veine de diagnostiquer de manière économique dans les futures études la contribution des technologies biométriques et du Big Data à l'inclusion bancaire à partir des statistiques réelles des SIA incluant de l'intelligence artificielle.

6- Références bibliographiques

- Afawubo, K., Couchoro, M. K., Agbaglah, M., et Gbandi, T. (2020). Mobile money adoption and households' vulnerability to shocks: Evidence from Togo. *Applied Economics*, 52(10), 1141–1162.
- Ahamed, M. M., and S. K. Mallick. (2019). Is financial inclusion good for bank stability? International evidence. *Journal of Economic Behavior and Organization* 157: 403–27. doi:10.1016/j.jebo.2017.07.027.
- Alameda, T. (2020). Data, AI and financial inclusion: the future of global banking—Responsible Finance Forum, Responsible Finance ForumBBVA 2020.
- Albanesi, S., et Vamossy, D. F. (2019). Predicting consumer default: A deep learning

- approach. *National Bureau of Economic Research*.
- Assadi, D., et Cudi, A. (2011). Le potentiel d'inclusion financière du "Mobile Banking". Une étude exploratoire. *Management Avenir*, 6, 227–243.
- Banque Centrale des Etats de l'Afrique de l'Ouest.,(2020). Rapport Annuel Situation de l'Inclusion Financière de l'UEMOA. Rapport.
- Banque Européenne d'Investissement. (2020). Le secteur bancaire en Afrique : financer la transformation sur fond d'incertitude. *Rapport*
- Bansal, S. (2014). Perspective of technology in achieving financial inclusion in rural India. *Procedia Economics and Finance*, 11, 472–480.
- Beck, T., Demirgüç-Kunt, A., et Levine, R. (2007). Finance, inequality and the poor. *Journal of economic growth*, 12(1), 27–49.
- Bhatt, A., et Bhatt, S. (2016). Factors affecting customers adoption of mobile banking services. *The Journal of Internet Banking and Commerce*, 21(1).
- Chaix, L., et Torre, D. (2015). The dual role of mobile payment in developing countries. *Revue économique*, 66(4), 703–727.
- Couchoro, M. (2011). Transformation des relations banques/institutions de microcrédit (IMC) au Togo. Une lecture à partir des cadres théoriques de l'innovation. *Économie et Solidarités*, 41(1-2), 71–87.
- Couchoro, M. K., Sodokin, K., et Koriko, M. (2021). Information and communication technologies, artificial intelligence, and the fight against money laundering in Africa. *Strategic Change*, 30(3), 281-291.
- Demirgüç-Kunt, A., Klapper, L., Singer, D., Ansar, S., et Hess, J. (2020). The Global Findex Database 2017: Measuring Financial Inclusion and Opportunities to Expand Access to and Use of Financial Services. *The World Bank Economic Review*, 34(Supplement_1), S2–S8.
- Evans, O. (2018). Connecting the poor: The internet, mobile phones and financial inclusion in Africa. *Digital Policy, Regulation and Governance*.
- Fall, F.-S., et Birba, O. (2019). Financial inclusion through mobile banking in Senegal: An analysis of the socioeconomic factors for adoption. *Mondes en développement*, 1, 61–82.
- Fall, F.-S., Ky, Y., et Birba, O. (2015). *Analyzing the mobile-banking adoption process among low-income populations: A sequential logit model*.
- Fulop, A. (2020). L'intelligence artificielle au service de l'octroi des crédits aux particuliers : Promesses et défis.
- Guérineau, S., & Jacolin, L. (2014). L'inclusion financière en Afrique subsaharienne : Faits stylisés et déterminants. *Revue d'économie financière*, 116(4), 57–80.
- Hassani, H., Silva, E. S., Unger, S., TajMazinani, M., et Mac Feely, S. (2020). Artificial intelligence (AI) or intelligence augmentation (IA) : What is the future? *Ai*, 1(2), 143-155.
- Kaya, O., Schilbach, J., AG, D.B., & Schneider, S. (2019). Artificial intelligence in banking. DB Research Management. www.dbresearch.com
- Kempson, E., Atkinson, A., et Pilley, O. (2004). Policy level response to financial exclusion in developed economies: Lessons for developing countries. *Report of Personal*
- Kshetri, N. (2021). The Role of Artificial Intelligence in Promoting Financial Inclusion

- in Developing Countries. *Journal of Global Information Technology Management*, 24(1), 1–6.
- Labie, M., et Montalieu, T. (2019). Introduction. De la microfinance à l'inclusion financière. *Mondes en développement*, 1, 7–12.
- Legg, S., et Hutter, M. (2007). Universal intelligence: A definition of machine intelligence. *Minds and machines*, 17(4), 391–444.
- Lyons, A., Grable, J., et Zeng, T. (2017). Infrastructure, urbanization, and the financial inclusion of Chinese households. Available at SSRN 3012453.
- Mangani, D. (2017). 5 AI applications in banking to look out for in next 5 years. www.analyticshividhya.com
- Mhlanga, D. (2020). Industry 4.0 in finance: The impact of artificial intelligence (ai) on digital financial inclusion. *International Journal of Financial Studies*, 8(3), 45.
- Mor, S., et Gupta, G. (2021). Artificial intelligence and technical efficiency: The case of Indian commercial banks. *Strategic Change*, 30(3), 235–245.
- Nathan, D. (2014). The relationship among e-service quality dimensions, overall internet banking service quality, and customer satisfaction in the USA. *Journal of modern accounting and auditing*, 10(4).
- Ozili, P. K. (2018). Impact of digital finance on financial inclusion and stability. *Borsa Istanbul Review*, 18(4), 329–340.
- Paul, S. (2019). Use of Blockchain and Artificial Intelligence to Promote Financial Inclusion in India Smita Miglani Indian Council for Research on International Economic Relations. Available online: <https://economictimes> (accessed on 28 May 2020).
- Peric, K. (2015). Digital financial inclusion. *Journal of Payments Strategy et Systems*, 9(3), 212–214.
- Peterson, O. (2018). Impact of digital finance on financial inclusion and stability. *Borsa_Istanbul Review*, 12.
- Prasad, M. (2019). Financial Inclusion: Emerging Role of FinTech. *FinTechs and an Evolving Ecosystem*, 85.
- Sarma, M. (2012). Index of Financial Inclusion—A measure of financial sector inclusiveness. *Centre for International Trade and Development, School of International Studies Working Paper Jawaharlal Nehru University. Delhi, India*.
- Sarma, M. (2015). Measuring financial inclusion. *Economics Bulletin*, 35(1), 604–611.
- Sayar, C., et Wolfe, S. (2007). Internet banking market performance: Turkey versus the UK. *International journal of bank marketing*.
- Schroer, A. (2020, 25th March). AI and the bottom line: 15 examples of artificial intelligence in finance. Available at: <https://builtin.com/artificial-intelligence/ai-finance-banking-applications-companies>
- Schueffel, P. (2016). Taming the beast: A scientific definition of fintech. *Journal of Innovation*.
- Schwab, P., and Hlavacs, H. (2015). Capturing the essence: Towards the automated generation of transparent behavior models. In *AAAI Conference on Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment*

- Sreedevi, V., et Meena, K. (2011). ICT and financial inclusion. *International Journal of Business Management, Economics and Information Technology*, 3(2), 331–334.
- Waverman, L., Meschi, M., et Fuss, M. (2005). *The Impact of Telecoms on Economic Growth in Developing Countries/ ICT Regulation Toolkit (ICT Regulation Toolkit)*. InfoDev, ITU.
- Wibawa R., et Wibawa B. (2020). The current state of customer focused application of Artificial Intelligence in accounting and financial services, in Solikin A. et al. 2020. *Public Sector Accountants and Quantum Leap: How Far We Can Survive in Industrial Revolution 4.0?* (ICOPSA 2019). Routledge/CRC

WorldBank.,(2017).“TheGlobalFindexDatabase.” www.worldbank.org/globalfindex

7- Annexes

Tableau a1 : Tests préliminaires des modèles 1 et 2

Tests	Modèle 1	Modèle 2
Autocorrélation entre <i>Cel</i> et <i>Internet</i>	0.7784*	
Corrélation intra-individus de Wooldridge	F (1, 32) = 267.584 Prob > F = 0.0000	F (1, 32) = 267.584 Prob > F = 0.0000
Multi-colinéarité (VIF)	1.62	1.59
Hétéroscédasticité (Test de Breush-Pagan)	chibar2 (01) = 880.52 Prob >chibar2 = 0.0000	chibar2 (01) = 839.54 Prob>chibar2=0.0000
Wald modifié	chi2 (33) = 9150.40 Prob>chi2 = 0.0000	chi2 (33) = 43948.78 Prob>chi2 = 0.0000
Test de Breush-Pagan LM	chibar2(01) = 880.14 Prob > chibar2 = 0.0000	chibar2(01) = 789.34 Prob >chibar2 = 0.0000
Test des effets fixes temporels	F (13, 455) = 50.94 Prob > F = 0.0000.	F (13, 455) = 50.94 Prob > F = 0.0000.

Tableau a2 : test préliminaire du modèle 3

Tests	Modèle 3
Multi-colinéarité (VIF)	1.95
Hétéroscédasticité (Test de Breush-Pagan)	chibar2 (01) = 874.66 Prob >chibar2 = 0.0000
Wald modifié	chi2 (33) = 56439.96 Prob>chi2 = 0.0000
Testing for random effects : Test de Breush-Pagan LM	chibar2(01) = 755.88 Prob > chibar2 = 0.0000
Testing for time-fixed effects	F (13, 455) = 50.94 Prob > F = 0.0000.

Tableau a3. Statistiques descriptives

Variable	Observ.	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum
Inclusion bancaire (ibi)	504	0,1605056	0,1566684	0,0082233	0,7376118
Téléphone Mobile (Cel)	(0.0182)	0,5674676	0,4004857	0,0131359	1,734966
Internet	499	0,1111356	0,126733	0,0003101	0,5876981
Système d'Information Automatisé (SIA)	420	0,1298367	0,168976	0,0004	0,8045
Infrastructure (Infr)	500	0,0358582	0,0647753	0	0,3266906
Taux d'intérêt (Rir)	477	0,0712915	0,1025454	-0,34462	0,5243682
Liberté financière (Lib_fin)	461	0,4392625	0,1336718	0,1	0,7
Revenu (Taux de croissance du PIB)	504	0,0218823	0,0355236	-0,184911	0,1806597
Electricité (Elec)	501	0,3960106	0,2543741	0,0183453	1
Education (Edu)	463	1,036854	0,1873509	0,466349	1,49307
Inflation (Infla)	504	0,0782542	0,1051828	-0,296911	1,00627
Taux de change (Chang)	494	135633,5	3014472	0,0089949	6,70E+07
Ouverture (Trade)	490	0,8073286	0,3961096	0,207225	3,11354

Tableau a4. Pays de l'échantillon

N°	Pays	N°	Pays	N°	Pays
1	Afrique du sud	13	Gambie	25	Namibie
2	Angola	14	Ghana	26	Niger
3	Bénin	15	Guinea	27	Nigeria
4	Botswana	16	Kenya	28	Ouganda
5	Burkina Faso	17	Lesotho	29	Rwanda
6	Burundi	18	Liberia	30	Sao Tome and Principe
7	Cabo Verde	19	Madagascar	31	Senegal
8	Comores	20	Malawi	32	Seychelles
9	RDC	21	Mali	33	Tanzanie
10	Congo	22	Iles Maurices	34	Togo
11	Cote d'Ivoire	23	Mauritanie	35	Zambie
12	Eswatini	24	Mozambique	36	Zimbabwe