

RAPPORT
Mai 2024

Nouvelles dynamiques autour de l'économie numérique : la digitalisation au service des marchés et des ménages agricoles dans l'UEMOA

Ce document a été réalisé pour la Commission de l'UEMOA dans le cadre de la convention Ferdi-UEMOA.

➔ JOËL CARIOLLE, Chargé de recherche, Ferdi

➔ DAVID A. CARROLL II, Université de Tufts, Boston

Cette étude propose une analyse de l'effet de la connectivité mobile et de l'adoption des technologies mobiles sur le fonctionnement des marchés agricoles et sur la consommation de denrées alimentaires par les ménages agricoles situés en zones rurales et urbaines dans les huit pays de l'UEMOA. ... / ...



FerDi
CHAIRE

Confiance
numérique

... / ... Grâce aux Enquêtes Harmonisées sur les Conditions de Vie des Ménages de la Banque mondiale conduites à partir d'un échantillon nationalement représentatif et d'un questionnaire standardisé et comparable entre les pays de l'UEMOA en 2018 et 2019, il est possible d'analyser le processus de digitalisation et sa contribution au fonctionnement des marchés et au bien-être des ménages agricoles dans les huit pays de la zone UEMOA. Cette échelle d'analyse est d'autant plus pertinente que les pays de la zone partagent une monnaie commune, ont établi un marché commun et levé les barrières tarifaires sur les échanges internes de marchandises, et enfin, sont sujets à des phénomènes importants de migration entre États membres.

Les données mobilisées dans l'étude couvrent 59 319 ménages, répartis dans 4 983 zones d'énumérations (ZE), 481 départements, et 106 régions des huit pays de la zone. Ainsi, ces données permettent d'analyser séparément la contribution au secteur agricole de la connectivité, mesurée en termes d'accès au réseau mobile ou à l'Internet, et de l'adoption des technologies mobiles et Internet par les ménages. L'analyse empirique s'appuie sur plusieurs modèles permettant de mesurer les impacts de la digitalisation sur i) le fonctionnement des marchés agricoles, et sur ii) l'achat et la consommation de denrées agricoles par les ménages. Compte tenu des biais potentiels d'endogénéité – biais de variables omises et causalité inverse entre digitalisation et performances agricoles – nous adoptons l'approche par variable instrumentale consistant à instrumenter la couverture réseau des zones étudiées en 2018/2019 par leur exposition moyenne aux impacts de foudre sur la période 1998-2013. Nous incluons également un certain nombre d'effets fixes, au niveau des vagues d'enquêtes, des denrées alimentaires, et des zones géographiques de référence, afin de contrôler pour l'hétérogénéité inobservable et limiter le risque de variables omises dans notre analyse.

Les résultats mettent en évidence le fait que la connectivité Internet mobile améliore de manière notable le fonctionnement des marchés agricoles. Nous mettons en évidence qu'une réduction de la distance aux antennes 2G, 3G ou 4G entraîne une hausse du niveau général des prix des denrées alimentaires dans les zones d'énumération, et que cet effet est tiré par l'amélioration de la connectivité en zone rurale. Il en résulte une convergence spatiale des prix des denrées alimentaires, mesurée par une dispersion spatiale réduite des prix au niveau des départements. Par ailleurs l'effet de la connectivité varie selon le type de denrée étudié. Certaines denrées comme le sel, le gombo frais et le piment ont vu une augmentation significative de leur prix, tandis que d'autres comme la pomme de terre et la viande de bœuf ont connu une baisse. Cette hétérogénéité indique que l'impact de la connectivité n'est pas uniforme pour les différents produits.

Les estimations conduites sur les ménages agricoles permettent d'établir que l'acquisition d'un téléphone par un ménage situé à proximité d'une antenne réseau accroît la diversité des denrées alimentaires consommées tout en réduisant la diversité des denrées auto-consommées, mais aussi augmente les quantités de denrées alimentaires achetées et consommées. On observe donc un accroissement des dépenses de consommation, plus important pour les dépenses alimentaires que non alimentaires. Cet effet est plus prononcé en zones rurales qu'en zone

urbaine provient davantage des services de téléphonie simples que des services Internet.

L'analyse met également en lumière le fait que la digitalisation, tout en étant un vecteur d'amélioration des conditions de vie en zone rurale, induit une externalité négative sur les ménages faiblement digitalisés. Ces ménages, lorsqu'ils sont situés dans des zones connectées, ne profitent pas pleinement des avantages économiques de la digitalisation et se retrouvent confrontés à une augmentation du coût de la vie. Cette situation illustre une fracture numérique non seulement en termes de connectivité mais aussi d'adoption des technologies numériques, risquant d'exacerber les inégalités économiques au sein des zones rurales.

Ce rapport montre donc comment la digitalisation, principalement à travers la téléphonie mobile, peut transformer les marchés agricoles dans l'UEMOA et générer une dynamique de transformation économique palpable en zone rurale. Les technologies mobiles de base, permettant des usages simples telles que l'accès à l'information de marché et les transactions financières *via* les réseaux sociaux privés ou la monnaie mobile, sont à l'origine de ces changements.

Des recommandations spécifiques incluent l'amélioration de l'accessibilité financière des technologies mobiles, en réduisant les coûts associés à l'acquisition de téléphones portables et aux télécommunications. Cette mesure pourrait inclure l'harmonisation et la réduction de la fiscalité sur les opérateurs de téléphonie et les services de monnaie mobile, afin de diminuer les prix pour l'utilisateur final. Par ailleurs, l'alphabétisation est identifiée comme un autre obstacle majeur à l'utilisation efficace des téléphones mobiles. Les programmes de formation et de sensibilisation à l'utilisation de la téléphonie mobile et à l'adoption des technologies associées pourraient cibler en particulier les populations rurales. Il est également suggéré de rendre les contenus des services mobiles disponibles dans les langues locales et de développer des systèmes de réponse vocale interactive pour les populations analphabètes.

Le rapport souligne enfin la nécessité d'une politique cohérente qui intègre les initiatives de numérisation avec les politiques agricoles pour surmonter les défis liés à l'adoption des technologies numériques dans l'agriculture. Cela comprend le développement conjoint des infrastructures de connectivité et énergétiques, l'articulation des politiques d'innovation avec les politiques agricoles, et l'utilisation des données massives et de l'apprentissage machine pour le suivi du secteur agricole et de la pauvreté en zone rurale. La contribution des outils numériques à la transformation du secteur agricole et à l'amélioration des conditions de vie des populations, notamment rurales, devrait ainsi trouver un effet catalyseur dans le Programme régional de développement de l'économie numérique (PRDEN), lancé en 2022 par la Commission et dont les objectifs incluent le renforcement de la gouvernance du secteur numérique, l'amélioration de l'accès des populations aux services numériques, le développement de l'innovation et de la recherche, ainsi que l'augmentation de l'offre de services numériques.

Table des matières

AVANT-PROPOS	5
1. Introduction.....	6
2. Cadre conceptuel et revue de littérature	11
2.1. Effets attendus de la digitalisation sur le secteur agricole	11
2.2. Revue de littérature	12
3. Analyse descriptive de la digitalisation dans l'UEMOA	15
3.1. La fracture numérique dans l'UEMOA : de quoi parle-t-on ?.....	15
3.2. Couverture mobile et Internet dans l'UEMOA	18
3.3. Une fracture numérique spatiale	19
3.4. Inégalités dans l'adoption et les usages des technologies numériques	20
4. Cadre empirique	24
4.1. Périmètre et contribution de l'étude	24
4.2. Données	25
4.2.1. Variables dépendantes	26
4.2.2. Variables d'intérêts.....	29
4.2.3. Variables de contrôle	30
4.3. Stratégie empirique.....	33
4.3.1. Spécification principale.....	33
4.3.2. Stratégie d'identification et modèle de base	33
5. Analyse empirique : modèles et résultats	36
5.1. Digitalisation et prix de marché des denrées alimentaires	36
5.1.1. Test d'hypothèse et modèle économétrique	36
5.1.2. Hétérogénéité spatiale et convergence des prix	40
5.1.3. Digitalisation et dispersion spatiale des prix.....	41
5.1.4. Le canal de la demande	42
5.2. Digitalisation et demande de denrées alimentaires par les ménages.....	43
5.2.1. Test d'hypothèse et modèle économétrique	44
5.2.2. Digitalisation et diversité alimentaire.....	45
5.2.3. Digitalisation et quantité d'aliments (auto)consommés	47
5.2.4. Digitalisation et dépenses des ménages.....	50
6. Implications en termes de politiques de développement.....	52
6.1. Encourager l'inclusion numérique des plus pauvres : leçons tirées d'études de cas menées en Afrique de l'Ouest	52
6.1.1. Améliorer l'accessibilité financière de la téléphonie mobile et services associés.....	52
6.1.2. Lutter contre l'analphabétisme, obstacle critique à l'adoption et à la confiance dans les technologies mobiles	53

6.2. Adopter une approche transversale de l'ingénierie des politiques de développement par le numérique.....	56
6.2.1. Poursuivre les efforts de déploiement conjoint des infrastructures de connectivité et énergétiques.....	56
6.2.2. Articuler les politiques d'innovation et de numérisation avec les politiques agricoles.....	57
6.2.3. Renforcer le suivi du secteur agricole et du monde rural	57
7. Conclusion	59
Bibliographie.....	61

AVANT-PROPOS

Ce document, rédigé dans le cadre d'une convention de partenariat de recherche entre la Ferdi et la Commission UEMOA mise en œuvre sur la période 2023-2025, est le premier rapport associé à l'action spécifique « AS.3. Nouvelles dynamiques autour de l'économie numérique » de cette convention. Ce rapport expose, à partir des enquêtes harmonisées sur les conditions de vie des ménages conduites auprès d'environ 60 000 ménages dans les 8 pays de l'UEMOA en 2018 et 2019, une analyse inédite de l'état de la connectivité mobile dans l'espace UEMOA, et de son impact sur l'organisation des marchés agricoles et sur la demande des denrées alimentaires des ménages ruraux et urbains. Il précède un deuxième rapport, attendu pour 2025, qui portera sur l'impact de cette même connectivité sur la production agricole et sur l'accès au marché du travail pour les ménages, notamment ruraux, de la zone.

À ce titre, nous tenons à remercier Monsieur Namaro Yago et ses collègues du Centre de Statistique de l'UEMOA pour nous avoir fourni les facteurs de conversion des unités de mesure des denrées alimentaires, ainsi que Monsieur Abossé Akue Kpakpo et le personnel de la Commission de l'UEMOA (notamment le DAREN) pour leurs commentaires judicieux sur la première version du rapport. Nous remercions également Simone Bertoli, Catherine Araujo Bonjean, Gaëlle Balineau, Vianney Dequiedt, Jules Gazeau, Florian Léon, Jordan Loper, Sébastien Marchand, ainsi que les participants au séminaire de recherche du Cerdi, au sein duquel nous avons pu présenter les principaux résultats de ce rapport, pour leurs suggestions très utiles. Nous remercions également Andrea Dsouza pour son appui dans le traitement des facteurs de conversion des unités de mesure, et Olivier Santoni pour son aide dans le traitement de certaines données géospatiales.

En espérant que cette première analyse des dynamiques numériques contemporaines dans les pays de l'UEMOA soit utile aux décideurs et aux politiques communautaires de numérisation et de soutien au secteur agricole et à la ruralité.

Les auteurs,

Joël Cariolle (Ferdì, Cerdi-UCA, Clermont-Ferrand),

David Alexander Carroll II (Université de Tufts, Boston).

1. INTRODUCTION

Le potentiel de transformation de technologies numériques¹ s'explique par leur impact sur la réduction d'une large gamme de coûts – coûts de recherche et de collecte de l'information, de transport, de ciblage, de suivi, et de production des biens et services numérisés – pour l'ensemble des secteurs de l'économie. Du fait de cette transversalité dans leur usage, les technologies numériques sont considérées comme des « technologies à usage polyvalent » (Bresnahan & Trajtenberg, 1995), offrant des solutions concrètes dans tous les secteurs de l'économie – santé, agriculture, éducation, finance, commerce, etc. – et pour l'ensemble des agents économiques – ménages, entreprises, administrations, gouvernements – faisant face à un environnement marqué par des défaillances du marché multiples (Aker, 2017 ; Aker & Cariolle, 2020 ; Cariolle & Carroll, 2020). Les technologies numériques sont également singulières car ce sont souvent des « biens de réseaux », dont l'impact croît avec la taille du réseau d'utilisateurs (Katz & Shapiro, 1985 ; Crémer et al., 2000 ; Murendo, 2018 ; Bjorkegren, 2019). Ainsi, le passage à l'échelle et la massification des usages de ces technologies est un déterminant clef de l'impact de ces dernières sur le développement agricole et rural africain (Abate et al., 2023).

La diffusion des technologies numériques constitue un enjeu majeur pour de nombreux marchés agricoles africains, marqués par de fortes imperfections de marchés et des coûts de transactions élevés (Aker & Mbiti, 2010 ; Aker & Blumenstock, 2014 ; Aker, 2017). Notamment, l'accès à l'information est en effet souvent entravé par le manque d'infrastructures et de services publics de base, et les longues distances qui séparent les marchés agricoles. Ces obstacles à la circulation de l'information, des individus et des marchandises induisent des coûts monétaires et non monétaires importants, qui ont des conséquences néfastes sur les décisions des producteurs et des consommateurs et sur le fonctionnement global des marchés en zone rurale. Les conséquences directes de ces défaillances du marché sont notamment la dispersion spatiale et temporelle des prix des produits de base, reflétant un déséquilibre entre l'offre et de la demande sur les marchés locaux. Ce déséquilibre peut être le résultat de problèmes d'efficacité allocative, peuvent parfois aboutir à des situations de pénurie ou de surproduction, susceptibles d'avoir des conséquences dramatiques sur le bien-être des populations. Ils peuvent également s'expliquer par les retards de développement de certaines zones géographiques enclavées ou isolées, souvent rurales, confrontées à des infrastructures manquantes, à l'insécurité et à des systèmes financiers sous-développés. Par ailleurs, les marchés agricoles et zones rurales ouest-africaines subissent également des conditions climatiques défavorables, amenées à se détériorer sous l'action du changement climatique, et font également face à une population rurale relativement importante et dispersée, et à de faibles taux d'alphabétisation parmi les populations adultes (Aker, 2011 ; Aker et al., 2016a). Dans ce contexte, la diffusion des technologies mobiles et d'Internet dans la région, qui a été sans précédent au cours des deux dernières décennies, pourrait avoir un fort impact transformateur sur les conditions des populations rurales et sur le fonctionnement des marchés agricoles.

Cette étude propose pour la première fois une analyse à grande échelle de l'effet de la connectivité mobile et de l'adoption des technologies mobiles sur le fonctionnement des marchés agricoles et sur la consommation de denrées alimentaires par les ménages agricoles situés en zones rurales et

¹ Les termes « technologies numériques », « TIC », ou encore « outils numériques », sont utilisés de manière interchangeable dans le cadre de ce rapport. Ces technologies englobent les différents types de dispositifs par lesquels les flux d'information et les communications sont effectués (téléphones mobiles, smartphones, ordinateurs, tablettes, radios, etc.), les différentes fonctions permises par ces dispositifs (communications, diffusion de l'information, collecte de l'information, traitement de l'information), et les différents types de contenus transmis par leur intermédiaire (appels, messages textuels, courriels, sites web, vidéos, émissions de radio, messages radio, etc.).

urbaines dans les huit pays de l'UEMOA. Une telle analyse est utile car la contribution du processus de digitalisation au développement du secteur agricole en Afrique sub-saharienne n'a pas encore été établie à grande échelle (Abate et al., 2023). Cette analyse est aussi justifiée par les défaillances des marchés agricoles et la faible productivité des exploitations, qui sont généralement pointées comme un facteur explicatif du changement structurel limité de la région au cours des dernières décennies (Suri & Udry, 2022 ; De Janvry & Sadoulet, 2022), voire une cause du phénomène de désindustrialisation prématurée observé dans plusieurs pays (Rodrik, 2016 ; Huneus & Rogerson, 2023).²

Si la digitalisation, définie comme le recours croissant aux technologies mobiles et Internet dans le quotidien des populations, est un facteur clef de transformation des marchés agricoles et plus généralement des économies de la zone UEMOA, il convient donc de l'étudier à une échelle appropriée. La réalisation d'une telle analyse à l'échelle régionale est essentielle pour vérifier la validité externe des résultats obtenus au niveau national ou local par un large éventail d'études empiriques. En effet, une échelle suffisamment large pour analyser l'accès et l'utilisation des technologies numériques et leur impact sur le développement (rural) est pointé comme un besoin à combler en matière de recherche (Abate et al., 2023), la plupart des études microéconomiques sur le sujet étant généralement limitées à un pays donné ou une région spécifique sous-nationale, ne permettant pas de vérifier la validité externe de résultats obtenus à une plus petite échelle. Les données existantes concernant l'impact de la mobilité sur les marchés agricoles d'Afrique de l'Ouest sont en effet relativement rares, par rapport à l'Afrique de l'Est ou à l'Afrique australe, à l'exception du Ghana (Courtois & Subervie, 2015 ; Soldani et al., 2023), du Burkina Faso (Maredia et al., 2018) et du Niger (Aker, 2010 ; Aker & Fafchamps, 2014 ; Tack & Aker, 2015).

Grâce aux Enquêtes Harmonisées sur les Conditions de Vie des Ménages (EHCVM) conduites conjointement par la Cellule d'Exécution du Programme d'Harmonisation et de Modernisation des Enquêtes sur les Conditions de Vie des ménages (PHMECV) dans les Etats membres de l'Union de la Commission UEMOA et la Banque mondiale, à partir d'un échantillon nationalement représentatif et d'un questionnaire standardisé et comparable entre les pays de l'UEMOA en 2018 et 2019, il a été possible d'analyser le processus de digitalisation et sa contribution au fonctionnement des marchés et au bien-être des ménages agricoles dans un large périmètre géographique dans les huit pays de la zone UEMOA. Cette échelle d'analyse est d'autant plus pertinente que les pays de la zone partagent une monnaie commune, ont établi un marché commun et levé les barrières tarifaires sur les échanges internes de marchandises, et enfin, sont sujets à des phénomènes importants de migration entre États membres.

Ensuite, compte tenu des caractéristiques des zones rurales en Afrique de l'Ouest – soit, un faible degré d'alphabétisation, des revenus monétaires limités, ou encore des infrastructures routières, éducatives, de santé, et énergétiques manquantes – l'analyse met l'accent sur l'impact des technologies mobiles qui ont connu une plus forte pénétration parmi les populations de la région, qu'elles soient situées en zone urbaines ou rurales. L'inclusion des ménages situés en zones rurales dans l'analyse – environ 50 % de l'échantillon – est également une contribution importante à la littérature puisque la plupart des études microéconomiques du lien entre digitalisation et développement portent sur le secteur non agricole, formel, et urbain (Hjort & Poulsen, 2019 ; Hounbonon et al., 2022 ; Cariolle & Le Goff, 2023), ou uniquement sur l'emploi lorsque les données

² Qui ont néanmoins connu un processus d'industrialisation naissant lors des deux dernières décennies, avec un niveau d'emploi manufacturier passé de 6 millions à plus de 20 millions entre 2000 et 2018, soit une part de l'emploi dans l'industrie manufacturière passée de 7,2 à 8,4 % de l'emploi total (Kruse et al., 2023).

collectées en zones rurales sont utilisées (Hjort & Poulsen, 2019). Or, l'impact des TIC, plus particulièrement de la téléphonie mobile, est supposément plus important en zones rurales, compte tenu des coûts de transactions élevés et des fortes asymétries informationnelles qui perturbent le fonctionnement des marchés et altèrent les décisions des agents économiques (Aker & Mbiti, 2010 ; Aker, 2017 ; Aker & Cariolle, 2023).

L'amélioration de l'allocation spatiale de l'offre agricole et du pouvoir de négociation des agriculteurs, induite par des agriculteurs et des négociants mieux informés, sont des mécanismes directs axés sur l'offre souvent invoqués pour expliquer la convergence observée des prix des produits de base et les variations locales concomitantes des prix à la production ou de marché (Jensen, 2007 ; Svensson & Yanagizawa, 2009 ; Goyal, 2010 ; Tack et Aker, 2014 ; Aker & Fafchamps, 2015 ; Soldani et al., 2023). Cependant, les mécanismes axés sur la demande qui peuvent sous-tendre la dynamique des prix des denrées alimentaires ont souvent été négligés, alors que leur importance éventuelle devrait refléter les transformations structurelles des marchés agricoles et des moyens de subsistance ruraux (De Janvry & Sadoulet, 2022). En effet, il existe de nombreuses preuves à l'échelle mondiale de l'impact positif de la connectivité mobile sur les modes de consommation, grâce à l'augmentation des revenus agricoles mais aussi non agricoles, à l'inclusion financière et à l'amélioration de la gestion des risques, ce qui suggère que la dynamique des prix susmentionnée pourrait également être induite par la demande (Nakasone & Torero, 2016). Par conséquent, la troisième et probablement la plus grande contribution de ce document est de relier les impacts de la numérisation sur les modèles de prix des denrées alimentaires à la demande des ménages pour ces produits.

Ainsi, cette étude s'appuie principalement sur les données des EHCVM, couvrant 59 319 ménages et 146 denrées agricoles, répartis dans 4 983 zones d'énumérations (ZE), 481 départements, et 106 régions des huit pays de la zone. Combinées à d'autres sources de données, ces enquêtes permettent d'analyser séparément la contribution au secteur agricole de la connectivité, mesurée en termes d'accès au réseau 2G/3G/4G (2G+), et de l'adoption des technologies mobiles et Internet par les ménages. Les données disponibles ne fournissant pas une information détaillée sur les usages spécifiques des téléphones ou sur la présence de services mobiles particuliers – tels que les services de d'extension agricoles, de monnaie ou de santé mobiles – nous considérons dans cette étude les technologies mobiles et Internet comme des outils d'accès à l'information de marché et de coordination avec les autres acteurs du secteur agricole, que ce soit de manière centralisée (par exemple, *via* un service d'information de marché) ou décentralisée (par exemple, communications entre individus). Les données mobilisées dans cette étude donnent en revanche une idée du degré de pénétration des technologies numériques, mobile et Internet, au sein des ménages, et également de la qualité de la connectivité mobile au niveau des ZE.

L'analyse empirique décline plusieurs modèles économétriques permettant de mesurer les impacts de la digitalisation sur i) le fonctionnement des marchés agricoles, et sur ii) l'achat et la consommation de denrées agricoles par les ménages. Compte tenu des biais potentiels d'endogénéité – biais de variables omises et causalité inverse entre digitalisation et performances agricoles – nous adoptons l'approche par variable instrumentale (VI) de Guriev et al. (2021) et Manacorda et Tesei (2020) consistant à instrumenter la couverture réseau des zones d'énumération enquêtées en 2018/2019 par leur exposition moyenne aux impacts de foudre sur la période 1998-2013. L'exposition à la foudre provoque des surtensions électriques qui accélèrent l'usure des équipements et affectent la qualité de la connectivité, alors que les protections résistantes à la foudre

pour ces équipements sont très coûteuses et restent peu déployées en Afrique subsaharienne (UIT, 2003 ; Andersen et al, 2012 ; Martin 2016). Nous incluons également un certain nombre de variables de contrôle, et combinons une large gamme d'effets fixes (EF) vagues d'enquête, produits alimentaires et unités géographiques (région, district ou EA, selon la variable de résultat considérée), afin de contrôler pour l'hétérogénéité inobservable et les facteurs confondants, tels que les chocs pluviométriques, qui pourraient fausser notre analyse.

Nos résultats donnent une image cohérente des transformations économiques induites par la connectivité mobile dans la région. Tout d'abord, il apparaît que l'amélioration de la connectivité mobile dans les zones d'énumération (ZE), améliore de manière notable le fonctionnement des marchés agricoles, plus particulièrement en zones rurales. En effet, nous montrons que les zones d'habitation situées à proximité d'une antenne 2G+ ont observé une augmentation globale de 10 à 12 % des prix des produits alimentaires par rapport aux zones qui en sont plus éloignées, et que cet effet est dû à l'amélioration de la connectivité dans les zones rurales. Le résultat de ce processus est une convergence spatiale des prix des denrées alimentaires, mesurée par une réduction de la dispersion spatiale des prix au niveau du district. En fait, l'analyse montre qu'une augmentation de 10 % de la couverture du réseau dans les districts entraîne une baisse de 5 % du coefficient de variation des prix des denrées alimentaires. Ces estimations sont cohérentes avec les résultats d'études empiriques de référence menées sur des produits de base spécifiques aux niveaux national ou local dans toute la région (Svensson & Yanagizawa, 2009 ; Aker, 2010 ; Nakasone, 2013 ; Courtois & Subervie, 2014 ; Aker & Fafchamps, 2015 ; Soldani et al., 2023).

Par ailleurs, les estimations montrent que ce n'est pas le volume des ventes des exploitations agricoles mais la demande alimentaire dans les ZE qui explique la dynamique des prix observée. Outre l'augmentation des revenus des producteurs, la diffusion des technologies mobiles peut en effet élargir les opportunités d'emploi et à des revenus non agricoles pour les ménages, ou assouplir la contrainte de liquidité grâce aux transferts d'argent mobile, augmentant ainsi leur pouvoir d'achat et leur demande de produits alimentaires. Ainsi, les estimations réalisées au niveau des ménages montrent que lorsqu'un ménage acquiert un téléphone portable dans une zone d'habitation couverte par le réseau mobile, il augmente considérablement ses dépenses totales (+18 %), particulièrement dans les zones rurales (+63,7 %), et surtout pour les produits alimentaires (+12,8 %) par rapport aux produits non alimentaires (+6,4 %).

En outre, la connectivité mobile augmente la quantité de nourriture consommée et achetée par les ménages, tout en réduisant leur dépendance à l'égard de l'autoconsommation. Les quantités de produits consommés et achetés par les ménages connectés augmentent respectivement de 20 % et 29 %, tandis que les quantités autoconsommées diminuent de 9 %. Une fois encore, cet effet est particulièrement prononcé pour les ménages ruraux connectés au réseau mobile, qui ont connu une augmentation de 41 % et 61 % des quantités de produits alimentaires consommés et achetés, respectivement, et une baisse de 19 % des quantités autoconsommées.

Ainsi, l'analyse conduite dans ce rapport montre que la connectivité mobile a conduit à une convergence spatiale des prix des produits agricoles, concomitante à une augmentation des dépenses alimentaires, à la fois dans la quantité de produits achetés sur les marchés et dans celle consommée par les ménages, et à une réduction de l'autoconsommation, particulièrement prononcée dans les zones rurales. Cependant, un effet secondaire important de ce résultat est que la numérisation induit également une externalité négative sur les ménages qui ayant un faible taux d'adoption des téléphones mobiles. Ces ménages, bien que situés dans des zones connectées, ne

bénéficient pas des dividendes numériques de la technologie mobile, alors qu'ils sont confrontés à une augmentation du coût de la vie. Dans l'ensemble, ces résultats suggèrent que la numérisation des marchés agricoles et des ménages ruraux stimule la transition d'une économie de subsistance à une économie de marché et favorise le rattrapage économique des zones rurales vers les zones urbaines, bien qu'avec le risque supplémentaire de laisser de côté les ménages non connectés. Des pistes de réductions de la fracture numérique en termes d'adoption et d'usage, notamment en zone rurale, sont donc explorées en fin de rapport. L'amélioration de l'accessibilité financière des services mobiles par un allègement de la fiscalité des opérateurs de téléphonie mobile est discutée, de même que l'importance des politiques d'alphabétisation pour renforcer la capacité d'absorption des ménages les plus pauvres et leur confiance envers les technologies mobiles et services associés.

La prochaine section expose le cadre conceptuel de l'étude et passe en revue la littérature sur la digitalisation et les performances du secteur agricole en Afrique sub-saharienne, plus particulièrement dans la région ouest-Africaine. La section 3 propose une analyse descriptive de la digitalisation dans la zone UEMOA. La section 4 décrit le périmètre de l'étude et le cadre empirique. La section 5 expose et commente les résultats. La section 6 propose des enseignements et perspectives pour les politiques de développement agricole par le numérique, tirés d'études de cas et d'études sectorielle. La dernière section conclut.

2. CADRE CONCEPTUEL ET REVUE DE LITTÉRATURE

2.1. Effets attendus de la digitalisation sur le secteur agricole

L'utilisation des technologies basiques et largement disséminées comme la téléphonie mobile, en permettant l'accès à une information immédiate, de meilleure qualité, et à faible coût, est censée améliorer les décisions de producteurs et des acheteurs, améliorer l'organisation des marchés agricoles, et favoriser le développement des zones rurales dans les pays de l'UEMOA de multiples manières (Aker, 2011 ; Deichamn et al., 2016) :

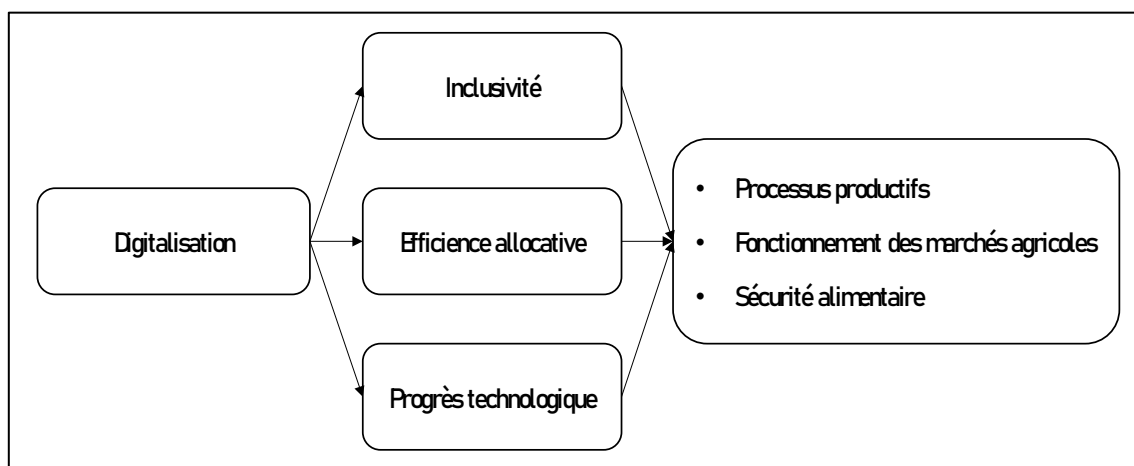
- a) Les ménages agricoles peuvent utiliser ces technologies pour obtenir directement des informations sur les prix et les technologies agricoles à faible coût en communiquant avec leurs réseaux privés.
- b) Les ménages agricoles peuvent de la même manière utiliser les technologies mobiles pour collecter des informations sur les autres marchés, tels que le marché du travail, et ainsi diversifier leurs sources de revenu.
- c) L'utilisation du téléphone mobile peut réduire les coûts de communication entre les agriculteurs, les acheteurs et les négociants, favorisant ainsi la mise à niveau technologique, la réduction de l'incertitude des prix, l'amélioration de l'utilisation des intrants, et la répartition des cultures sur les marchés.
- d) Les téléphones mobiles et autres technologies connexes peuvent également favoriser la coordination et la coopération entre les acteurs du marché agricole, à savoir les agriculteurs, les négociants, les agents d'extension et les centres de recherche.
- e) Des supports de communication basiques tels que les SMS peuvent améliorer le rapport coût-efficacité des programmes d'extension agricole, en permettant l'envoi simultané, instantané et à faible coût de messages d'information agricole. En effet, ce type de technologie réduit le nombre de visites nécessaires aux agents d'extension agricole pour appuyer le travail des agriculteurs, augmente la rapidité et le périmètre géographique de la transmission des informations, et ce à un coût marginal quasiment nul.
- f) Les technologies numériques peuvent être vecteur de services complémentaires aux activités agricoles, tels que les services de monnaie ou de banque mobile, d'aide à la commercialisation, ou encore d'assurance.
- g) Les téléphones mobiles peuvent être utilisés pour améliorer la collecte d'informations sur les agriculteurs et les agents de vulgarisation et, par conséquent, décupler la précision et la rapidité de l'information échangée sur les marchés et améliorer le suivi des agents d'extension.

En conséquence, il est attendu du processus de digitalisation i) une participation accrue aux marchés des personnes et firmes ayant adopté les technologies numériques (**inclusivité**), ii) une allocation spatiale et temporelle des productions agricoles et facteurs de productions associés plus efficiente (**efficience allocative**), et iii) un processus d'innovation stimulé conduisant des changements technologiques et organisationnels dans les structures digitalisées (**innovation**) (Deichmann et al., 2016). Il est censé résulter de ces améliorations (Figure 1) :

1. **L'amélioration du fonctionnement des marchés**, reflété par une meilleure allocation spatiale de l'offre sur les marchés (et donc une moindre dispersion des prix), un surplus du producteur élargi, et une plus grande diversité de biens échangés sur les marchés.
2. **L'amélioration de la sécurité alimentaire**, permise par l'amélioration du pouvoir d'achat des ménages, et reflétée par un moindre recours à l'autoconsommation, un accroissement des quantités et de la diversité des denrées alimentaires consommés.
3. **L'amélioration des processus productifs des exploitations agricoles**, *via* une meilleure utilisation des intrants, une meilleure qualité, et une productivité plus élevée des exploitations.

Ce premier rapport se concentre plus particulièrement sur les deux premiers points, soit, l'effet de la digitalisation sur le fonctionnement des marchés agricoles et sur la consommation de denrées alimentaires.³

FIGURE 1. EFFETS ATTENDUS DE LA DIGITALISATION SUR LE FONCTIONNEMENT DES MARCHÉS AGRICOLES



Source : auteurs.

2.2. Revue de littérature

La section précédente a décrit les différentes façons dont les technologies numériques peuvent affecter le fonctionnement des marchés agricoles et le bien être des producteurs : par la fourniture d'information de marché, les conseils d'extension agricole, la gestion des chaînes d'approvisionnement, la coordination entre acheteurs et vendeurs, le suivi des performances des agents, la collecte de données, ainsi que par les services financiers numériques comme la monnaie mobile. Nous passons ici en revue plusieurs études sur le développement agricole par le numérique effectuées au cours de la dernière décennie dans les zones rurales de l'Afrique sub-saharienne, plus particulièrement d'Afrique de l'Ouest (Aker 2010, Aker & Fafchamps, 2014; Tack & Aker, 2014; Aker & Ksoll, 2016 ; Fabregas et al. 2019 ; Fabregas et al. 2022 ; Spielman et al. 2021 ; Abate et al., 2023). Parmi ces études de nombreuses sont situées au Niger, pays marqué par une large population rurale et dépendante du secteur agricole, une couverture infrastructurelle manquante, et des marchés agricoles défaillants, où la téléphonie mobile est appelée à jouer un rôle clef dans la réduction des

³ Un deuxième rapport traitera spécifiquement la question de la relation entre digitalisation et amélioration des processus productifs, en lien avec le fonctionnement du marché du travail.

coûts de transaction résultant de cet environnement économique défavorable. D'autres études pertinentes conduites dans des pays subsahariens hors zone UEMOA sont également mentionnées.

L'amélioration de la répartition spatiale de l'offre agricole et du pouvoir de négociation des agriculteurs, induite par des agriculteurs et des négociants mieux informés, sont des mécanismes directs axés sur l'offre souvent invoqués pour expliquer les schémas de convergence des prix des produits de base observés et les variations concomitantes des prix à la production ou sur le marché (Jensen, 2007 ; Svensson & Yanagizawa, 2009 ; Goyal, 2010 ; Tack et Aker, 2014 ; Aker & Fafchamps, 2015 ; Soldani et al., 2023).⁴ Ces études mettent en évidence un impact significatif et négatif de l'extension de la couverture de la téléphonie mobile sur la dispersion des prix sur les marchés des céréales nigériens. Sur ces marchés, les agriculteurs, négociants et consommateurs finaux effectuent des transactions, les productions des agriculteurs sont acheminées vers différents marchés, pouvant parcourir de huit à plus de 1 200 kilomètres (Aker, 2010), ce qui induit une grande variabilité des coûts de transport, et par conséquent, des coûts de transaction et de recherche d'information très élevés pour les producteurs éloignés des places de marché. Ainsi, Aker (2010) montre que, lorsqu'une paire de marchés bénéficie conjointement d'une couverture de téléphonie mobile, la dispersion moyenne des prix des céréales diminue d'environ 10 %, soit une réduction de 2,5 à 3,5 CFA/kg. L'auteure souligne également que cet effet est plus important lorsque les marchés sont éloignés les uns des autres et lorsqu'ils sont reliés par des infrastructures routières non asphaltées, ce qui confirme l'hypothèse selon laquelle les bénéfices des TIC sont plus importants dans les régions isolées, avec un difficile accès aux infrastructures de transport.

Dans un contexte similaire, Aker et Fafchamps (2015) mettent en avant les effets hétérogènes de la téléphonie mobile sur la dispersion des prix, en fonction du caractère stockable de la marchandise produite. Ils dévoilent également les mécanismes par lesquels la convergence des prix des biens agricoles est achevée. En effet, ils étudient la dispersion des prix de trois produits de base – le mil, le sorgho et le niébé – et constatent que la couverture de la téléphonie mobile réduit de 6 % la dispersion des prix du niébé, un produit semi-périssable qui ne peut pas être stocké facilement. En revanche, la dispersion des prix du millet et du sorgho, produits moins périssables et plus facilement stockables par les agriculteurs, n'est pas affectée par l'introduction de la nouvelle technologie. L'offre de produits difficilement stockables comme le niébé est moins soumise à l'arbitrage intertemporel des producteurs, et donc propice à une mauvaise répartition spatiale de l'offre lorsque l'information sur les prix est manquante et que les coûts de transport sont élevés. À l'appui de ce mécanisme, ils observent des augmentations (diminutions) des prix du niébé sur les marchés excédentaires (pénurie) après le déploiement de la couverture de téléphonie mobile, ce qui confirme l'hypothèse selon laquelle l'extension du réseau mobile a augmenté l'efficacité du marché en améliorant l'information sur les quantités fournies et demandées sur les marchés couverts.

D'autres études ont examiné l'impact des téléphones mobiles sur les marchés agricoles en Afrique de l'Ouest. Une analyse conduite par Tack et Aker (2014) montre comment l'utilisation des téléphones mobiles réduit les coûts de recherche des négociants en céréales au Niger, en leur permettant d'élargir leur recherche d'informations sur les prix. Une plus grande diffusion des téléphones mobiles parmi les négociants, et une plus longue durée d'exposition à la couverture de réseau mobile, sont associées à une meilleure utilisation de la technologie par ces derniers,

⁴ Une large littérature traite également des effets des services numériques d'extension agricole, fournis par les technologies mobiles (Aker, 2011 ; Courtois et Subervie, 2014 ; Aker et al., 2016a ; Casaburi et al. 2019 ; Van Campenhout, 2021 ; Van Campenhout et al., 2021). Cette littérature sera abordée en détail dans un prochain rapport traitant plus particulièrement des effets de la digitalisation sur la production et sur l'accès à l'emploi dans le secteur agricole.

entraînant une augmentation du nombre de marchés étudiés et du nombre de contacts commerciaux sollicités. Pour illustrer ce mécanisme, les auteurs comparent le coût moyen d'un voyage vers un marché distant de 65 km (deux à quatre heures de voyage aller-retour), nécessaire pour obtenir de l'information sur ce marché sans téléphone mobile, au coût d'un appel téléphonique de deux minutes. En prenant comme référence un salaire journalier de 500 CFA (0,76 euro), ils montrent que les coûts de recherche d'information diminueraient de 50 % après l'introduction de la technologie du téléphone mobile. Enfin, les auteurs mettent également en évidence l'existence d'un effet dynamique de la couverture mobile sur les comportements de recherche des négociants, entraînant une augmentation annuelle de 5 à 6 % du nombre de marchés étudiés et du nombre de contacts commerciaux sollicités.

Du côté des mécanismes relatifs à la demande de denrées agricoles, il existe de nombreuses preuves à l'échelle mondiale de l'impact positif de la connectivité mobile sur les modes de consommation, grâce à l'augmentation des revenus agricoles et non agricoles, à l'inclusion financière et à l'amélioration de la gestion des risques. Ces études empiriques suggèrent ainsi que l'évolution des prix observée pourrait également être affectée par la demande de denrées alimentaires (Nakasone & Torero, 2016). Roessler et al. (2021) ont constaté que l'adoption de smartphones par les femmes dans les ménages tanzaniens a augmenté la consommation par habitant de 20 %. Wantchekon et Riaz (2019) ont constaté que la connectivité des réseaux mobiles a permis d'améliorer la sécurité alimentaire des ménages africains. Une étude menée par Beuermann et al. (2012) a révélé que l'extension de la couverture du réseau mobile dans les villages ruraux du Pérou a induit une augmentation de 11 % des dépenses des ménages. Labonne et Chase (2009) montrent que la possession d'un téléphone portable par les agriculteurs dans les zones rurales des Philippines a augmenté la consommation des ménages par habitant de 11 à 17 %. Enfin, un grand nombre de recherches ont établi que l'utilisation de la téléphonie mobile, par le biais de l'adoption de l'argent mobile, est un outil puissant pour le partage des risques et le lissage de la consommation des ménages (Jack & Suri, 2014 ; Suri et al., 2023 ; Batista & Vicente, 2023). Par conséquent, l'augmentation de la demande résultant de l'accroissement et de la diversification des revenus induits par la digitalisation est un élément explicatif d'une éventuelle dynamique haussière des prix. Son effet sur la convergence ou la divergence spatiale des prix dépend donc d'où l'amélioration des conditions de vie est observée, soit, dans les zones de relative abondance ou de relative pénurie.

3. ANALYSE DESCRIPTIVE DE LA DIGITALISATION DANS L'UEMOA

L'étude de la digitalisation d'une zone géographique passe généralement par l'analyse des déterminants de la fracture numérique en son sein (Cariolle, 2020, 2021 ; Aker & Cariolle, 2023). Cette fracture numérique est le reflet des inégalités géographiques et socio-économiques dans les conditions d'accès et d'utilisation des technologies numériques – ici technologies mobiles et Internet. Cette sous-section se concentre sur les inégalités observées en termes de connectivité, soit d'accès aux réseaux mobiles et Internet, et d'adoption, soit d'utilisation des technologies qui leur sont associées, dans les États de l'UEMOA.

3.1. La fracture numérique dans l'UEMOA : de quoi parle-t-on ?

Si la pénétration de la téléphonie mobile en ASS, notamment en Afrique de l'Ouest, a rapidement rattrapé les taux d'adoption des pays industrialisés durant ces dernières décennies, la fracture numérique concerne davantage les technologies nécessitant un accès à Internet et des compétences numériques avancées (Aker & Mbiti, 2010 ; Cariolle, 2021 ; Aker & Cariolle, 2023).

Dans un article récent, Cariolle (2021) montre que la pose de câbles sous-marins de télécommunications en 2009-2010 le long des côtes africaines a apporté l'Internet à haut débit et a accéléré l'adoption d'Internet par les populations dans la région, entraînant une augmentation moyenne de 3 à 5 points de pourcentage des taux de pénétration d'Internet en Afrique subsaharienne. Cette relation positive entre l'arrivée du haut débit et l'adoption de l'Internet est indépendante de la diffusion continue des téléphones mobiles dans toute la région depuis 2000 (Figure 2). Les Figure 2 et Figure 3 montrent que la diffusion des appareils mobiles dans la population, qui s'est accélérée depuis 2005, a précédé l'arrivée du haut débit. Si les taux de diffusion des abonnements mobile dans la population de l'UEMOA ont rattrapé la médiane mondiale (et dépassé le taux médian en ASS depuis 2010), située autour de 1,2 abonnement mobile par personne, les taux de pénétration de l'Internet ont progressé, particulièrement en Côte d'Ivoire et au Sénégal, mais restent à des niveaux médians relativement faibles (environ 35 % de la population utilisant Internet) relativement aux pays non Africains (91 % de la population) en 2021.

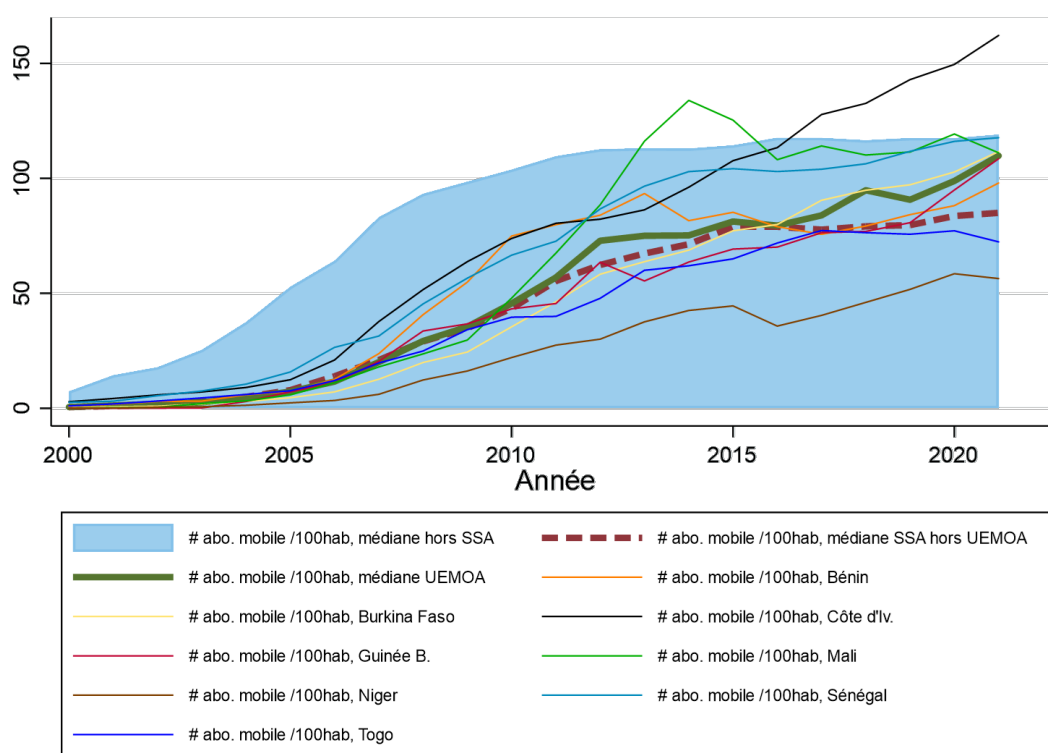
Comme le soulignent Buys et al. (2009), le téléphone mobile a supplanté les infrastructures filaires manquantes, en particulier dans les zones rurales, de sorte que les appareils de téléphonie mobile représentent la principale plateforme d'accès aux services numériques de base (Aker & Mbiti, 2010). Mothobi & Grzybowski (2017) confirment cette caractéristique propre aux marchés africains et constatent que dans 11 pays d'Afrique subsaharienne, les personnes éloignées des infrastructures physiques sont plus enclines à utiliser leur téléphone portable pour effectuer des transactions financières (argent mobile) que les personnes ayant accès à ces infrastructures. Ainsi, comme le montre la Figure 4, le taux médian de couverture de l'Internet mobile 3G dans la population de la zone a rattrapé le taux médian Africain et mondial, en passant de 0 % de la population des États membres en 2010 (contre 25,5 % dans le reste de l'ASS) à 85,5 % en 2022 (contre 87 % dans le reste de l'ASS). La téléphonie mobile constitue donc le vecteur principal de l'accès à l'Internet mondial pour les pays de l'UEMOA, comme pour les pays du reste du continent Africain.

La connectivité internationale, représentée par l'évolution de la bande-passante théorique internationale (en Kbps), a d'ailleurs connue une progression exponentielle dans l'ensemble des pays de la zone, mais reste loin du rythme d'évolution de la bande-passante dans le reste du monde (Annexes A.1 et A.2). Si l'on se penche sur l'infrastructure internationale de télécommunication

portant cette bande-passante, soit les câbles-sous-marins⁵, l'on se rend compte que la zone a largement étoffé son infrastructure de connectivité, en démultipliant le nombre de câbles posés le long des côtes Africaines, le nombre de destinations directement jointes par câble, réduisant ainsi la distance numérique de nombreux pays Africains aux principaux centres de production et de consommation mondiales.

En résumé, les technologies numériques qui ont bénéficié d'une large diffusion dans la population sont généralement basées sur des supports de communication simples (appels téléphoniques, messages textuels), et ne dépendent pas de l'accès à l'Internet ni de la possession d'un appareil de communication sophistiqué ou intelligent (Aker & Blumenstock, 2014 ; Abate et al., 2023 ; Aker & Cariolle, 2023). La simplicité d'accès et d'utilisation des technologies numériques est probablement une condition préalable à leur passage à l'échelle et à la libération de leur potentiel de transformation socio-économique (Abate et al., 2023). Ceci est particulièrement vrai pour la dernière génération de technologies de l'information dans l'UEMOA – telles que les chaînes de blocs, l'intelligence artificielle, l'informatique en nuage, etc. – dont le passage à l'échelle se voit contraint par la forte fracture Internet au sein de la population.

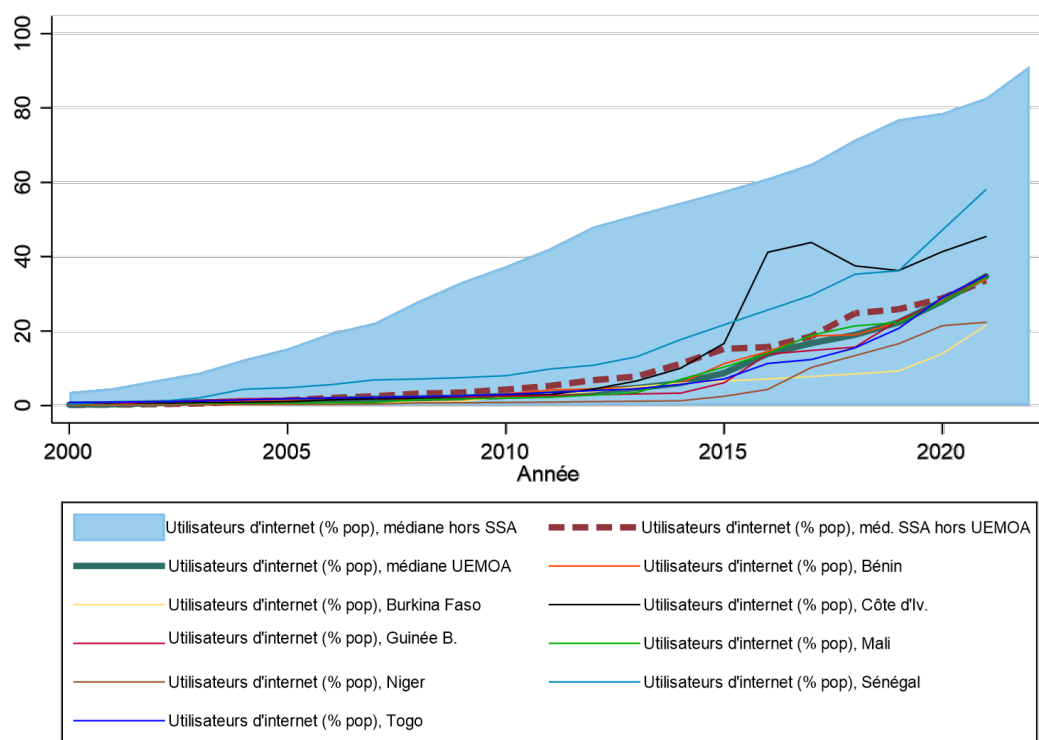
FIGURE 2. PÉNÉTRATION DE LA TÉLÉPHONIE MOBILE DANS L'UEMOA, EN ASS, ET DANS LE RESTE DU MONDE.



Source : auteurs, données de l'Union Internationale des Télécommunications (UIT).

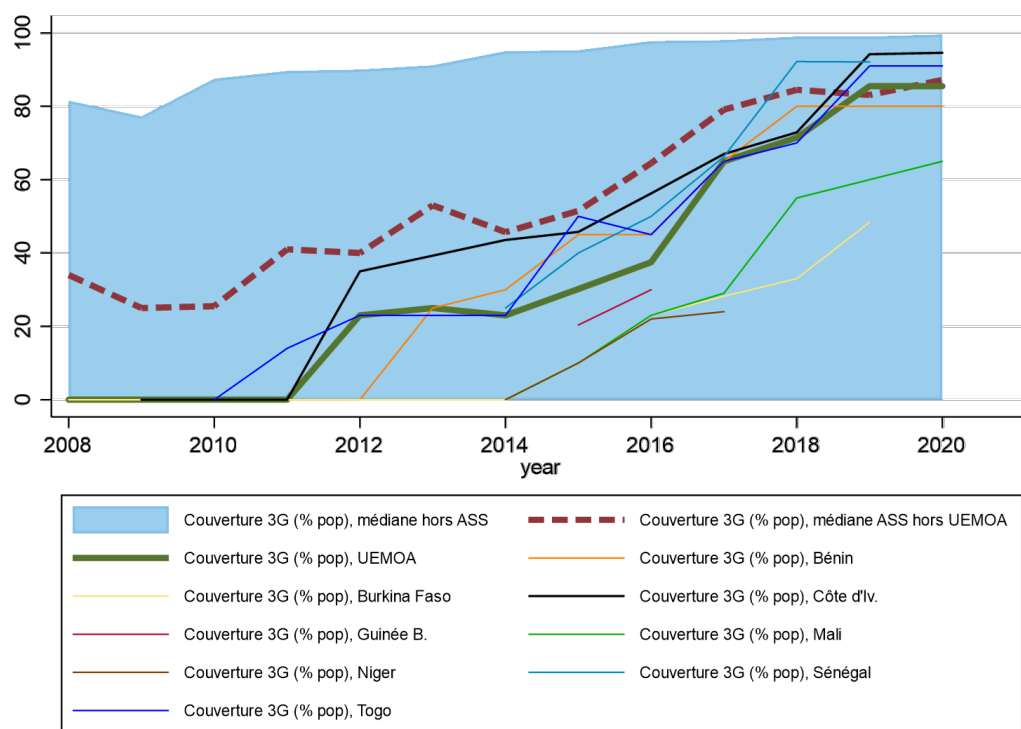
⁵ Par lesquels passent 99% des télécommunications internationales. Voir : <https://blog.telegeography.com/2023-mythbusting-part-3>

FIGURE 3. PÉNÉTRATION DE L'INTERNET DANS L'UEMOA, EN ASS, ET DANS LE RESTE DU MONDE.



Source : auteurs, données de l'Union Internationale des Télécommunications (UIT).

FIGURE 4. CONNECTIVITÉ NATIONALE DANS L'UEMOA, EN ASS, ET DANS LE RESTE DU MONDE.



Source : auteurs, données de l'Union Internationale des Télécommunications (UIT).

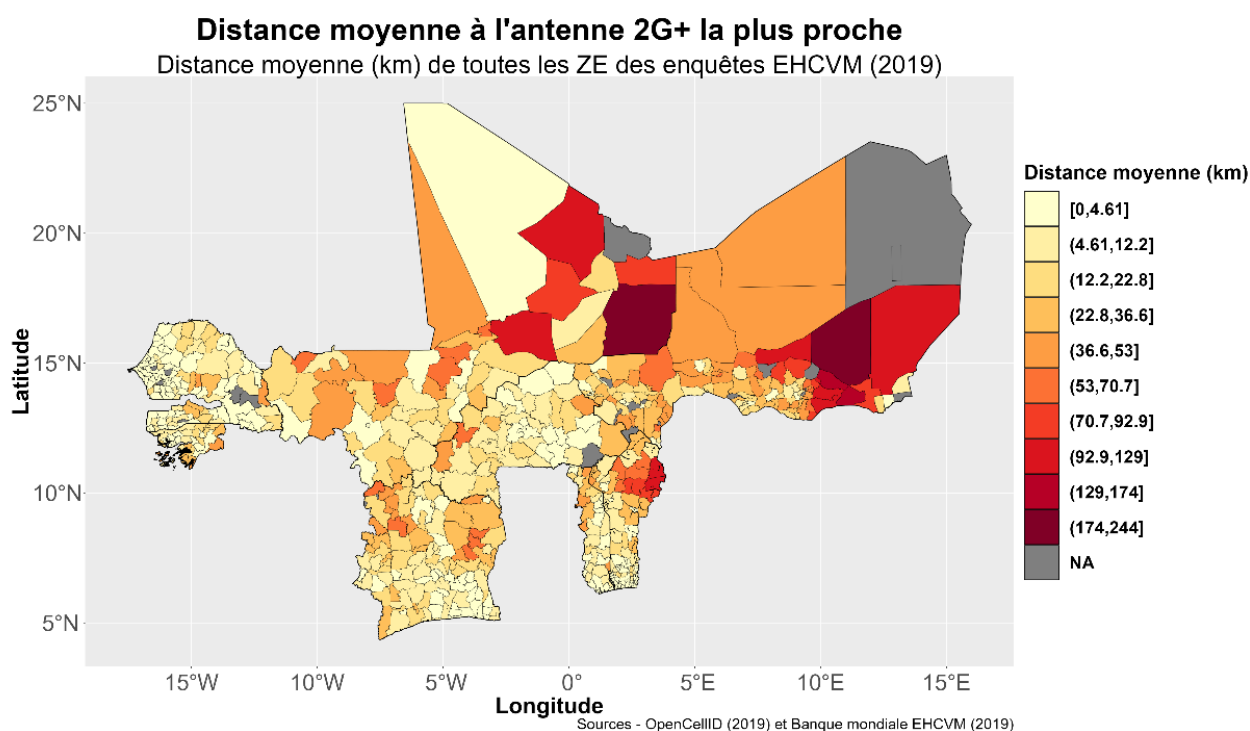
3.2. Couverture mobile et Internet dans l'UEMOA

Le déficit en infrastructure filaire a longtemps été un handicap pour le développement de l'Internet dans les pays subsahariens. En revanche, depuis l'avènement de l'Internet haut-débit mobile, les appareils mobiles plus largement diffus au sein des populations Africaines constituent « l'infrastructure du dernier mètre » du réseau Internet, permettant ainsi de sauter l'étape du déploiement lent et couteux de l'infrastructure filaire et de fournir à un accès à Internet aux populations rurales par les biais du réseau d'antennes mobiles 2G, 3G et 4G (Aker & Mbiti, 2010).⁶

La Figure 5 illustre l'hétérogénéité de la couverture réseau mobile 2G+ (2G, 3G, ou 4G) dans l'espace UEMOA en 2018-2019. Les données d'OpenCellID, montrent une plus grande proximité aux réseaux mobiles des ZE situées sur le littoral que celles situées dans l'arrière-pays. Cette distribution spatiale est particulièrement défavorable aux régions du nord-est des pays enclavés comme le Mali ou le Niger.

L'accès à Internet dans l'UEMOA, comme dans le reste de l'ASS, repose sur l'infrastructure mobile. Ceci est particulièrement visible dans la Figure 6 qui montre qu'entre 18 % et 20 % des ménages ont accès à Internet en leur sein, *via* la téléphonie mobile, alors que moins de 5 % des ménages ont accès à Internet en dehors du ménage (bureau, cybercafé, ou école/université). La connectivité Internet est nettement meilleure au Sénégal que dans les autres États membres, avec quasiment 60 % des ménages enquêtés déclarant avoir une connexion à l'Internet mobile, et avec des zones côtières affichant des taux d'accès à l'Internet au sein du ménage supérieur à 60 % des ménages enquêtés (Figure 7). Dans les autres pays de l'UEMOA, les départements affichant un taux d'accès à Internet au sein du ménage supérieur à 40 % des ménages sont généralement ceux des grandes agglomérations urbaines.

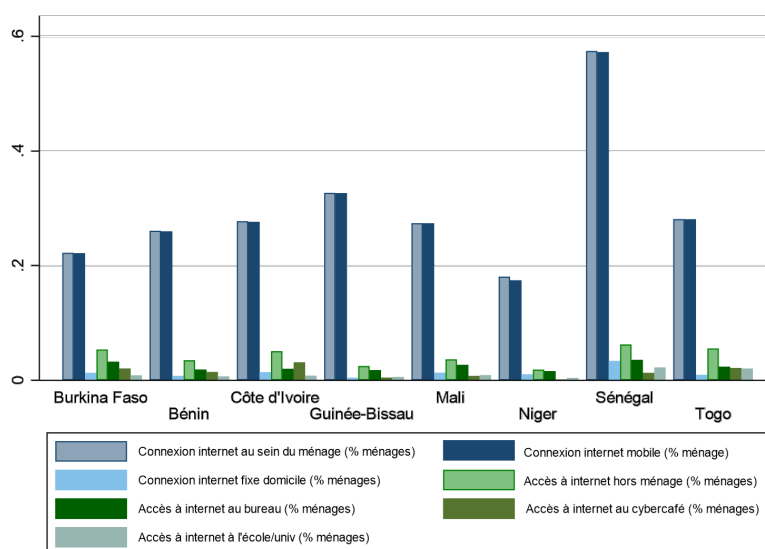
FIGURE 5. DISTRIBUTION SPATIALE DE LA CONNECTIVITÉ MOBILE DANS LES DÉPARTEMENTS, UEMOA.



Source : auteurs. Données tirées d'OpenCell ID, zone d'énumérations des EHCVM (Banque mondiale).

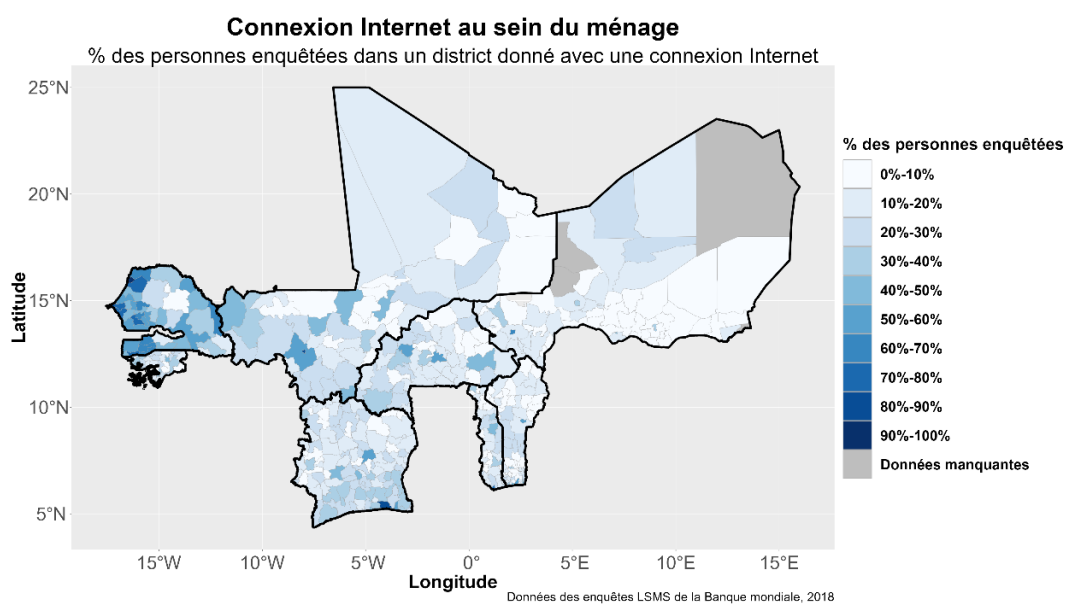
⁶ Le réseau d'antennes 5G commence à se déployer mais reste très embryonnaire.

FIGURE 6. CONNECTIVITÉ INTERNET AU SEIN ET EN DEHORS DU MÉNAGE, UEMOA.



Source : auteurs. Données tirées des EHCVM (Banque mondiale).

FIGURE 7. DISTRIBUTION SPATIALE DE LA CONNECTIVITÉ INTERNET AU SEIN DU MÉNAGE DANS LES DÉPARTEMENTS, UEMOA.



Source : auteurs. Données tirées des EHCVM (Banque mondiale).

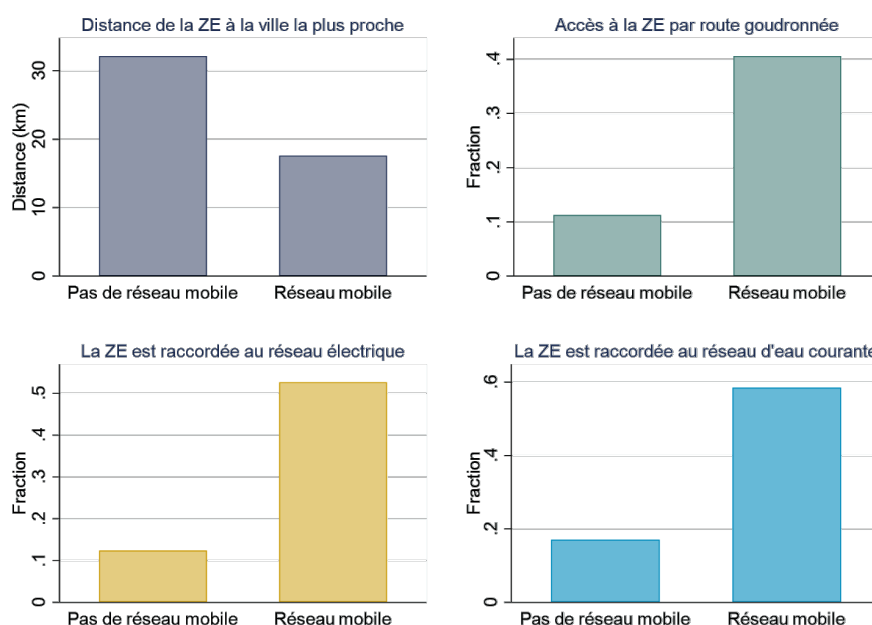
3.3. Une fracture numérique spatiale

Cette inégale distribution spatiale de la connectivité mobile, et Internet mobile en particulier, reflète une fracture entre ZE urbaines et rurales. La téléphonie mobile est souvent considérée comme une technologie disruptive car elle permettrait d'abolir la distance et d'apporter des solutions aux problèmes de développement posés par l'enclavement des populations rurales et l'insuffisante couverture des autres infrastructures physiques. Ce postulat serait valable si l'infrastructure mobile se trouvait dans les zones non couvertes les infrastructures routières, énergétiques, de distribution d'eau courante, ou encore bancaires, éducatives, ou sanitaires. Ce n'est généralement pas le cas (Buys et al., 2009 ; Aker & Mbiti, 2010 ; Aker & Cariolle, 2023). La couverture réseau mobile tend à être

corrélée à la couverture des autres infrastructures, donnant à la fracture numérique une teneur multi-dimensionnelle, et donc, ajoutant une dimension numérique à l'enclavement des populations rurales et éloignées des infrastructures publiques et de l'accès aux services essentiels.

Nous illustrons ce point dans la Figure 8, qui montre que les ZE non couvertes par le réseau mobile sont i) les plus éloignées des centres urbains, et ii) très souvent celles privées d'accès aux routes asphaltées, iii) au réseau électrique, et iv) au réseau d'eau courante. Par ailleurs, l'Annexe A.3 montre que les ZE non couvertes sont également associées à une moindre fréquence de desserte des transports en commun. Ainsi, bien qu'au niveau national le réseau mobile couvre une large part de la population, les citoyens qui n'y ont pas accès sont très souvent éloignés des services essentiels et des infrastructures publiques. En superposant la fracture numérique sur les autres fractures – éducative, énergétique, de transport, etc. – le processus de digitalisation pose donc le risque d'un accroissement des inégalités économiques, sociales et spatiales.

FIGURE 8. CONNECTIVITÉ MOBILE ET AUTRES INÉGALITÉS SPATIALES, UEMOA.



Source : auteurs. Données tirées des EHCVM (Banque mondiale).

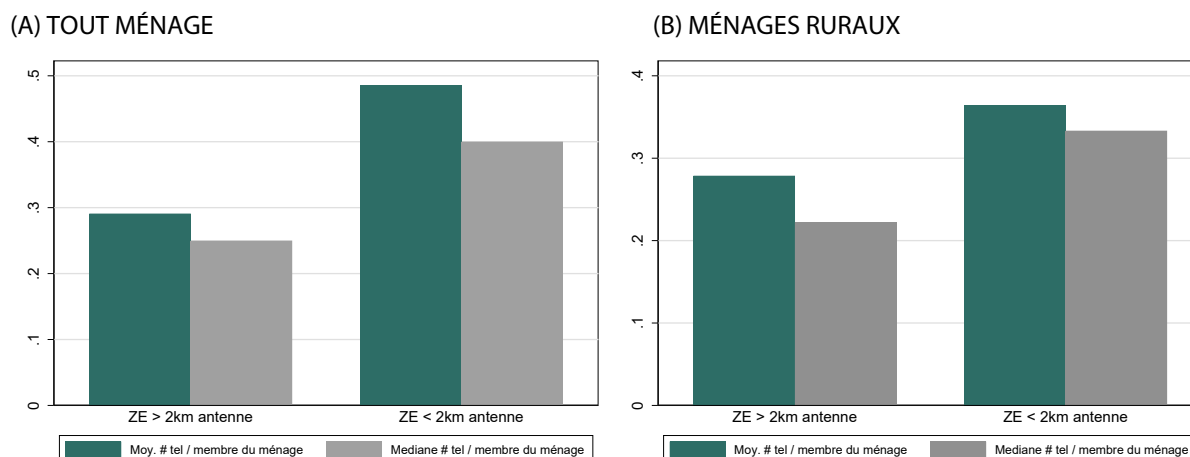
3.4. Inégalités dans l'adoption et les usages des technologies numériques

Être couvert par le réseau mobile (Internet) n'implique pas nécessairement la diffusion dans la population des technologies mobiles. En effet, la Figure 9. Connectivité mobile et adoption de la téléphonie mobile au sein du ménage. montre que les ménages interrogés et situés à moins de 2km d'une antenne 2G+ possèdent en moyenne moins d'un téléphone pour deux membres, et la moitié de ces derniers possèdent deux téléphones pour cinq membres (panel (A)). Ces statistiques en zones rurales tombent à moins de deux téléphones pour cinq membres en moyenne, avec la moitié des ménages ruraux ayant environ un téléphone pour trois membres.

Ainsi, l'adoption des technologies numériques dépend certes de la connectivité, mais également de facteurs liés au niveau d'éducation, de revenu, et de facteurs culturels. La fracture numérique se reflète donc également dans les différences de capacité d'absorption des technologies au sein des populations, pour une connectivité donnée, qui résultent d'obstacles traditionnels de

développement, tels que l'accès à l'électricité et le niveau d'éducation, et en particulier du degré de littératie numérique.⁷ Ainsi, les progrès observés dans de nombreux pays de la zone durant les deux dernières décennies en matière d'accès à l'éducation restent souvent insuffisants pour combler les écarts d'adoption des technologies numériques – le « usage gap » en anglais – et pour exploiter pleinement le potentiel de ces dernières (Choi et al., 2019).

FIGURE 9. CONNECTIVITÉ MOBILE ET ADOPTION DE LA TÉLÉPHONIE MOBILE AU SEIN DU MÉNAGE.



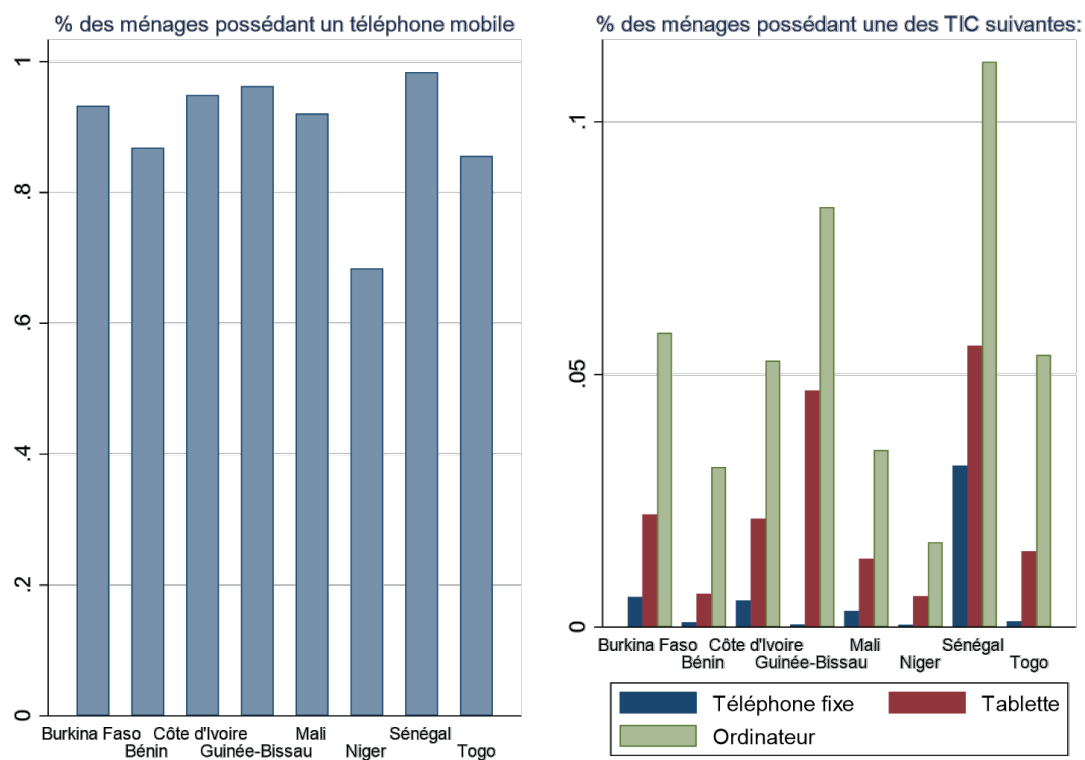
Source : auteurs. Données tirées des EHCVM (Banque mondiale).

Qu'en est-il donc de l'adoption relative des TIC entre les pays de l'UEMOA ? La Figure 10. ci-dessous montre que la majorité des ménages (plus de 80 %) possède au moins un téléphone mobile, à l'exception du Niger où la proportion des ménages qui en possède ne dépasse pas les 70 %. Cette forte pénétration de la téléphonie mobile dans la population ouest-Africaine contraste par rapport aux autres supports de télécommunications, tels que les ordinateurs et les tablettes, dont la pénétration ne dépasse pas 10 % et 5 % de la population respectivement, à l'exception du Sénégal. Une fois de plus, la très faible pénétration de la téléphonie fixe coïncide avec la couverture limitée de l'infrastructure filaire du dernier kilomètre, particulièrement onéreuse à déployer dans les territoires à faible densité de population.

Le rôle de l'éducation dans l'adoption des technologies mobiles est mis en avant dans la Figure 11. Il apparait clairement que la part des ménages où au moins un membre possède une éducation primaire ou secondaire est plus grande dans les ménages possédant un téléphone mobile que dans ceux n'en possédant pas, avec une différence plus marquée pour ce qui concerne l'accès à l'éducation secondaire. Toutefois, ces différences en termes d'éducation peuvent elle-même être corrélées avec des conditions matérielles plus ou moins favorables à l'adoption de la technologie mobile. Nous illustrons finalement cette dimension monétaire de la fracture numérique dans la Figure 12, où les niveaux médians des dépenses alimentaires et non alimentaires annuelles des ménages sont comparés entre les détenteurs et non détenteurs de téléphone mobile. Il en ressort une fois de plus que la possession d'un téléphone mobile est associée à un niveau de dépenses de consommation annuel, alimentaire comme non alimentaire, plus important. Ainsi, la fracture mobile spatiale mise en avant précédemment semble avoir une dimension éducative et monétaire forte.

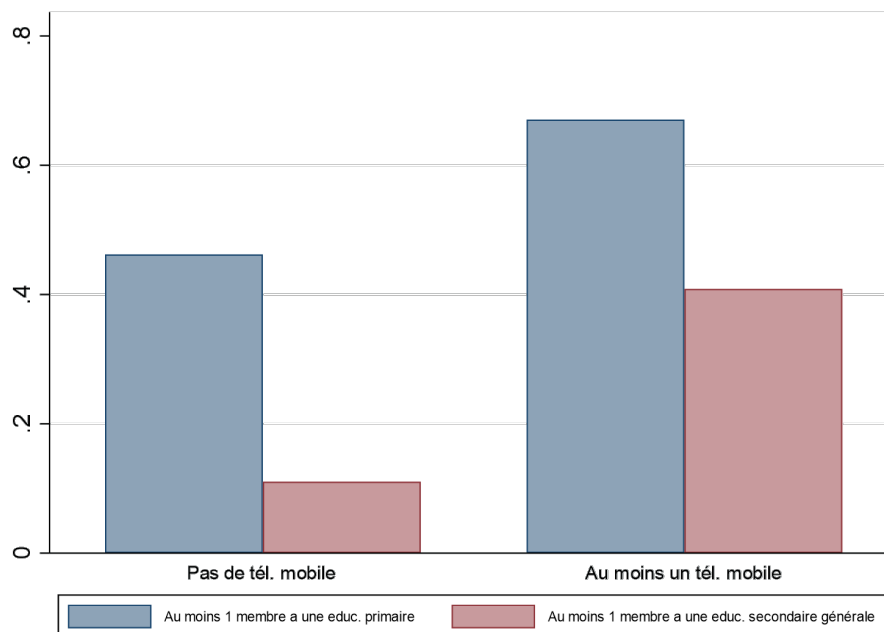
⁷ La littératie, est définie par l'OCDE comme étant « l'aptitude à comprendre et à utiliser l'information écrite dans la vie courante, à la maison, au travail et dans la collectivité en vue d'atteindre des buts personnels et d'étendre ses connaissances et ses capacités ». La littératie numérique peut donc être définie comme la capacité d'un individu à participer à une société qui utilise les technologies de communication numériques dans les domaines précités.

FIGURE 10. TAUX DE PÉNÉTRATION DES TIC DANS L'UEMOA.



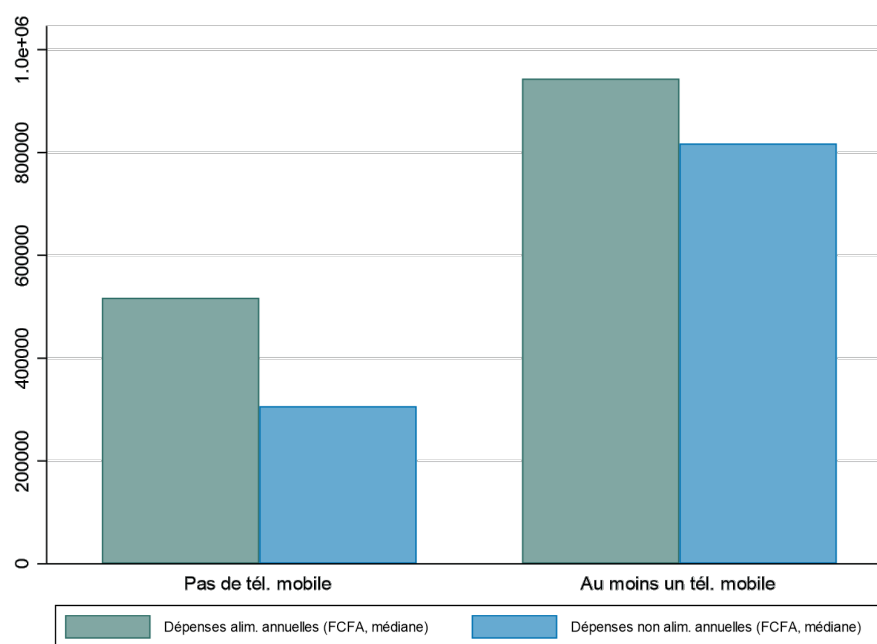
Source : auteurs. Données tirées des EHCVM (Banque mondiale).

FIGURE 11. NIVEAUX D'ÉDUCATION ET POSSESSION D'UN TÉLÉPHONE MOBILE.



Source : auteurs. Données tirées des EHCVM (Banque mondiale).

FIGURE 12. DÉPENSES ET POSSESSION D'UN TÉLÉPHONE MOBILE.



Source : auteurs. Données tirées des EHCVM (Banque mondiale).

4. CADRE EMPIRIQUE

4.1. Périmètre et contribution de l'étude

L'analyse empirique conduite dans ce rapport se concentre sur plusieurs facettes du processus de digitalisation des marchés agricoles par la diffusion de la téléphonie mobile et de l'Internet au sein des populations de la zone UEMOA (Figure 13). Tout d'abord, elle s'intéresse à l'effet de la connectivité, soit la proximité ou l'accès à l'infrastructure de l'Internet mobile (2G, 3G, ou 4G), sur les prix des denrées agricoles observés dans les ZE. La connectivité est en effet le premier niveau de la digitalisation, puisque sans accès au réseau (Internet) mobile le bénéfice de l'adoption une technologie numérique, mobile ou Internet, est sérieusement limité. Ensuite, l'étude de la digitalisation des marchés agricoles implique aussi de considérer également l'impact de l'adoption des technologies Internet mobiles par les ménages, pour une connectivité donnée et en contrôlant pour les effets de débordement spatiaux⁸, sur la consommation de denrées alimentaires.⁹

Les données LSMS permettent d'analyser de nombreux indicateurs de performance et de fonctionnement des marchés agricoles, observables au niveau des ménages, des ZE, et des départements des États membres (Tableau 1), couvrant un large champ de problématiques interdépendantes :

1. Digitalisation et prix des denrées agricoles : quel est l'effet de la digitalisation sur le niveau des prix des denrées alimentaires dans les ZE et sur leur dispersion dans les départements des États membres ?
2. Digitalisation et consommation/achat de denrées alimentaires par les ménages :
 - a) Quel est l'effet de digitalisation sur la diversité des produits (auto-)consommés par les ménages ?
 - b) Sur les quantités (auto-)consommées et achetées par les ménages au niveau des départements ?

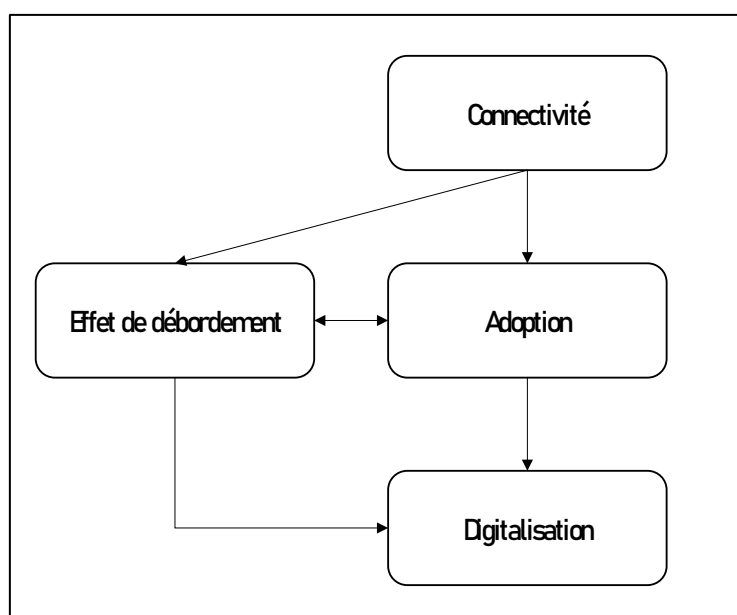
La section suivante revient plus en détail sur les données et variables utilisées dans l'analyse empirique conduite dans ce rapport.

⁸ Les effets de débordement spatiaux comprennent les externalités informationnelles et de réseau des technologies numériques (Marsh et al., 2017 ; Cariolle et Le Goff, 2023) :

- Externalités informationnelles : un ménage sans accès aux télécommunications peut obtenir indirectement une information de marché par l'intermédiaire des acteurs y ayant accès et situés dans son environnement proche.
- Externalités de réseau : l'utilité marginale de l'adoption de la téléphonie mobile ou d'internet croît avec la taille du réseau d'utilisateur. Par ailleurs, l'adoption d'une technologie numérique sera d'autant plus facile et incitative si l'environnement proche est constitué d'un nombre important utilisateurs.

⁹ Enfin, l'effet de la connectivité et de l'adoption des technologies sur l'offre de denrées agricoles sera examiné dans un rapport spécifique, étant donné l'interdépendance entre les décisions de production et les choix professionnels par les ménages. Il est en effet complexe d'étudier l'effet de la digitalisation en équilibre partiel, l'accès et l'usage des technologies numériques pouvant aboutir à diversification des sources de revenu monétaire.

FIGURE 13. LES LEVIERS DE LA DIGITALISATION.



Source : auteurs.

4.2. Données

Cette étude s’appuie principalement sur les Enquêtes Harmonisées sur les Conditions de Vie des Ménages (EHCVM) – « Living Standards Measurement Study » (LSMS) – réalisées dans le cadre du Projet d’harmonisation des enquêtes auprès des ménages de l’Union économique et monétaire ouest-africaine (UEMOA), dans chacun des huit États membres. Ces enquêtes sont représentatives nationalement des zones géopolitiques (aux niveaux urbain et rural) et ont été effectuées en deux vagues (fin d’année 2018 et printemps 2019) pour prendre en compte la saisonnalité de la consommation. Ces données couvrent 59 319 ménages, répartis dans 4 983 zones d’énumérations (ZE), 481 départements, et 106 régions des huit pays de la zone. Dans chacune des zones d’énumérations, 12 ménages, tirés aléatoirement, sont enquêtés. La répartition de l’échantillon dans chacun des pays est représentée dans le Tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1. Répartition de l’échantillon des EHCVM dans l’UEMOA.

	# ménages	# ZE	# départements	# région
Bénin	8 012	670	77	12
Burkina Faso	7 010	585	45	13
Côte d’Ivoire	12 992	1 084	108	33
Guinée-Bissau	5 351	450	46	9
Mali	6 602	551	55	11
Niger	6 024	504	62	8
Sénégal	7 156	598	45	14
Togo	6 172	541	43	6
Total	59 319	4 983	481	106

Source : auteurs. Données tirées des EHCVM (Banque mondiale).

4.2.1. Variables dépendantes

Les enquêtes menées permettent d'obtenir de l'information sur un nombre étendu de problématiques rurales et agricoles, récoltées auprès des ménages/individus, ou auprès de la communauté (zone d'énumération). Le travail de traitement des données aboutit à trois bases de données (BDD) permettant de traiter des problématiques – fonctionnement des marchés, processus de production et demande de denrées alimentaires – combinant trois niveaux d'analyse différents – ménage, zone d'énumération, et département. Le Tableau 2 représente les problématiques abordées, les variables dépendantes utilisées pour les traiter, les modules des enquêtes mobilisés pour calculer ces variables, ainsi que les trois niveaux d'analyse associés à ces dernières. Le Tableau 3 reporte quant à lui les statistiques descriptives de différentes variables dépendantes utilisées dans l'analyse.

Ainsi, l'analyse de **l'effet de la digitalisation sur le fonctionnement des marchés** se concentre sur l'effet de la digitalisation sur le niveau des prix des denrées alimentaires dans les ZE et sur leur dispersion spatiale dans les départements :

- **L'analyse du niveau des prix des denrées alimentaires observés est effectuée au niveau des ZE**, pour l'ensemble des 146 denrées alimentaires vendues dans les ZE de l'UEMOA renseignées dans les enquêtes EHCVM, et pour une sélection de denrées alimentaires¹⁰ parmi les plus couramment échangées dans les ZE de l'UEMOA.
Les prix d'une denrée alimentaire étant très souvent disponibles pour différentes unités de mesure (exemple : petit tas, tas moyen, gros tas de piment), nous gardons pour chaque denrée alimentaire l'unité de mesure la plus couramment échangée dans les ZE de la zone, afin de rendre comparable les prix étudiés.¹¹ Des effets fixes départements-denrée-unité sont inclus dans les estimations économétriques pour tenir compte des écarts de prix intrinsèques aux denrées échangées et des écarts de poids potentiels non-observables existants entre un même couple denrée-unité échangé dans des départements différents.
- **L'analyse de la dispersion des prix des denrées alimentaires s'effectue au niveau des départements**. Les données permettent d'étudier la dispersion géographique des prix – mesurée par l'erreur type des prix – pour l'ensemble des 146 denrées alimentaires échangées dans les départements de l'UEMOA renseignées dans les enquêtes EHCVM.

Ensuite, il a été possible d'analyser **l'effet de la digitalisation sur la demande de denrées alimentaires** à partir de mesures de **diversité** et de **quantités de denrées alimentaires consommées et achetées**, mais aussi en termes de **dépenses alimentaires (et non alimentaires)**, par membre du ménage.¹²

¹⁰ Parmi les quinze denrées échangées dans le plus grand nombre de ZE, nous gardons celles présentes dans au moins sept des huit pays de la zone, soit par ordre décroissant de fréquence : le sel (1 petit sachet), le sucre (1 kg), l'oignon frais (petit tas), le concentré de tomate (1 petite boîte), les tomates fraîches (1 petit tas), le gombo frais (1 petit tas), le riz importé grains/brisé (1 kg), riz long local, l'huile de palme rouge (1 litre), la pâte d'arachide (1 petit sachet), la pomme de terre (1 kg), et le piment (1 petit tas).

¹¹ Cette sélection de produit-unité de mesure est effectuée sur la base de la fréquence observée des transactions dans chaque ZE/département et sur le nombre de pays (sept minimum) où la denrée alimentaire a été vendue. Voir Annexe B.1. Des effets fixes départements-denrée-unité sont inclus dans les estimations économétriques pour tenir compte des écarts de poids potentiels non-observables existants entre un même couple denrée-unité échangé dans des départements différents.

¹² L'analyse des quantités consommées et achetées a été rendue possible par l'utilisation des facteurs de conversion des unités de mesures non standards (exemple : petit tas, tas moyen, gros tas de piment) en grammes, qui étaient disponibles par pays-régions-strate urbaine/rurale (et pour le Bénin et le Togo, par pays-régions-départements-strate urbaine/rurale) et renseignés de manières relativement harmonisée pour ce qui concerne les quantités de denrées alimentaires consommées par les ménages. Ces facteurs de conversion étant

Tableau 2. Variables dépendantes, définitions, et problématiques agricoles.

Variable dépendante :	Expression mathématique	Problématiques agricoles	Niveau d'obs.
Logarithme naturel du prix (CFA) d'une denrée alimentaire j vendue dans la ZE z	$\ln P_{jz}$	Fonctionnement des marchés	ZE (produit)
Coefficient de variation du prix d'une denrée alimentaire j observée au niveau du département d	$CV_{dj} = \frac{\sigma_p}{\bar{P}_{d,j}}$ Avec $\bar{P}$ le prix moyen du produit j et σ_p sont écart-type dans le département d	Fonctionnement des marchés	Dépt (produit)
Logarithme naturel de quantité d'un produit alimentaire j consommé par membre du ménage m au cours des 7 jours précédant l'enquête	$\ln QCO_{j,m}$	Demande de denrées alimentaires	Ménage (produit)
Logarithme naturel de quantité d'un produit alimentaire j donné acheté par par membre du ménage m au cours des 7 jours précédant l'enquête	$\ln QAC_{j,m}$	Demande de denrées alimentaires	Ménage (produit)
Nombre de denrées alimentaires différentes consommées par le ménage m au cours des 7 jours précédant l'enquête	DCO_m	Demande de denrées alimentaires	Ménage
Nombre de denrées alimentaires différentes auto-consommées par le ménage m au cours des 7 jours précédant l'enquête	$DACO_m$	Demande de denrées alimentaires	Ménage
Dépenses de consommation alimentaires annuelles (FCFA, ln) par membre du ménage m	$\ln CONSOAL_m$	Demande de denrées alimentaires	Ménage
Dépenses de consommation non alimentaires annuelles (FCFA, ln) par membre du ménage m	$\ln CONSONAL_m$	Demande de denrées alimentaires	Ménage
Dépenses totales annuelles (FCFA, ln) par membre du ménage m	$\ln CONSO_m$	Demande de denrées alimentaires	Ménage

Source : auteurs. Données tirées des EHCVM (Banque mondiale/UEMOA). L'indice j correspond aux denrées alimentaire ou cultures, m aux ménages, z aux zones d'énumérations, d aux départements.

Tableau 3. Variables dépendantes, statistiques descriptives.

Variables	Niveau d'analyse	Nb obs	Moyenne	Ecart type	Min	Max
Niveau des prix (XOF) :						
Sucre (1 kg)	ZE	3 496	615.4059	139.7956	50	1300
Sel (1 petit sachet)	ZE	3 901	38.91973	27.71263	3.125	250
Oignon frais (petit tas)	ZE	2 768	90.41892	46.2118	25	1000
Pommes de terre (1kg)	ZE	2 468	585.0243	205.7609	125	4500
Concentré de tomate (1 petite boîte)	ZE	3 071	123.9914	94.11596	25	1250

néanmoins sujets à de probables erreurs de mesures, nous incluons dans l'analyse des effets fixes denrées alimentaires-unité de mesure pour limiter ce biais éventuel.

Gombo frais (1 petit tas)	ZE	2 789	59.68534	58.0428	10	2500
Piment (1 petit tas)	ZE	2 413	56.64284	49.89514	5	1000
Riz importé grains/brisé (1 kg)	ZE	2 718	406.468	120.8289	200	4500
Huile de palme rouge (1L)	ZE	2 630	983.5837	330.054	100	5500
Pâte d'arachide (1 petit sachet)	ZE	2 484	97.21618	55.97693	10	1300
Huile d'arachide (1L)	ZE	2 381	910.7589	211.7298	100	4500
Viande de bœuf -avec os (1kg)	ZE	2 133	1964.018	498.2731	750	9000
Poulet sur pied (1 unité)	ZE	2 616	2451.794	813.437	0	5000
Dispersion des prix (tout produit)						
Coefficient de variation (x100=%)	Dept	19,363	0.21	0.24	0	3.598
Diversité alimentaire						
Nb de denrées alimentaires consommés	Ménage	59 318	21.95914	9.464863	1	85
Nb de denrées alimentaires auto-consommés	Ménage	59,322	3.929925	4.03071	0	50
Quantité achetées (grammes, ln) :						
Sel	Ménage	33 136	4.19	1.09	0.93	11.55
Sucre	Ménage	36 227	4.37	1.25	0.85	10.71
Cube alim	Ménage	29 875	2.13	1.30	0.17	8.28
Piment	Ménage	29 494	2.50	1.16	0.23	7.73
Riz importé	Ménage	13 316	6.68	1.45	3.41	12.17
Tomates fraîches	Ménage	22 381	4.17	1.08	1.16	10.63
Huile de palme raffinée	Ménage	12 687	4.05	1.38	0.63	9.43
Afintin Soumbala	Ménage	16 825	2.45	1.06	0.11	7.79
Oignons frais	Ménage	35 310	4.17	1.18	0.78	10.13
Thé	Ménage	8 267	2.40	1.31	0.03	7.97
Ail	Ménage	18 238	2.11	0.97	0.24	7.60
Gombo frais	Ménage	13 977	3.56	1.17	0.54	9.13
Café	Ménage	10 441	4.26	1.27	1.07	8.52
Huile d'arachide	Ménage	10 288	4.43	1.39	1.08	9.21
Huile de palme rouge	Ménage	10 441	4.26	1.27	1.07	8.52
Quantités consommées (grammes, ln) :						
Sel	Ménage	39 961	3.91	0.96	0.14	9.43
Sucre	Ménage	39 190	4.81	1.06	0.29	10.06
Cube alim	Ménage	32 423	2.96	0.96	0.13	8.63
Piment	Ménage	37 098	3.18	1.07	0.13	7.67
Riz importé	Ménage	16 033	6.60	0.77	3.36	10.13
Tomates fraîches	Ménage	25 885	4.85	0.94	1.25	10.08
Huile de palme raffinée	Ménage	13 689	4.42	0.96	0.80	8.96
Afintin Soumbala	Ménage	21 592	2.91	0.96	0.18	7.57
Oignons frais	Ménage	38 549	4.75	0.93	0.00	10.31
Thé	Ménage	13 474	3.18	1.28	0.05	8.16
Ail	Ménage	19 645	2.55	0.91	0.21	7.24
Gombo frais	Ménage	19 678	4.11	1.00	0.76	10.04
Café	Ménage	9 415	2.15	1.34	0.03	8.29
Huile palme rouge	Ménage	13 313	4.22	1.01	0.63	7.66

Dépenses par membre du ménage (XOF, ln) :

Dépenses totales	Ménage	59 318	12.79	0.72	10.0	16.52
Dépenses alimentaires	Ménage	59 318	12.13	0.71	8.55	15.99
Dépenses non alimentaires	Ménage	59 318	11.96	0.85	8.89	16.44

Source : auteurs. Données tirées des EHCVM (Banque mondiale/JEMOA). Notes : a) toutes les denrées alimentaires et statistiques associées ne sont pas représentées dans le tableau. Seules celles des denrées plus échangées y sont reportées ; b) les variables de prix sont transformées en logarithmes dans le cadre de l'analyse économétrique.

4.2.2. Variables d'intérêts

Nous appréhendons le processus de digitalisation dans cette étude par des variables de connectivité, d'adoption des technologies mobiles et Internet.

Connectivité. Nous utilisons les données sur le déploiement spatial des tours de téléphonie cellulaire 2G, 3G et 4G provenant du projet OpenCellID. À partir de ces données, nous calculons trois variables de connectivité :

- La distance du centroïde de la ZE du ménage à la tour 2G, 3G, ou 4G (2G+) la plus proche, en km (ln).¹³
- Une variable muette égale à 1 si le centroïde de la ZE se trouve à moins de 2 km de la tour, zéro autrement.
- Une variable muette égale à 1 si le centroïde de la ZE se trouve à moins de 5 km de la tour, zéro autrement.

Lorsque l'analyse est conduite au niveau des départements, soit lors de l'étude de la dispersion spatiale des prix, nous calculons la couverture 2G+ en pourcentage de la superficie des départements.

Adoption. À partir des données des EHCVM nous mesurons :

- L'adoption de la téléphonie mobile par une variable égale au nombre de téléphones portables au sein du ménage.¹⁴
- L'adoption d'Internet mesurée par une variable muette égale à 1 si le ménage utilise Internet en son sein (Internet mobile et fixe) ou à l'extérieur (travail, bureau, école, université).

Le Tableau 4 reporte les statistiques descriptives de différentes variables dépendantes utilisées dans l'analyse. Ainsi, les statistiques descriptives des variables de digitalisation reportées dans le Tableau 4 montrent que 90 % des ménages ont un téléphone mobile, avec en moyenne deux téléphones mobiles par ménage, et que 30 % des ménages ont accès à Internet. En termes de connectivité, il apparaît que ces mêmes ménages se situent dans des villages distants en moyenne de 14 km de l'antenne 2G, 3G, ou 4G la plus proche.

¹³ L'accès au réseau 2G étant également utile pour accéder aux sites et applications Internet allégées (tels que Facebook Free Basics) (Loper et al., 2023). Les antennes 3G étant plus courantes en zones urbaines que les 2G, nous considérons la distance minimale à tous types d'antenne (2G, 3G, 4G) permettant un accès à Internet.

¹⁴ Cette variable est préférée à une variable muette indiquant la possession d'au moins un téléphone mobile dans le ménage car elle présente une plus grande variabilité (90 % des ménages de l'échantillon ont un téléphone mobile) et permet de mesurer le degré de digitalisation au sein du ménage.

Tableau 4. Variables de digitalisation, statistiques descriptives.

Variable	Unité	# obs	Moy.	Ecart type	Min	Max
Adoption - téléphonie mobile :						
Nb. de tel. mob. dans le men.	Ménage	59 318	1,99	1 788	0	20
Muette tel. mob. dans le men.	Ménage	59 297	0,89	0 307	0	1
Adoption - Internet :						
Muette usage Internet par le men.	Ménage	59 318	0,30	0 460	0	1
Connectivité :						
Distance réseau Internet mobile, km	ZE	4 646	14,22	28,09	0	318,07
Distance réseau Internet mobile, km (ln)	ZE	4 646	1,48	1.60	0	5.76
Muette distance Internet mobile < 5km	ZE	4 644	0.564	0.49	0	1
Muette distance Internet mobile < 2km	ZE	4 645	0.509	0.50	0	1

Source : auteurs. Données tirées des EHCVM (Banque mondiale/UEMOA). Notes : les variables de distance sont transformées en logarithmes dans le cadre de l'analyse économétrique. La variable muette de possession de téléphone dans le ménage n'est pas utilisée dans l'analyse.

4.2.3. Variables de contrôle

Nous contrôlons pour un grand nombre de caractéristiques des ménages et de déterminants du développement agricole local. Ces variables de contrôle et leurs statistiques descriptives associées sont reportées dans les *Tableau 5* et *Tableau 6*.

Caractéristiques des ménages (*Tableau 5*) : nous contrôlons pour les caractéristiques du/de la chef-fe du ménage (CM), soit, son genre, son âge, son degré d'éducation et son alphabétisation, et le statut de son mariage (monogame ou polygame). Nous contrôlons également pour les caractéristiques démographiques des ménages (taille, nombre d'adultes), de son logement, pour son niveau de vie (à travers les différentes acquisitions, telles qu'une télévision, un frigo, etc.), son accès aux infrastructures d'électricité et d'assainissement, son exposition aux chocs idiosyncratiques et covariants de nature diverse (démographiques naturels, économique, dont la définition est présentée en Annexe E), et enfin, par les caractéristiques des exploitations (surface des parcelles sous culture pluviale ou irriguée). Ces variables sont moyennées lorsque l'analyse est conduite aux niveaux des ZE ou des départements.

Caractéristiques des ZE (*Tableau 6*) : le développement économique local par la densité luminosité nocturne, la présence de transports collectifs motorisés, et par une série de variables muettes renseignant sur les deux principales activités économiques exercées dans la ZE. Nous contrôlons également les caractéristiques démographiques de la ZE - c'est-à-dire la densité de population, le nombre de ménages enquêtés et la taille de la population - et les caractéristiques géographiques - c'est-à-dire la topographie de la ZE, son caractère urbain ou rural, sa distance par rapport à la ville la plus proche et son altitude. Enfin, nous utilisons des variables de contrôle ménage moyennées au niveau des ZE (panels C, D, E, F, G du *Tableau 5*) pour contrôler le profil moyen des ménages dans la ZE. Ces variables sont moyennées lorsque l'analyse est conduite au niveau des départements.

Tableau 5. Variables de contrôle ménage, statistiques descriptives.

Variable	# obs	Moyenne	Ecart type	Min	Max
Panel A. Caractéristiques du CM :					
Aucune éducation (O/1)	59 282	0.5998785	0.4899269	0	1
Education primaire (O/1)	59 282	0.1809318	0.3849649	0	1
Secondaire gén 1. (O/1)	59 282	0.095965	0.2945458	0	1
Secondaire gén 2. (O/1)	59 282	0.0530178	0.2240708	0	1
Alphabétisation du CM (O/1)	59 282	0.4863365	0.4998175	0	1
Genre du CM (O/1)	59 282	1.189956	0.3922698	1	2
Age du CM	59 282	45.63658	14.66437	12	105
Marié(e) monogame (O/1)	59 282	0.5876489	0.4922619	0	1
Marié(e) polygame (O/1)	59 282	0.1872913	0.3901484	0	1
Panel B. Caractéristiques démographiques du ménage :					
Taille ménage	59 282	6.171148	4.167168	1	59
Nbr adultes-equiv. FAO	59 282	4.567125	3.06689	0.66	43.265
Panel C. Caractéristiques logement :					
Muette locataire	59 282	0.1627138	0.3691075	0	1
Mur en matériaux définitifs	59 282	0.6710469	0.4698369	0	1
Toit en matériaux définitifs	59 282	0.7518302	0.4319545	0	1
Sol en matériaux définitifs	59 282	0.6477683	0.4776697	0	1
Panel D. Niveau de vie :					
Possède TV (O/1)	59 282	0.3197429	0.4663808	0	1
Possède fer à repasser (O/1)	59 282	0.0406194	0.1974085	0	1
Possède frigo (O/1)	59 282	0.1014305	0.3019004	0	1
Possède cuisine (O/1)	59 282	0.04234	0.2013654	0	1
Possède ordinateur (O/1)	59 282	0.0440775	0.205269	0	1
Possède décodeur (O/1)	59 282	0.1343578	0.3410392	0	1
Possède voiture (O/1)	59 282	0.0286934	0.1669447	0	1
Possède bancarisation (O/1)	59 282	0.169042	0.2653388	0	1
Nb denrées autoconsommées (O/1)	59 282	3.927921	4.028987	0	50
Panel E. Accès infrastructures :					
Utilise réseau élec. (O/1)	59 282	0.3766236	0.4845433	0	1
Utilise élec. solaire/groupe élec. (O/1)	59 282	0.1989643	0.3992245	0	1
Déchets évacués sainement (O/1)	59 282	0.2687662	0.4433218	0	1
Toilettes saines (O/1)	59 282	0.2592861	0.4382466	0	1
Excréments évacués sainement (O/1)	59 282	0.2611923	0.4392882	0	1
Eaux usées évacuées sainement (O/1)	59 282	0.095071	0.2933155	0	1
Panel F : Exposition aux chocs					
Chocs idiosync. Démographiques	59,318	0.3519168	0.4775722	0	1
Chocs idiosyncratiques économiques	59,318	0.1477123	0.3548176	0	1
Chocs covariants naturels	59,318	0.308473	0.4618669	0	1
Chocs covariants économiques	59,318	0.2327624	0.4225956	0	1
Chocs covariants violences	59,318	0.0535251	0.22508	0	1
Autres chocs	59,318	0.0197411	0.1391103	0	1

Panel G. Caractéristiques parcelles :

Ratio surface cult pluviale/irriguée	59 282	6.46242	301.3123	0	50115
Superficie totale des parcelles	59 282	9.40532	401.1745	0	50115

Source : auteurs. Données tirées des EHCVM (Banque mondiale/UEMOA). Note : la muette locataire égale à 1 si le ménage est locataire (17%), 0 si le ménage est propriétaire avec titre de propriété (17%) ou sans titre (58%), ou autre (16%).

Tableau 6. Variables de contrôle zone d'énumération (ZE) ou « communautaires », statistiques descriptives.

Variable	# obs	Moyenne	Ecart type	Min	Max
Développement économique :					
Densité luminosité nocturne	4 618	13.737	17.812	2.85	63.00
Moyen transport collectif motorisé (0/1)	4 618	0.796	0.403	0.00	1.00
Réseau de distribution électrique	4,962	0.539	0.499	0	1
Réseau de distribution d'eau	4,962	0.482	0.500	0	1
Parmi les 2 principales activ. écon. :					
Céréales/tubercules (0/1)	4 620	0.547	0.498	0.00	1.00
Produits de rente (0/1)	4 620	0.131	0.338	0.00	1.00
Produits maraîchers (0/1)	4 620	0.019	0.135	0.00	1.00
Elevage (0/1)	4 620	0.041	0.199	0.00	1.00
Pêche (0/1)	4 620	0.022	0.146	0.00	1.00
Mine, orpaillage (0/1)	4 620	0.002	0.044	0.00	1.00
Commerce (0/1)	4 620	0.086	0.281	0.00	1.00
Artisanat, Transformation (0/1)	4 620	0.113	0.317	0.00	1.00
Services (0/1)	4 620	0.036	0.186	0.00	1.00
Démographie :					
Densité de population	4 618	1181.002	3536.618	0.1317621	34944.11
Nombre de ménages enquêtés	4 618	11.918	0.440	5.00	12.00
Nombre d'habitants dans la ZE	4 618	7.861	1.279	0.00	13.12
Géographie :					
ZE urbaine (0/1)	4 618	0.401	0.490	0.00	1.00
Distance (ln km) de la ville la plus proche	4 618	2.047	1.506	0.00	5.60
Collines/montagnes (0/1)	4 956	0.160	0.366	0.00	1.00
Plaine (0/1)	4 956	0.475	0.499	0.00	1.00
Pente douce (0/1)	4 956	0.231	0.421	0.00	1.00
Pente raide (0/1)	4 956	0.035	0.183	0.00	1.00
Vallée (0/1)	4 956	0.076	0.266	0.00	1.00
Cité lacustre (0/1)	4 956	0.009	0.093	0.00	1.00
Cuvette (0/1)	4 956	0.003	0.057	0.00	1.00
Altitude (m)	4618	226.115	156.444	-168.00	1539.00

Source : auteurs. Données tirées des EHCVM (Banque mondiale/UEMOA).

4.3. Stratégie empirique

4.3.1. Spécification principale

Nous estimons dans cette étude l'effet de la digitalisation ($DIG_{m,z,d}$) sur le développement agricole ($Y_{j,m,z,d}$) à l'échelle des produits échangés/consommés j , des ménages m , des ZE z , ou des départements d , conditionnellement à un certain nombre de variables de contrôle ($X_{m,z,d}$) et d'effet fixes ZE ou département, d'effet fixes vague d'enquêtes v , d'effet fixes produits alimentaires-unité de mesure j , et lorsque l'analyse est conduite au niveau des produits consommés/achetés par les ménages ($D_{z,d,v,j}$). La digitalisation ($DIG_{m,z,d}$) est envisagée du point de la connectivité numérique (CON_z), lorsque l'analyse est conduite au niveau des ZE ou des départements, et de l'adoption de la téléphonie mobile et d'Internet (AD_m), lorsque l'analyse est conduite au niveau des ménages.

L'analyse empirique procède donc à l'estimation économétrique de la fonction générale suivante

$$Y_{j,m,z,d} = F(DIG_{m,z,d}; X_{m,z,d}; D_{z,d,v,j}) \quad (1a)$$

$$DIG_{m,z,d} = G(CON_z; AD_m) \quad (1b)$$

Dont la calibration et l'échelle d'analyse seront adaptées à la problématique agricole envisagée.

4.3.2. Stratégie d'identification et modèle de base

L'analyse empirique de l'effet causal de la digitalisation sur le développement agricole est affaiblie par un biais de simultanéité – le développement agricole, ou économique de manière générale, pouvant aboutir à une meilleure connectivité et une plus grande capacité d'absorption des technologies numériques par les ménages – et un biais de variables omises induit par des caractéristiques inobservables des ménages, ZE, et départements potentiellement corrélées avec les variables dépendantes considérées dans notre analyse.

Pour neutraliser ces biais de simultanéité et de variables omises potentiels, nous adoptons ici l'approche par variables instrumentales proposée par Manacorda et Tesei (2020) et Guriev et al. (2021), consistant à exploiter la variation spatiale dans l'exposition des ZE aux impacts des foudres pour prédire l'étendue de l'expansion du réseau d'antennes 2G, 3G, et 4G. En effet, il est reconnu qu'une forte exposition à la foudre cause des phénomènes de surtensions électriques endommageant l'infrastructure de réseaux mobiles, entraînant une usure plus rapide de l'équipement et affectant la qualité de la connectivité (ITU, 2003 ; Andersen et al., 2012 ; Martin 2016 ; Manacorda & Tesei, 2020 ; Guriev et al., 2021). La protection de ces équipements contre la foudre existe mais elle reste très coûteuse et encore peu déployée en ASS. Ainsi, du fait des coûts de déploiement et de maintenance plus élevés, et d'une moindre qualité de connectivité, nous nous attendons à une moindre couverture réseau et un taux d'adoption des technologies mobiles et Internet moindre dans les zones plus exposées à ce risque.

Nous calculons ainsi la fréquence annuelle moyenne des impacts de foudres, enregistrée sur la période 1998-2013 à partir de l'ensemble de données *LIS 0.1 Degree Very High Resolution Gridded Lightning Full Climatology* (VHRFC)¹⁵. Les impacts de foudres sont observés et localisés par grille par le *Lightning Imaging Sensor*, (Capteur d'imagerie des foudres, LIS), un instrument du satellite *Tropical Rainfall Measurement Mission* (TRMM), du 1er janvier 1998 au 31 décembre 2013 (Albrecht et al.,

¹⁵ En français, Climatologie complète de l'impact de foudres à très haute résolution.

2016).¹⁶ Nous suivons l'approche similaire à Guriev et al. (2021) et pondérons cette moyenne par la densité de population de la ZE considérée :

$$\text{Risque_foudre}_z = \text{Freq_foudre}_z^{1998-2013} \times \frac{1}{1 + \text{Densitépop}_z^{2015}} \quad (2)$$

$\text{Freq_foudre}_{1998-2013}$ est la fréquence journalière moyenne des impacts de foudre observés dans la ZE z sur la période 1998-2013, et $\text{Densitépop}_z^{2015}$ la densité de la population observée dans la ZE en 2015. Nous considérons l'intensité moyenne quotidienne des coups de foudre (la variable VHRAC dans l'ensemble de données) comme une mesure de l'exposition structurelle à la foudre, parce que la moyenne calculée sur une base quotidienne et sur une période de 15 ans permet de purger l'activité orageuse résultant de facteurs climatiques saisonniers intra-annuels (saison des pluies ou saison sèche) et cycliques interannuels (par exemple, causés par le phénomène El Nino). Nous considérons que l'exposition à la foudre purgée de ces composantes cycliques est plus importante pour la planification du déploiement, la protection et la maintenance des tours cellulaires par les opérateurs. Par ailleurs, les zones densément peuplées où la demande de connectivité est plus forte constituent un facteur structurel pouvant atténuer l'impact de l'exposition aux foudres sur le déploiement des antennes réseaux, en accroissant les économies d'échelle et en réduisant les coûts relatifs de protection et de maintenance des antennes exposées à ce risque. La densité de population intervient donc au dénominateur de la variable de risque de foudre (et additivement comme variable de contrôle). Les statistiques descriptives de la variable instrumentale de foudre pondérée, et de ses composantes séparées, sont données dans le Tableau 7.

La validité de l'instrument pourrait cependant être mise en question dans le cas d'un effet direct de l'exposition à la foudre sur l'activité agricole dans les ZE et sur les revenus et le bien-être des ménages, au travers par exemple d'une pluviométrie plus forte ou alors d'incendies affectant les cultures. Notre approche limite ce biais potentiel en construisant l'instrument à partir de données de foudre datant de la période 1998-2013, largement antérieure à la période de collecte des données utilisées dans l'étude. Par ailleurs, les estimations conduites aux niveaux des zones d'énumération et des ménages incluent des effets fixes département et des effets fixes ZE, respectivement, permettant ainsi de contrôler pour des facteurs non observables locaux tels que l'effet direct des conditions météorologiques sur l'activité et l'organisation des marchés agricoles à un niveau désagrégé. Enfin, nous contrôlons au niveau des ménages pour l'occurrence de chocs covariants et idiosyncratiques – humains, naturels et économiques – en incluant un set de variables muettes de chocs, décrites en Annexe E. Ainsi, pour l'ensemble de ces raisons, nous considérons que le risque d'invalidité de l'instrument résultant de ces facteurs reste limité.

¹⁶ Les données satellitaires ne sont disponibles publiquement que pour les années antérieures à 2013. Néanmoins, calculer l'exposition à cet aléa sur une période ancienne est pertinent si l'on souhaite obtenir une approximation du risque d'impact foudre pour une zone donnée. Nous avons ainsi calculé le nombre annuel moyen de foudres pour notre analyse, qui comprend des moyennes mobiles de 49 jours et de 1 degré pour éliminer le cycle diurne et lisser les régions ayant un faible taux d'impact de foudres. Après avoir téléchargé les données, nous avons extrait le nombre annuel moyen de foudres pour chaque ZE en utilisant trois méthodes différentes. La première méthode a consisté à extraire la valeur ponctuelle simple du fichier raster au centroïde de chaque ZE. La deuxième méthode est une extraction bilinéaire qui consiste à calculer la moyenne pondérée par la distance des valeurs des quatre cellules du fichier raster les plus proches du centroïde de chaque ZE. La troisième méthode est une extraction polygonale qui consiste à calculer la moyenne zonale pondérée, c'est-à-dire la moyenne de toutes les cellules couvertes par le polygone représentant une zone tampon de 2 km autour du centroïde d'une ZE urbaine et de 10 km autour du centroïde d'une ZE rurale. Les résultats présentés sont obtenus à partir de la première méthode, mais restent robustes à l'utilisation des deux autres. Enfin, pour calculer le nombre annuel moyen de foudres au niveau district, nous avons superposé à la couche matricielle un fichier de forme contenant les limites administratives des districts pour les huit pays de l'enquête EHCVM de l'UEMOA. Nous avons ensuite extrait le nombre annuel moyen de foudres à l'intérieur de chaque district administratif.

Nous estimons ensuite l'équation de première étape suivante au niveau de la ZE :

$$CON_z = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot Risque_foudre_z + \Gamma \cdot X_z + D_t + D_d + \epsilon_z \quad (3)$$

CON_z est une variable de connectivité, mesurée par la distance du centroïde de la ZE à l'antenne Internet mobile (2G, 3G ou 4G) la plus proche, ou par une variable muette indiquant si ce centroïde se situe dans un périmètre de 2km (ou 5km) de l'antenne la plus proche. X_z est un set de variables contrôlant pour les caractéristiques des ZE et ménage (moyennées), présentées dans la sous-section 4.2.3 (Tableau Tableau 6). D_d et D_t sont respectivement des effets fixes département et vagues d'enquête, contrôlant pour l'hétérogénéité inobservable dans les départements ou au moment où les vagues 1 (2018) et 2 (2019) des enquêtes ont été conduites. ϵ_z est un terme d'erreur. Les erreurs standards sont robustes à l'hétéroscédasticité et regroupées au niveau des départements de chaque pays.

Tableau 7. Variable instrumentale, statistiques descriptives.

Variable	# obs (ZE)	Moyenne	Ecart type	Min	Max
VI- Risque foudre	4 646	0.0000846	0.0002446	0	0.003641
Freq. Foudre 2010-15	4 646	0.0081199	0.0166799	0	0.1143522
Densité pop 2015	4 646	1171.802	3521.136	0.1317621	34944.11

Source : auteurs. Données tirées de la NASA.

Les résultats d'une estimation en MCO de l'équation (3) en utilisant les différentes variables de connectivité CON_z et en contrôlant seulement pour les caractéristiques des ZE sont reportés dans le Tableau 8 ci-dessous. Le détail des estimés des variables contrôles (X_z) est donné en Annexe B.2. Les résultats montrent que le risque de foudre accroît significativement la distance aux antennes, et réduit significativement la probabilité de se trouver dans un rayon de 2km de ces antennes (également 5km, voir annexe B.2). Ainsi, l'augmentation d'un écart type du risque de foudre augmente en moyenne de 1,86 km la distance au réseau Internet mobile, correspondant à une augmentation de 13 % de la distance moyenne à ces antennes (colonne (1)). Ces résultats de première étape confirment donc la pertinence de l'instrument.

Tableau 8. Équation (3), estimation par MCO.

	(1) Dist. Res. (km)	(2) Dist. Res. (ln, km)	(3) Dist < 5km (0/1)	(4) Dist < 2km (0/1)
VI – Risque foudre	7599.9*** (2018.4)	786.5*** (116.1)	-258.6*** (37.54)	-256.8*** (48.44)
Contrôles (X_z)	Oui	Oui	Oui	Oui
EF département	Oui	Oui	Oui	Oui
EF vague	Oui	Oui	Oui	Oui
Observations (ZE)	4 646	4 646	4 644	4 645
R2	0.846	0.766	0.640	0.664

Erreurs standard entre parenthèses, robustes à l'hétéroscédasticité et regroupées par département. * $p < 0,1$, ** $p < 0,05$, *** $p < 0,01$.

5. ANALYSE EMPIRIQUE : MODELES ET RESULTATS

Nous procédons à l'analyse économétrique de l'effet de la digitalisation sur le fonctionnement des marchés agricoles, sur la consommation et l'achat de denrées agricoles par les ménages de la zone UEMOA.

5.1. Digitalisation et prix de marché des denrées alimentaires

L'analyse des effets de la digitalisation sur le fonctionnement des marchés agricoles est, selon la variable dépendante retenue, effectuée à l'échelle des produits vendus dans la ZE ou du département.

5.1.1. Test d'hypothèse et modèle économétrique

Nous commençons par étudier la question de la relation entre digitalisation, mesurée ici par la proximité au réseau Internet mobile, et le niveau moyen des prix des denrées alimentaires observés dans les ZE. Nous attendons d'un meilleur accès à l'information de marché un rééquilibrage spatial de l'offre et de la demande de produits agricoles. De nombreuses études empiriques réalisées en zones rurales sub-sahariennes tendent à conforter cette hypothèse, soit, d'une hausse des prix des produits agricoles payés à la ferme, ou des prix de marché, consécutive à l'amélioration de l'accès aux TIC pour les ménages (Svensson & Yanagizawa, 2009 ; Muto & Yamano, 2009 ; Courtois & Subervie, 2014 ; Aker & Fafchamps, 2015 ; Abate et al., 2023). Il résulte de ces mécanismes de réallocation une réduction de la dispersion spatiale des prix des denrées alimentaires (Aker, 2010 ; Aker & Fafchamps, 2015).

Nous nous intéressons donc à l'effet de la connectivité Internet mobile sur le prix des denrées alimentaires en estimant par la méthode des MCO, et dans une prochaine sous-section par variable instrumentale, l'équation suivante :

$$\text{Ln } P_{z,j} = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{CON}_z + \Gamma \cdot X_z + D_t + D_{d,j} + \varepsilon_{z,j} \quad (4)$$

$\text{Ln } P_{z(j)}$ est le logarithme naturel du prix des denrées alimentaires j dans la ZE z . Les erreurs standards sont robustes à l'hétéroscédasticité et regroupées au niveau des ZE. En plus de l'ensemble de variables de contrôle de base (X_z), utilisées pour estimer l'équation (3), nous contrôlons également pour la diversité des denrées échangées et des cultures pratiquées par les ménages dans chaque ZE (variables décrites dans le Tableau 2).¹⁷

Dans un premier temps, l'analyse est conduite sur les niveaux de prix à la consommation de l'ensemble des denrées alimentaires échangées dans les ZE. Ensuite, nous restreignons l'échantillon aux couples de denrées-unités de mesure les plus couramment échangées dans les ZE de l'UEMOA. L'annexe B.1 détaille et classe par ordre décroissant chaque couple selon le nombre de ZE par pays les échangeant.¹⁸ Nous introduisons également des effet-fixes département-denrée-unité pour capturer les différences intrinsèques de prix entre les différents couples de denrée-unité, y compris celles potentiellement induites par les différences de poids observées pour un même couple denrée-unité de mesure échangé dans des départements différents.¹⁹ Cette analyse permet ainsi d'analyser

¹⁷ Les résultats restent robustes à l'exclusion ces deux variables.

¹⁸ Pour chaque denrée, nous avons gardé l'unité de mesure la plus couramment échangée dans les ZE de l'UEMOA. Ensuite nous avons classés ces couples denrée-unité par nombre de ZE les échangeant dans la zone. Voir Annexe B.1.

¹⁹ Nous considérons que les différences intrinsèques de prix, par exemple entre petit tas de tomates et un sac d'un kilogramme de riz long local, sont reflétées par des différences d'ordonnée à l'origine, et donc capturées par les EF produits-unités.

l'effet de la digitalisation, plus particulièrement de la connectivité au niveau des ZE, sur le niveau général des prix des denrées alimentaires.

Dans un deuxième temps, l'analyse est conduite, sans EF produits-unités, sur le niveau de prix ($\ln P_{z,i}$) de chacun des 15 couples produits-unités les plus échangés (voir Tableau 3 et annexe B.1.), séparément, en leur imposant d'être échangés dans au moins sept des huit pays de l'UEMOA. L'équation est estimée par MCO et par VI (double moindres carrés). Le Tableau 9 reporte les résultats des estimations en MCO, avec et sans variable de contrôle, de l'équation (4). L'annexe B.3 reporte le détail des estimés associés aux variables de contrôle. Ces premiers résultats mettent en avant un effet positif et significatif de la connectivité mobile sur le niveau général des prix des denrées alimentaires, et sont robustes à l'inclusion des variables de contrôles. Les estimations à partir des variables muettes de localisation des ZE à moins de 2km et 5km des antennes (colonnes (6) et (8)) suggèrent que se trouver dans ces deux périmètres augmente respectivement les prix des denrées alimentaires de 1,4 % et de 1,3 %.

Tableau 9. Équation (4), Estimation par MCO.

Var. dép.: $\ln P_{z,i}$	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Distance 2G/3G/4G (ln, km)	-0.015*** (0.00132)			-0.006*** (0.002)		
2/3/4G<2km (0/1)		0.037*** (0.004)			0.012*** (0.004)	
2/3/4G<5km (0/1)			0.035*** (0.003)			0.013*** (0.004)
Contrôles (X_z)	Non	Non	Non	Oui	Oui	Oui
EF département-produit-unité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
EF vague	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Observations	133 006	132 936	132 941	129 740	129 670	129 687
R^2	0.967	0.967	0.967	0.967	0.968	0.968

Erreurs standard entre parenthèses, robustes à l'hétéroscédasticité et regroupées par ZE. * p < 0,1, ** p < 0,05, *** p < 0,01.

Le Tableau 10 reporte les estimations obtenues par la méthode des doubles moindres carrés (DMC). L'annexe B.4 reporte le détail des estimés associés aux variables de contrôle. Les statistiques de première étape associées à l'utilisation de la variable de distance aux antennes (colonnes (1) et (3)) suggèrent que le risque de biais résultant d'instrument faible est limité : les statistiques de Wald de Kleibergen-Paap (KP) excède largement la valeur de 10^{20} , le test d'Anderson-Rubin rejette l'hypothèse de non validité de l'instrument dans un intervalle de confiance de 99 %, et le test de sous-identification de KP rejette l'hypothèse de sous-identification dans un intervalle de confiance de 95 %.

Les estimations par VI montrent que l'effet de la connectivité était précédemment sous-estimé. Les estimations effectuées avec les muettes de proximité (colonnes (2) et (3)) suggèrent que le déploiement des antennes de réseau mobile dans un périmètre de 2km ou 5km des ZE accroît d'environ 10 % le niveau général des prix des denrées alimentaires au sein de ces ZE. Ces estimés se

²⁰ La règle d'or d'imposer un KP F-test supérieur à 10 pour s'assurer de la force des instruments est depuis contestée, le test d'Anderson-Rubin et le F-test effectif lui étant préféré (Andrews et al., 2019).

trouvent dans une fourchette d'augmentation similaire à celles mises en évidence par de nombreuses études sur ce sujet, ce qui tend à confirmer leur pertinence.²¹

Tableau 10. Connectivité et niveau des prix des denrées alimentaires : Estimation de l'équation (3) par DMC.

Var. dép.: Ln P _{zi}	(1)	(2)	(3)
	Estimation de 2e étape		
Distance 2G/3G/4G (ln, km)	-0.037*** (0.011)		
2/3/4G <2km (0/1)		0.111*** (0.035)	
2/3/4G <5km (0/1)			0.103*** (0.032)
Contrôles	Oui	Oui	Oui
EF département- produit-unité	Oui	Oui	Oui
EF vague	Oui	Oui	Oui
Observations	129 740	129 670	129 687
Anderson-Rub. F-test (p-val)	0.000749	0.000802	0.000742
KP Wald F-stat	67.23	47.24	65.34
KP rank LM-stat	47.52	31.70	29.50

Erreurs standard entre parenthèses, robustes à l'hétéroscédasticité et regroupées par ZE. * p < 0,1, ** p < 0,05, *** p < 0,01.

Nous nous intéressons par la suite à l'effet de la connectivité sur le niveau du prix de certaines denrées alimentaires, prises individuellement. Nous reportons dans le Tableau 11 ci-dessous les résultats pour les denrées alimentaires dont le prix est significativement affecté par la connectivité mobile. Sur les 15 produits les plus échangés, cinq ont vu leur prix significativement affecté par la connectivité. Ainsi, la proximité du réseau Internet mobile a causé une augmentation du prix du sel (petit sachet) de 37-38 %, du gombo frais (petit tas) et du piment (petit tas) de 42 % et 46 % ; et une baisse du prix de la pomme de terre (1kg) de 28,6 %, et de la viande de bœuf (1kg) de 19-23 %. Ainsi, si une augmentation du niveau moyen des prix des denrées alimentaires dans les zones connectées a été observée, l'effet de la connectivité est hétérogène selon type de denrée considérée.

Tableau 11. Équation (3), Estimation par DMC, par denrées alimentaires les plus échangées.

Var. dép.: Ln P _{zi}	(1)	(2)	(3)
	Sel - sachet – petit		
Distance 2G/3G/4G (ln, km)	-0.134** (0.054)		
2/3/4G <2km (0/1)		0.366** (0.156)	
2/3/4G <5km (0/1)			0.385** (0.174)
Observations	3 631	3 630	3 631
Anderson-Rub. F-test (p-val)	0.0118	0.0118	0.0118
KP Wald F-stat	44.57	42.97	40.66
KP rank LM-stat	28.23	22.17	18.33

²¹ Voir Cariolle et Aker (2023) pour une revue récente de ces études. Parmi celles-ci, Svensson et Yanagizawa (2009) mettent en évidence une augmentation de 15 % du prix de vente du maïs suivant l'accès aux TIC en Ouganda. Nakasone (2013) met en avant une augmentation du niveau général des prix de vente des denrées agricoles de 11 %-13 % au Pérou. D'autres études trouvent également que l'accès aux TIC induit une augmentation de 10 % du prix du maïs et de 7 % de celui de l'arachide (Courtois & Subervie, 2014). Une autre étude randomisée récemment conduite au Ghana a mis en évidence que fournir l'information sur les prix de marché aux petits exploitants Ghanéens aboutit à une augmentation de 9 % du prix de l'igname (Soldani et al., 2023).

Pomme de terre – kg			
Distance 2G/3G/4G (ln, km)	0.110** (0.045)		
2/3/4G <2km (0/1)		-0.286*** (0.110)	
2/3/4G <5km (0/1)			-0.351** (0.156)
Observations	2 204	2 203	2 204
Anderson-Rub. F-test (p-val)	0.0117	0.0117	0.0117
KP Wald F-stat	18.63	16.57	13.14
KP rank LM-stat	15.26	16.76	10.74
Gombo frais (petit tas)			
Distance 2G/3G/4G (ln, km)	-0.133** (0.066)		
2G<2km (0/1)		0.420* (0.219)	
2G<5km (0/1)			0.415* (0.215)
Observations	2 568	2 567	2 567
Anderson-Rub. F-test (p-val)	0.0410	0.0324	0.0331
KP Wald F-stat	49.32	19.47	34.68
KP rank LM-stat	35.65	7.925	7.998
Piment (petit tas)			
Distance 2G/3G/4G (ln, km)	-0.135* (0.071)		
2/3/4G <2km (0/1)		0.462* (0.261)	
2/3/4G <5km (0/1)			0.421* (0.229)
Observations	2 184	2 184	2 183
Anderson-Rub. F-test (p-val)	0.0537	0.0537	0.0548
KP Wald F-stat	35.19	18.69	30.74
KP rank LM-stat	36.81	24.68	27.29
Viande de boeuf (1kg)			
Distance 2G/3G/4G (ln, km)	0.069*** (0.022)		
2/3/4G <2km (0/1)		-0.237*** (0.084)	
2/3/4G <5km (0/1)			-0.192*** (0.063)
Observations	1 957	1 956	1 956
Anderson-Rub. F-test (p-val)	0.000319	0.000321	0.000316
KP Wald F-stat	36.93	17.06	30.13
KP rank LM-stat	28.55	15.48	19.26
(X ₂)	Oui	Oui	Oui
EF département	Oui	Oui	Oui
EF vague	Oui	Oui	Oui

Erreurs standard entre parenthèses, robustes à l'hétéroscédasticité et regroupées par ZE. * p < 0,1, ** p < 0,05, *** p < 0,01.

Cette augmentation moyenne des prix à la consommation des denrées alimentaires consécutive à l'amélioration de la connectivité est un résultat pouvant sembler *a priori* surprenant. Pourtant, ce résultat corrobore ceux d'études empiriques de référence menées en zones rurales ouest africaines, mentionnées précédemment (Aker & Cariolle, 2023). Plusieurs explications, non exclusives, peuvent être avancées pour l'expliquer. Premièrement, l'accès à une meilleure information de marché pour les agriculteurs ou les négociants peuvent les amener à accroître le nombre de marchés et le

périmètre géographique de leur offre agricole, et ainsi réallouer leur offre initialement dans certains marchés en surabondance, vers des marchés plus éloignés mais où la demande est plus forte et où les prix sont plus élevés (Tack & Aker 2014 ; Aker & Fafchamps, 2015). Deuxièmement, l'effet positif de la connectivité sur le niveau des prix de denrées agricoles pourrait également s'expliquer par le canal de la demande, soit, par l'amélioration du pouvoir d'achat des ménages agricoles situés en zone rurale résultant de l'amélioration de la productivité de leur exploitation, de la diversification des sources de revenus et d'un meilleur accès au marché du travail, ou encore de l'accès à des services financiers mobiles (monnaie mobile).²²

Nous tâchons de tester l'hypothèse d'une convergence spatiale des prix dans la sous-section suivante. Le canal de la demande est testé dans la section 5.2.

5.1.2. Hétérogénéité spatiale et convergence des prix

L'hétérogénéité de l'effet de la connectivité sur les prix peut s'expliquer par le rééquilibrage spatial de l'offre de denrées alimentaires entre zones urbaines et zones rurales. Nous explorons cette possibilité en augmentant le modèle économétrique de base par l'inclusion d'un terme d'interaction entre la variable de connectivité (CON_z) et la localisation en zones urbaines (URB_z).

$$\ln P_{z,j} = \gamma_0 + \gamma_1 \cdot CON_z + \gamma_2 \cdot CON_z \times URB_z + \gamma_3 \cdot URB_z + \Gamma \cdot X_z + D_{d,j} + D_t + \omega_{z,j} \quad (4)$$

URB_z est une variable prenant la valeur de 1 si la ZE est une zone urbaine, 0 autrement. Nous instrumentons la variable de connectivité et le terme d'interaction par l'instrument ($Risque_foudre_z$) seul et également interagi avec la variable muette de zone urbaine ($Risque_foudre_z \times URB_z$).

Les statistiques du Chi2 de Sanderson-Windmeijer (SW) associées à chacune des deux équations d'instrumentation sont reportées afin de s'assurer que chaque régresseur endogène ne soit pas sous-identifié individuellement. Les résultats sont reportés dans le Tableau 12. Les statistiques de première étape confirment la validité de l'instrument, plus particulièrement lorsque les variables muettes de proximité au réseau sont instrumentées. Les résultats mettent en évidence l'hétérogénéité spatiale de l'effet de la connectivité et supportent l'hypothèse de convergence des prix des biens alimentaires entre zones urbaines et rurales, tirée par un rattrapage des prix en zone rurale. En effet, les estimations montrent que la proximité aux antennes de réseau mobile accroît significativement le niveau général des prix des denrées alimentaires en zone rurales, alors que son effet est marginal, voire nul, en zone urbaine.

Tableau 12. Equation (4), Estimation par DMC, toutes denrées alimentaires.

Var. dép.: $\ln P_{z,i}$	(1)	(2)	(3)
Distance 2G+ (ln, km) – (A)	-0.050*** (0.012)		
Distance 2G+ x urbain (0/1) – (B)	0.046** (0.020)		
Dist 2G+ <2km (0/1) – (A)		0.152*** (0.039)	
Dist 2G+ <2km x urbain (0/1) – (B)		-0.119*** (0.046)	
Dist 2G+ <5km (0/1) – (A)			0.139*** (0.035)

²² L'amélioration de la productivité agricole ou de l'accès au marché du travail permis par l'usage des technologies numériques ne peut pas être testé en l'état actuel du traitement des données. Nous envisageons de traiter cette problématique spécifique dans le deuxième rapport, dédié à l'effet de la digitalisation sur l'offre de biens agricole et l'accès au marché du travail.

Dist 2G+ <5km x urbain (0/1) – (B)			-0.121** (0.060)
Contrôles	Oui	Oui	Oui
EF département- produit-unité	Oui	Oui	Oui
EF vague	Oui	Oui	Oui
Observations	129,740	129,670	129,687
Anderson-Rub. F-test (p-val)	3.42e-05	3.84e-05	3.23e-05
KP Wald F-stat	11.28	23.78	10.22
KP rank LM-stat	12.84	37.73	7.637

Erreurs standard entre parenthèses, robustes à l'hétéroscédasticité et regroupées par département. * p < 0,1, ** p < 0,05, *** p < 0,01.

5.1.3. Digitalisation et dispersion spatiale des prix

Enfin, dans une dernière étape, nous étudions l'impact de la couverture réseau sur la dispersion spatiale des prix des denrées alimentaires. Dans l'esprit de la littérature empirique sur cette question précise (Aker, 2010 ; Aker & Fafchamps, 2015), nous intéressons plus particulièrement à l'impact de la couverture du réseau 2G, 3G, ou 4G (2G+), exprimée en % de la superficie du département, sur l'erreur type du niveau des prix des denrées alimentaires, transformée en logarithme. Nous raisonnons ici au niveau du département car les prix sont observés au niveau des ZE.

$$CV_{d,j} = \delta_0 + \delta_1 \cdot CON_d + \Gamma \cdot \overline{X_d} + \gamma_3 \cdot \ln \overline{P_{d(j)}} + D_{r,j} + \omega_{d,j} \quad (5)$$

$CV_{d,j}$ est le coefficient de variation des prix des denrées alimentaires j observés dans les ZE, calculé au niveau du département d . $\overline{X_d}$ est un set de variables de contrôle des caractéristiques des ZE et des ménages moyennées au niveau des départements (voir *Tableau 5*), moyennées au niveau des départements. Nous contrôlons également pour le prix moyen (FCFA, en logarithme) de la denrée alimentaire j observée dans le département d , $\ln \overline{P_{d(j)}}$. $D_{r,j}$ est un effet fixe région-denrée-unité de mesure, afin de contrôler pour l'hétérogénéité inobservable des régions et des denrées alimentaires qui y sont échangées. ω_d est un terme d'erreur. Les erreurs standards sont robustes à l'hétéroscédasticité et regroupées au niveau des région-denrée-unité.

Les résultats sont reportés dans le *Tableau 13* ci-dessous. Les résultats reportés en colonne (1) ne permettent pas de conclure à un effet significatif de la couverture Internet mobile sur la dispersion des prix. En revanche les statistiques de première étape pointent unanimement la faiblesse de notre instrument, tel que calculé au niveau des départements. Il est possible que la pondération du degré d'impact de foudres par la densité de population soit pertinente pour un niveau d'analyse désagrégé comme les ZE, mais qu'elle ne le soit plus à un niveau plus agrégé comme les départements, présentant en leur sein des densités de population hétérogènes. C'est pourquoi nous réestimons l'équation (5) en utilisant comme instrument l'impact moyen de foudres, non pondéré, observé au niveau des départements. Les statistiques de première étape confirment la validité de l'instrument non pondéré, et l'estimation en deuxième étape met en évidence un effet négatif et significatif à 5 % de la couverture Internet mobile sur la dispersion de prix des denrées alimentaires. Selon nos estimés, un accroissement de 10 % de la couverture réseau conduit en moyenne à une diminution de 9 % de l'erreur-type des prix des denrées alimentaires. Ce résultat se situe donc dans la fourchette des estimations réalisées par Aker (2010) et Aker et Fafchamps (2015) de l'effet de couverture réseau mobile sur la dispersion des prix des céréales au Niger.

Tableau 13. Équation (5), Estimation par DMC, toutes denrées alimentaires.

Var. dép.: $CV_{d,j}$	(1)	(2)	(3)
Estimation de 2e étape			
Couverture 2G+ (% dpt)	0.038 (0.400)	-0.518** (0.205)	-0.524** (0.205)
$\ln P_{d,j}$			0.000*** (0.000)
Variable instrumentale :	Impacts de foudre pondéré	Impacts de foudre non pondéré	
Contrôles	Oui	Oui	Oui
EF région-produit-unité	Oui	Oui	Oui
Observations	19,399	19,399	19,399
AR. F-test (p-val)	0.924	0.00598	0.00518
KP Wald F-stat	32.66	41.82	41.77
KP rank LM-stat	54.72	41.51	41.47

Erreurs standard entre parenthèses, robustes à l'hétéroscédasticité et regroupées par région-produit-unité. * $p < 0,1$, ** $p < 0,05$, *** $p < 0,01$.

5.1.4. Le canal de la demande

Alors que le canal de l'offre a été largement étudié par la littérature, le rôle de la demande dans l'explication de la dynamique des prix a souvent été négligé. Cependant, l'augmentation du niveau général des prix des aliments et la convergence spatiale des prix peuvent s'expliquer par une demande accrue, en particulier dans les zones rurales, puisque les ménages sont souvent à la fois producteurs et acheteurs sur les marchés alimentaires. La numérisation, en favorisant la productivité agricole, l'inclusion financière, ou en améliorant l'accès des ménages au marché du travail et aux sources de revenus hors exploitation, peut augmenter leur pouvoir d'achat, et donc la demande de produits alimentaires. Cependant, l'augmentation de la demande alimentaire peut également résulter de revenus agricoles plus élevés dus à des prix plus élevés des produits agricoles.

Pour y voir plus clair, nous testons le canal de la demande en incluant d'abord dans l'équation (4) le terme d'interaction entre la distance au réseau mobile et les dépenses alimentaires (FCFA, $\ln$) extrapolées au niveau de la ZE.²³ Nous contrôlons également de manière additive pour les dépenses alimentaires et non alimentaires dans la ZE. Les résultats sont présentés dans le Tableau 14 ci-dessous. Les estimations confirment la pertinence du canal de la demande, puisque le terme d'interaction est positif et significatif à 1 %, tandis que les variables de dépenses seules sont soit négatives, soit nulles. Ensuite, nous contrôlons dans les colonnes (5) et (6) pour les ventes agricoles totales extrapolées au niveau des ZE²⁴, afin de s'assurer que l'effet demandé estimé ne résulte pas d'une causalité inverse, c'est-à-dire que des prix alimentaires plus élevés génèrent des revenus agricoles plus élevés et donc des achats alimentaires plus importants. Les coefficients estimés ne sont pas altérés par l'inclusion du niveau des ventes agricoles, soutenant ainsi la pertinence du canal de la demande pour expliquer le rattrapage des prix alimentaires dans les zones rurales. Suite à ces éléments probants, la sous-section suivante aborde plus en détail l'impact de la numérisation sur la demande de produits alimentaires des ménages.

²³ Nous extrapolons les dépenses (alimentaires) au niveau de la ZE en calculant la moyenne des dépenses par membre des ménages enquêtés dans la ZE, en la multipliant le résultat par la taille de la population de la ZE, puis le transformons en logarithme.

²⁴ Dans le même esprit que les dépenses dans les ZE, nous calculons d'abord les ventes agricoles totales des ménages en additionnant les ventes du ménage par produit, divisons le résultat par la taille du ménage, en faisons la moyenne au niveau de l'EA, multiplions le résultat par la taille de la population de l'EA, et enfin le transformons en logarithme.

Tableau 14. Connectivité mobile et le canal de la demande, Equation (4), DMC.

Var. dép.: $P_{zi}(\text{FCFA, ln})$	(1)	(2)	(3)
Distance (km, ln)	0.131** (0.061)		
Distance (km, ln) × Dépenses alim. ZE	-0.008*** (0.003)		
Dist 2G+ <2km (0/1)		-0.424** (0.185)	-0.572* (0.297)
Dist 2G+ <2km (0/1) × Dépenses alim. ZE		0.026*** (0.010)	0.033** (0.015)
Dépenses alim. ZE (FCFA, ln)	-0.000 (0.007)	-0.014 (0.009)	-0.006 (0.009)
Dép. non alim. ZE. (FCFA, ln)	0.000 (0.007)	-0.001 (0.008)	-0.002 (0.009)
Ventes agricoles ZE (FCFA, ln)			0.001** (0.000)
Contrôles	Yes	Yes	Yes
EF département- produit-unité	Yes	Yes	Yes
EF vague d'enquête	Yes	Yes	Yes
Observations	129,738	129,670	97,088
AR F-test (p-val)	0.000185	0.00033	0.00688
		3	
KP Wald F-stat	67.12	24.56	20.73
KP rank LM-stat	47.29	31.35	27.21

Erreurs standard entre parenthèses, robustes à l'hétéroscédasticité et regroupées par district. * $p < 0,1$, ** $p < 0,05$, *** $p < 0,01$.

5.2. Digitalisation et demande de denrées alimentaires par les ménages

L'augmentation du niveau général des prix des denrées alimentaires, et la convergence spatiale des prix entre zones rurales et urbaines, peuvent s'expliquer par l'amélioration des conditions de vie des ménages résultant du processus de digitalisation. La connectivité, en augmentant les débouchés des producteurs et la productivité des exploitations, en améliorant leur accès au marché du travail et aux sources de revenus non agricoles, et en facilitant l'accès au crédit et autres produits financiers grâce aux services financiers numériques (monnaie mobile notamment), peut accroître le pouvoir d'achat des ménages agricoles et par ce biais la demande de denrées alimentaires. En revanche, l'augmentation des prix induite par la connectivité peut aboutir à une situation d'appauvrissement si les ménages (ruraux) situés dans les zones connectées mais faiblement digitalisés ne bénéficient pas d'une amélioration concomitante de leur pouvoir d'achat. L'étude du canal de la demande est alors de ce point de vue d'autant plus nécessaire.

L'analyse des effets de la digitalisation sur la demande de denrées alimentaires conduite ci-dessous est effectuée à l'échelle des ménages et se focalise sur la diversité et les quantités des denrées alimentaires qu'ils (auto-)consomment et achètent. Nous nous intéressons également à l'effet de la digitalisation sur le niveau des dépenses des ménages, alimentaires comme non alimentaires, notamment en zone rurale.

5.2.1. Test d'hypothèse et modèle économétrique

Dans cette section, nous nous posons la question de la relation entre l'accès à la téléphonie mobile et Internet par les ménages sur la diversité et la quantité des aliments consommés et achetés par ces derniers. En améliorant l'accès aux prix de marché, aux sources de revenus agricoles, non agricoles, et aux services financiers, nous attendons une demande de denrées alimentaires accrue de la part des ménages connectés. Cette demande accrue peut ainsi se concrétiser par l'achat de denrées plus variées et en plus grande quantités, et un moindre recours à l'autoconsommation.

L'analyse étant conduite au niveau du ménage m , ou du produit j consommé/acheté par ce ménage, nous nous intéressons à l'effet combiné de la connectivité dans les ZE (CON_z) et de l'adoption de technologies numériques (téléphonie et Internet) (AD_m) sur la diversification et la quantité des biens alimentaires (auto)consommés par ces derniers ($DEM_{m(j)}$). Nous estimons alors par la méthode des doubles moindres carrés (DMC) l'équation suivante :

$$DEM_{m(j)} = \delta_0 + \delta_1 \cdot CON_z \times AD_m + \delta_2 \cdot AD_m + \Gamma \cdot X_m + D_z + D_t(+D_j) + \omega_{m(j)} \quad (6)$$

Où le terme d'interaction ($CON_z \times AD_m$) est instrumenté par notre instrument initial mis en interaction avec la variable d'adoption (AD_m) de la téléphonie mobile ou de l'Internet par le ménage m , alternativement.²⁵ Lorsqu'il s'agit de la téléphonie, nous utilisons le nombre de téléphones portables présents dans le ménage comme variable d'interaction, et contrôlons pour cette variable de manière additive.²⁶ Lorsqu'il s'agit de l'utilisation d'Internet, nous utilisons une variable muette indiquant si le ménage a accès à Internet comme variable d'interaction, dans son foyer ou en dehors du foyer (par exemple, dans un café Internet ou à l'école), et contrôlons également pour cette variable de manière additive. CON_z est la variable de distance (km, log) à l'antenne 2G, 3G, ou 4G la plus proche, ou bien une variable muette prenant la valeur de 1 si le ménage se trouve dans une ZE située à moins de 2 kilomètres d'une de ces antennes. $DEM_{m(j)}$ est soit (voir Tableau 2) :

- i) Une variable du nombre de denrées alimentaires différentes (auto) consommées par le ménage m ,
- ii) Une variable de quantité de la denrée alimentaire j consommée par membre du ménage m (en grammes, transformée en logarithmes),
- iii) Une variable de quantité de la denrée alimentaire j achetée par membre du ménage m (en grammes, transformée en logarithmes),
- iv) Un ensemble de variables de dépenses – totales, alimentaires et non alimentaires – par membre du ménage m (en FCFA, transformées en logarithmes).

X_m est un set de variables de contrôle des caractéristiques ménages discutées en section 4. $\omega_{m(j)}$ est un terme d'erreur. Nous incluons comme contrôles additionnels les variables de téléphonie mobile et d'accès à Internet de manière additive (AD_m), la diversité de denrées autoconsommées par le ménage lorsque nous étudions l'effet de la digitalisation sur la diversité des aliments consommés, ceci afin de neutraliser l'effet de la digitalisation sur la diversité alimentaire provenant du degré de diversification de la production agricole autoconsommée. Lorsque nous nous intéressons à la diversité des bien auto-consommés, nous utilisons le set de variables de contrôle initial.²⁷

²⁵ L'instrument est mis en interaction de la manière suivante : $IV_m = \text{Risque_foudre}_z \times AD_m$.

²⁶ 90 % des ménages de notre échantillon ayant un portable, nous utilisons le nombre de portables possédés par le ménage plutôt qu'une variable muette de possession afin d'obtenir davantage de variabilité.

²⁷ Contrôler additionnellement pour la diversité des denrées cultivées ne change pas la significativité et le signe des coefficients.

Lors de l'analyse des quantités de denrées consommées ou achetées, nous ajoutons au set de contrôles initial la diversité des denrées alimentaires consommées, et incluons les effets fixes vague d'enquête, ZE et denrées-unité de mesure séparément pour éviter de saturer le modèle (D_z , D_t , D_j).²⁸

Enfin lorsque nous nous intéressons aux dépenses totales, alimentaires et non alimentaires des ménages, nous utilisons le set de variable de contrôle de base et incluons des effets fixes vague d'enquête et ZE.

5.2.2. Digitalisation et diversité alimentaire

Nous présentons dans un premier temps les résultats portant sur l'effet de l'adoption de la téléphonie mobile sur le nombre d'aliments consommés dans le Tableau 15.²⁹ Les résultats en colonne (1) et (2) montrent que l'acquisition d'un téléphone par les ménages situés à proximité des antennes de réseau 2G+ accroît significativement la diversité des denrées alimentaires consommées par ces derniers. Afin d'étudier la possibilité d'effets hétérogènes selon la localisation des ménages, nous réestimons l'équation (6) en divisant l'échantillon entre ménages urbains et ménages ruraux. Les résultats reportés en colonnes (3) à (6) confortent l'idée que la téléphonie mobile contribue à la diversité alimentaire en zone urbaine comme en zone rurale, avec cependant un effet plus marqué en zone rurale. Ainsi, selon ces estimations, lorsqu'un ménage proche d'une antenne acquiert un téléphone portable, il consomme 1,9 denrée alimentaires supplémentaires, 2,2 lorsqu'il est situé en zone urbaine, et 3,2 lorsqu'il est situé en zone rurale.

Tableau 15. Connectivité mobile et diversité des aliments consommés : Equation (6) estimée par DMC.

Var. dép.: consommées	nb.	Denrées	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
					Urbain		Rural	
Distance 2G/3G/4G (ln, km) x nb. Tel.			-0.782*** (0.186)		-0.973*** (0.325)		-1.964 (1.340)	
2/3/4G <2km (0/1) x nb. Tel.				1.947*** (0.443)		2.167*** (0.807)		3.179** (1.514)
Contrôles			Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
EF ZE			Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
EF vague			Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Observations			56 829	56 817	23 220	23 220	33 609	33 597
Anderson-Rub. F-test (p-val)			0.0000	0.0000	0.0014	0.00584	0.0218	0.0213
KP Wald F-stat			64.12	97.64	28.63	46.59	2.846	11.18
KP rank LM-stat			52.33	65.08	22.17	21.10	2.644	9.134

Erreurs standard entre parenthèses, robustes à l'hétéroscédasticité et regroupées par ZE. * p < 0,1, ** p < 0,05, *** p < 0,01.

Le Tableau 16 suivant reporte les estimations conduites en utilisant une variable de diversité des aliments autoconsommés. Les résultats montrent que la téléphonie mobile contribue à réduire la diversité des aliments autoconsommés. Ainsi, l'acquisition d'un téléphone mobile par les ménages situés dans un périmètre de 2 km d'une antenne mobile contribue à réduire de 1,7 denrée l'autoconsommation de denrées alimentaires, en moyenne. Cet effet est particulièrement fort en zones rurales, comme le montre les résultats en colonnes (5) et (6), où les ménages bénéficiant de

²⁸ Les quantités consommées de certains produits sont parfois reportées en mesures non conventionnelles, telles que des petites, moyennes, grandes bassines ou des yorubas, nécessitant des facteurs de conversion pour avoir une idée de leur poids en grammes. Ces facteurs sont dans certains pays de la zone exprimés en poids médian (Guinée-Bissau, Burkina Faso, Niger), en poids moyen (Burkina Faso, Mali, Togo) ou en poids non spécifiés (Bénin Côte d'Ivoire, Sénégal). Compte tenu de la très forte corrélation entre poids médian et poids moyen (>99%, voir Annexe C.1), nous utilisons chacun des poids indistinctement comme s'il s'agissait de la même métrique dans tous les pays (en appliquant le poids médian au Burkina Faso).

²⁹ Les estimés associés aux variables de contrôle ne sont pas reportés pour des raisons de lisibilité mais peuvent être fournis sur demande.

connectivité mobile ont réduit en moyenne leur autoconsommation de denrées alimentaires de 4,7 denrées. Ainsi, la plus grande diversité alimentaire accrue résultant de l'utilisation des téléphones mise en évidence dans le Tableau 15 s'expliquerait plutôt par le recours au marché, que par la diversification des cultures de subsistance et l'autoconsommation.

Tableau 16. Connectivité mobile et diversité des aliments autoconsommés : Equation (6) estimée par DMC.

Var.	dép.:	nb.	Denrées	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
autoconsommées						Urbain		Rural	
Distance 2G/3G/4G (ln, km) x nb. Tel.				0.706*** (0.115)		0.504*** (0.136)		2.877* (1.665)	
2G/3G/4G <2km (0/1) x nb. Tel.					-1.755*** (0.258)		-1.324*** (0.355)		-4.688*** (1.426)
Contrôles				Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
EF ZE				Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
EF vague				Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Observations				56 829	56 817	23 220	23 220	33 609	33 597
Anderson-Rub. F-test (p-val)				0.0000	0.0000	0.000524	0.000524	4.09e-08	4.14e-08
KP Wald F-stat				66.36	99.72	28.90	47.45	3.017	11.54
KP rank LM-stat				53.37	65.50	22.45	21.17	2.792	9.357

Erreurs standard entre parenthèses, robustes à l'hétéroscédasticité et regroupées par ZE. * p < 0,1, ** p < 0,05, *** p < 0,01.

Ensuite, nous nous penchons sur l'effet de l'accès à Internet par le ménage sur la diversité des denrées (auto)consommées. Les estimations sont donc conduites cette fois en remplaçant la variable de nombre de téléphones par une variable muette d'accès à Internet par le ménage. Nous reportons les résultats dans les

Tableau 17 et Tableau 18 ci-dessous. Ces estimations ne permettent pas de conclure à un effet significatif à 5 % de l'accès à Internet sur la diversité des aliments consommés et autoconsommés, du fait notamment de statistiques d'Anderson-Rubin pointant une faiblesse potentielle de l'instrument utilisé.

Tableau 17. Internet et diversité des aliments consommés dans le ménage : Équation (6) estimée par DMC.

Var.	dép.:	nb.	Denrées	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
consommées						Urbain		Rural	
Distance 2G/3G/4G (ln, km) x Internet				-0.178 (0.444)		0.149 (0.694)		-2.265 (1.396)	
2G/3G/4G <2km (0/1) x Internet					0.454 (1.130)		-0.398 (1.845)		4.695* (2.620)
Contrôles				Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
EF ZE				Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
EF vague				Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Observations				56 829	56 817	23 220	23 220	33 609	33 597
Anderson-Rub. F-test (p-val)				0.690	0.690	0.829	0.829	0.0646	0.0644
KP Wald F-stat				61.02	92.36	31.46	50.03	5.036	13.14
KP rank LM-stat				30.25	44.40	11.86	14.62	3.918	9.584

Erreurs standard entre parenthèses, robustes à l'hétéroscédasticité et regroupées par ZE. * p < 0,1, ** p < 0,05, *** p < 0,01.

Tableau 18. Internet et diversité des aliments autoconsommés dans le ménage : Equation (6) estimée par DMC.

Var. dép.: nb. Denrées auto-consommées	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
			Urbain		Rural	
Distance 2G/3G/4G (ln, km) x Internet	-0.146 (0.232)		-0.113 (0.257)		-2.206 (1.522)	
2G/3G/4G <2km (0/1) x Internet		0.370 (0.584)		0.302 (0.689)		4.576* (2.769)
Contrôles	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
EF ZE	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
EF vague	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Observations	56 829	56 817	23 220	23 220	33 609	33 597
Anderson-Rub. F-test (p-val)	0.517	0.516	0.657	0.657	0.0643	0.0641
KP Wald F-stat	61.30	92.60	31.51	50.10	5.040	13.15
KP rank LM-stat	30.32	44.46	11.87	14.62	3.920	9.587

Erreurs standard entre parenthèses, robustes à l'hétéroscédasticité et regroupées par ZE. * p < 0,1, ** p < 0,05, *** p < 0,01.

5.2.3. Digitalisation et quantité d'aliments (auto)consommés

Dans un deuxième temps, nous nous intéressons désormais à l'effet de la digitalisation sur les quantités de produits (auto-)consommés par membre du ménage. Nous réestimons donc l'équation (6) en utilisant comme variable dépendante la quantité de denrées consommées et auto-consommées au sein du ménage rapportée à la taille du ménage. Les résultats reportés dans le Tableau 19 mettent en évidence un effet positif et significatif de la connectivité mobile sur les quantités d'aliments consommés par individus (colonnes (1) et (2)), encore une fois plus marqué en zones rurales (colonnes (5) et (6)) qu'en zones urbaines (colonnes (3) et (4)). Selon ces estimations, l'acquisition d'un téléphone par un ménage se trouvant à moins de 2 km d'une antenne mobile contribue à augmenter de 20 % sa consommation de denrées alimentaires, de 23 % en zone urbaine contre 41 % en zone rurale. En revanche, une meilleure connectivité mobile contribue à réduire significativement la quantité d'aliments auto-consommés par membre du ménage, surtout lorsque ces derniers sont situés en zone rurale (colonnes (7) à (12)). Il semble donc que les utilisateurs de la téléphonie, plus particulièrement ceux situés en zone rurale, sont non seulement en mesure de consommer une plus grande diversité de denrées alimentaires, mais aussi en plus grandes quantités, tout en réduisant leur autoconsommation.

Le Tableau 20 ci-après met en évidence un effet d'ampleur similaire mais moins significatif de l'utilisation d'Internet sur les quantités de denrées consommées par membre du ménage, également tiré par la consommation des ménages ruraux. En revanche, l'analyse de l'effet d'Internet sur les quantités auto-consommées met en avant un effet positif de la connectivité Internet des ménages localisés en zones urbaines. L'insécurité alimentaire en milieu urbain et la dépendance accrue aux activités de subsistance non monétisées, dans un contexte de pression démographique forte sur les revenus, sur les prix et la disponibilité des denrées alimentaires en zones urbaines, peut-être une explication de ce résultat (Tawodzera et al., 2016 ; Battersby & Crush, 2016 ; Battersby & Watson, 2018).³⁰

³⁰ Dans une enquête menée en 2008 auprès des ménages urbains pauvres de Harare au Zimbabwe, Tawodzera et al. (2016) montrent que plus de la moitié de ces ménages étaient engagée dans de l'agriculture urbaine de subsistance, et que 70 % d'entre eux y avaient recours au moins sur une base hebdomadaire. Si le contexte hyper-inflationniste du Zimbabwe explique très probablement ces chiffres, il en ressort que l'autoconsommation apparaît comme le résultat d'activités de subsistance démonétisées répandues en milieu urbain.

Nous reportons en Figure 14, les estimations des effets marginaux de la connectivité mobile sur les quantités consommées de chacune des 15 denrées alimentaires les plus consommées par les ménages enquêtés. Les résultats mettent en évidence un effet globalement significatif et positif sur les quantités de denrées consommées, à l'exception du thé (effet négatif, significatif à 10 %), des huiles de palmes rouges et raffinées, du gombo frais et du riz importé (effet non significatif). Nous observons un impact positif marqué pour l'huile d'arachide, le sel, le sucre, l'afintin, le café et les cubes alimentaires.

Tableau 19. Connectivité mobile et quantité d'aliments (auto-)consommés par membre du ménage : Equation (6) estimée par DMC.

Var. dép.: Quantités consommées / membre (grammes, ln)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
			Urbain		Rural	
Distance 2G+ (ln, km) x nb. Tel.	-0.077*** (0.009)		-0.088*** (0.016)		-0.185*** (0.042)	
2G+ <2km (0/1) x nb. Tel.		0.196*** (0.023)		0.226*** (0.042)		0.406*** (0.075)
Observations	950,617	950,458	480,658	480,658	469,533	469,374
Anderson-Rub. F-test (p-val)	0	0	4.07e-07	4.07e-07	0	0
KP Wald F-stat	236.6	323.4	114	153.1	30.97	59.07
KP rank LM-stat	190.7	212	106.5	91	28.09	47.33
Var. dép.: Quantités autoconsommées / membre (grammes, ln)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
			Urbain		Rural	
Distance 2G+ (ln, km) x nb. Tel.	0.035*** (0.011)		0.028* (0.016)		0.098* (0.050)	
2G+ <2km (0/1) x nb. Tel.		-0.088*** (0.027)		-0.073* (0.042)		-0.186** (0.088)
Observations	1,153,952	1,153,711	555,821	555,821	597,594	597,352
Anderson-Rub. F-test (p-val)	0.00143	0.00143	0.0727	0.0727	0.0308	0.0310
KP Wald F-stat	231.2	318.3	111.7	153.4	14.23	36.71
KP rank LM-stat	187.4	215	100.3	86.37	13.35	31.21
Contrôles	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
EF ZE	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
EF vague	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
EF denrées alim. – unité de mesure	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui

Erreurs standard entre parenthèses, robustes à l'hétéroscédasticité et regroupées par ménage. * p < 0,1, ** p < 0,05, *** p < 0,01.

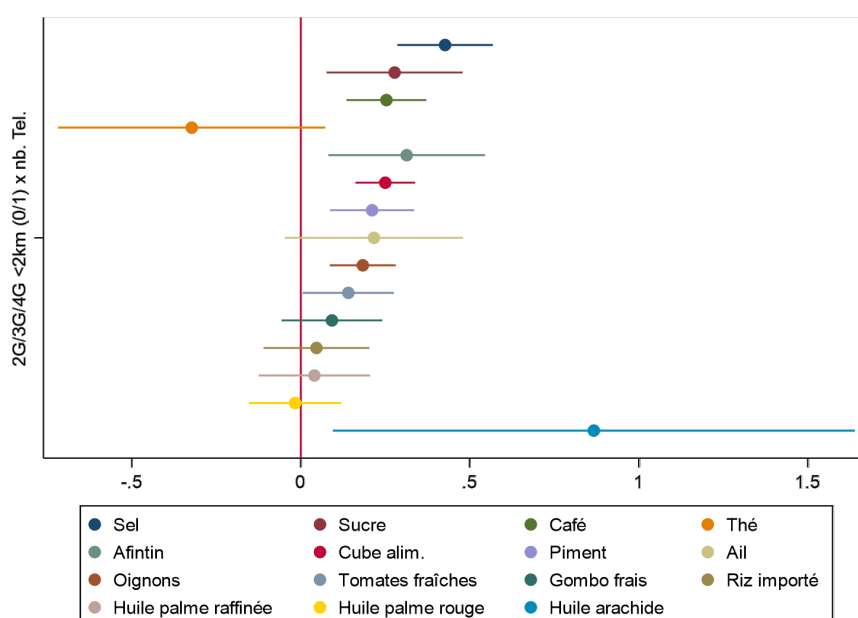
Tableau 20. Internet et quantité d'aliments (auto-)consommés par membre du ménage : Equation (6) estimée par DMC.

Var. dép.: Quantité denrées consommées (grammes, ln)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
			Urbain		Rural	
Distance 2G/3G/4G (ln, km) x Internet	-0.038* (0.022)		-0.031 (0.032)		-0.096* (0.057)	
2G/3G/4G <2km (0/1) x Internet		0.094* (0.055)		0.078 (0.080)		0.215* (0.125)
Observations	951 037	950 878	481 114	481 114	469 923	469 764
Anderson-Rub. F-test (p-val)	0.0276	0.0277	0.117	0.117	0.0775	0.0779
KP Wald F-stat	265	385.4	160.6	291.2	46.56	89.77
KP rank LM-stat	156.5	193.2	83.47	81.24	34.75	60.91
Var. dép.: Quantités autoconsommées (grammes, ln)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
			Urbain		Rural	

Distance 2G/3G/4G (ln, km) x Internet	-0.055** (0.027)		-0.071** (0.033)		-0.036 (0.079)	
2G/3G/4G <2km (0/1) x Internet		0.137** (0.067)		0.182** (0.085)		0.079 (0.168)
Observations	950,617	950,458	480,658	480,658	469,533	469,374
Anderson-Rub. F-test (p-val)	0.0840	0.0843	0.334	0.334	0.0755	0.0758
KP Wald F-stat	265.7	386.7	160.9	292.4	46.85	91
KP rank LM-stat	157	193.9	83.87	81.34	34.89	61.47
Contrôles	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
EF ZE	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
EF vague	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
EF denrées alim. – unité de mesure	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui

Erreurs standard entre parenthèses, robustes à l'hétéroscédasticité et regroupées par ménage. * p < 0,1, ** p < 0,05, *** p < 0,01.

Figure 14. Effets marginaux de la connectivité mobile sur la consommation de produits alimentaires par membre du ménage - quantités consommées, analyse au niveau produit.



Source : auteurs.

Enfin, nous nous intéressons à l'effet de la digitalisation sur les quantités de produits achetées par les ménages. Nous réestimons donc l'équation (6) en utilisant cette fois-ci comme variable dépendante la quantité de denrées achetées par membre du ménage. Nous retrouvons ici des résultats similaires, quoique davantage significatifs, à la sous-section précédente (Tableau 21 et Tableau 22).

Tout d'abord, nous mettons en avant un effet positif et significatif à 1 % de la connectivité sur la quantité de denrées alimentaires achetées, en zone rurale comme en zone urbaine. Selon nos estimations présentées dans le Tableau 21, l'acquisition d'un téléphone par un ménage se trouvant à moins de 2 km d'une antenne mobile contribue à augmenter de 29 % les quantités de denrées alimentaires achetées, de 29,5 % en zone urbaine contre 61 % en zone rurale. L'effet de l'accès à Internet est positif et significatif seulement dans l'échantillon de ménages ruraux (Tableau 22).

Tableau 21. Connectivité mobile et quantité d'aliments achetés par membre du ménage : Equation (6) estimée par DMC.

Var. dép.: Quantité denrées achetées (grammes, ln)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
			Urbain		Rural	
Distance 2G/3G/4G (ln, km) x nb. Tel.	-0.111*** (0.011)		-0.116*** (0.017)		-0.262*** (0.054)	
2G/3G/4G <2km (0/1) x nb. Tel.		0.288*** (0.026)		0.295*** (0.044)		0.610*** (0.108)
Contrôles	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
EF ZE	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
EF vague	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
EF denrées alim.- unité de mesure	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Observations	757 895	757 790	415 375	415 375	342 126	342 021
Anderson-Rub. F-test (p-val)	0	0	1.44e-10	1.44e-10	0	0
KP Wald F-stat	263.4	336.3	110.5	144.3	34.25	54.06
KP rank LM-stat	240.3	254	99.17	81.49	32.69	48.44

Erreurs standard entre parenthèses, robustes à l'hétéroscédasticité et regroupées par ménage. * p < 0,1, ** p < 0,05, *** p < 0,01.

Tableau 22. Internet et quantité d'aliments achetés par membre du ménage : Equation (6) estimée par DMC.

Var. dép.: Quantité denrées achetées (grammes, ln)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
			Urbain		Rural	
Distance 2G/3G/4G (ln, km) x Internet	-0.037 (0.024)		-0.010 (0.034)		-0.123** (0.059)	
2G/3G/4G <2km (0/1) x Internet		0.093 (0.059)		0.025 (0.085)		0.283** (0.134)
Contrôles	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
EF ZE	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
EF vague	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
EF denrées alim.-unité de mesure	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Observations	757 895	757 790	415 375	415 375	342 126	342 021
Anderson-Rub. F-test (p-val)	0.116	0.116	0.770	0.770	0.0306	0.0305
KP Wald F-stat	272.2	373.4	159.7	283.1	54.58	92.98
KP rank LM-stat	165	195.2	85.54	79.16	39.74	64.22

Erreurs standard entre parenthèses, robustes à l'hétéroscédasticité et regroupées par ménage. * p < 0,1, ** p < 0,05, *** p < 0,01.

5.2.4. Digitalisation et dépenses des ménages

Dans une dernière étape, nous concluons cette sous-section par l'analyse de l'effet de la digitalisation sur les dépenses de consommation des ménages, comparant dépenses alimentaires et non alimentaires. Nous réestimons l'équation (6) en utilisant de manière alternative les dépenses totales, alimentaires, et non alimentaires (en FCFA, log) par membre du ménage (l'Annexe D reporte le détail des estimations). Les résultats reportés dans le Tableau 23 mettent en avant un effet positif et significatif à 1 % de la connectivité mobile sur ces trois variables de dépenses, plus marqué pour les dépenses alimentaires que non alimentaires. Ainsi, l'acquisition d'un téléphone par un ménage se trouvant à moins de 2 km d'une antenne mobile contribue à augmenter de 18 % les dépenses totales, de 27 % les dépenses alimentaires et de 19 % les dépenses non alimentaires. L'effet de la connectivité Internet sur les dépenses est également positif et significatif à 5 %, et s'explique par l'accroissement des dépenses alimentaires (Tableau 24). Selon nos estimations, l'accès à Internet contribue à un accroissement des dépenses totales de 17,8 %, porté par une hausse de 19 % des dépenses alimentaires. Les estimations additionnelles présentées en Annexe D montrent que ces hausses des dépenses sont davantage marquées en zone rurale.

Tableau 23. Téléphonie mobile et dépenses de consommation par membre du ménage : Equation (6) estimée par DMC.

Var. dép.: dépenses du ménage (FCFA, ln) :	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Dép. totales		Dép. Alim.		Dép. Non Alim.	
Distance 2G/3G/4G (ln, km) x Nb. Tel.	-0.072***		-0.109***		-0.077***	
	(0.015)		(0.019)		(0.017)	
2G/3G/4G <2km (0/1) x Nb. Tel.		0.178***		0.269***		0.192***
		(0.035)		(0.043)		(0.040)
Contrôles	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
EF ZE	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
EF vague	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
EF denrées alim.	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
EF facteur conversion	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Observations	56 829	56 817	56 829	56 817	56 829	56 817
Anderson-Rub. F-test (p-val)	9.18e-08	9.23e-08	0	0	2.85e-07	2.92e-07
KP Wald F-stat	66.36	99.72	63.87	97.46	65.40	99.24
KP rank LM-stat	53.38	65.50	51.36	63.89	52.71	65.21

Erreurs standard entre parenthèses, robustes à l'hétéroscédasticité et regroupées par ménage. * p < 0,1, ** p < 0,05, *** p < 0,01.

Tableau 24. Internet et dépenses de consommation par membre du ménage : Equation (6) estimée par DMC.

Var. dép.: dépenses du ménage (FCFA, ln) :	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Dép. totales		Dép. Alim.		Dép. Non Alim.	
Distance 2G/3G/4G (ln, km) x Internet	-0.068**		-0.078**		-0.044	
	(0.030)		(0.031)		(0.034)	
2G/3G/4G <2km (0/1) x Internet		0.172**		0.198***		0.112
		(0.074)		(0.076)		(0.087)
Contrôles	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
EF ZE	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
EF vague	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
EF denrées alim.	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
EF facteur conversion	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Observations	56 829	56 817	56 829	56 817	56 829	56 817
Anderson-Rub. F-test (p-val)	0.0142	0.0142	0.00691	0.00691	0.191	0.191
KP Wald F-stat	61.30	92.60	61.30	92.61	61.24	92.51
KP rank LM-stat	30.32	44.46	30.32	44.46	30.32	44.45

Erreurs standard entre parenthèses, robustes à l'hétéroscédasticité et regroupées par ménage. * p < 0,1, ** p < 0,05, *** p < 0,01.

Ainsi il apparaît probable que l'augmentation de la demande de denrées alimentaires des ménages ruraux, digitalisés et situés à proximité des antennes 2G+, soit un facteur explicatif de l'augmentation des prix dans les zones rurales connectées. La digitalisation semble donc être un facteur d'amélioration des conditions de vie en zone rurale. Cependant, ces résultats mettent en avant une externalité négative de cette connectivité sur les ménages situés en zone connectée mais faiblement digitalisés, puisque ces derniers subissent l'augmentation du niveau général des prix des denrées alimentaires sans bénéficier de l'augmentation du pouvoir d'achat associés à la digitalisation.

6. IMPLICATIONS EN TERMES DE POLITIQUES DE DEVELOPPEMENT

Le potentiel de transformation des marchés agricoles par le numérique, dans l'UEMOA comme dans le reste du continent africain, repose essentiellement sur des usages basiques et largement diffusés de téléphonie mobile, tels que l'accès à l'information par les réseaux sociaux personnels privés ou les transactions financières par la monnaie mobile (Aker & Cariolle, 2023). Les technologies plus disruptives mais plus complexes, basées sur des systèmes de plateforme ou sur des applications nécessitant un accès à Internet, se sont en revanche limitées à des expérimentations à échelle réduite, qui ont fait parfois leurs preuves, mais qui peinent à passer à grande échelle et à se maintenir dans la durée (Abate et al., 2023).

Cette première analyse se concentre sur l'impact de la connectivité mobile sur l'organisation des marchés agricoles et sur la demande de denrées alimentaires de la part des ménages. Concrètement, les résultats qui y sont présentés soulignent la nécessité de poursuivre les efforts d'extension de la couverture réseau et d'amélioration de sa qualité, mais également d'encourager l'adoption des technologies numériques mobiles par les ménages une fois les zones connectées. En effet, s'ils pointent un effet global positif de la connectivité mobile sur le fonctionnement des marchés et le pouvoir d'achat des ménages, notamment ruraux, les résultats mettent également en avant le risque d'un appauvrissement des ménages faiblement digitalisés en zone connectée face la hausse des prix de denrées alimentaires. Ainsi, la fracture numérique en termes d'adoption et d'usage peut être un facteur d'aggravation des inégalités économiques. Des politiques d'accompagnement des ménages dans ces zones en transition numérique apparaissent donc nécessaires, et quelques pistes sont présentées dans les sous-sections suivantes.

6.1. Encourager l'inclusion numérique des plus pauvres : leçons tirées d'études de cas menées en Afrique de l'Ouest

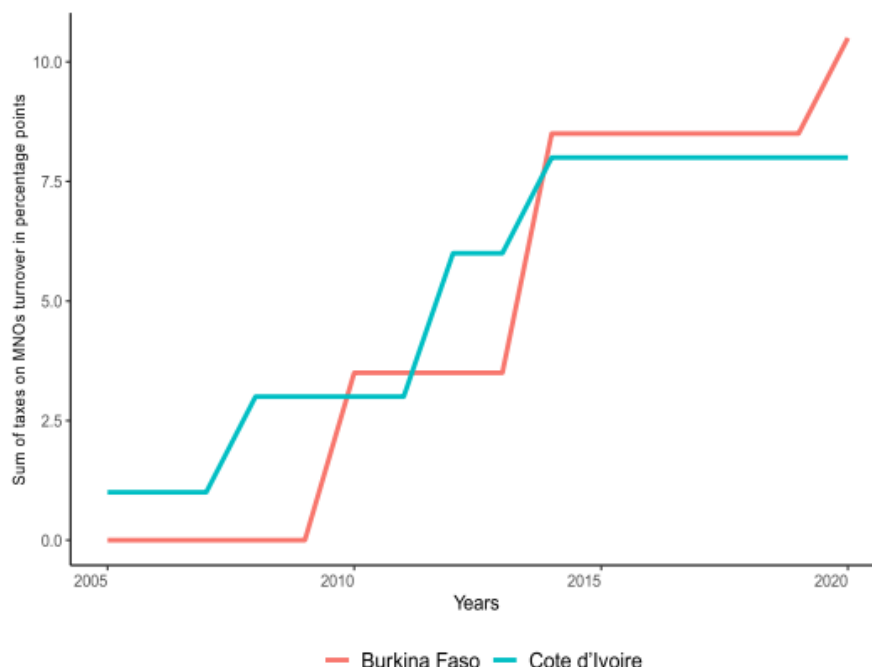
6.1.1. *Améliorer l'accessibilité financière de la téléphonie mobile et services associés*

Des analyses des données secondaires ainsi que des études de cas ont révélé que le coût de l'acquisition d'un téléphone portable et de l'achat d'unités et de données mobiles représente un obstacle critique à l'adoption de cette technologie pour de nombreux ménages, en particulier dans les zones rurales (Granguillhome Ochoa, Lach, Masaki, & Rodríguez-Castelán, 2022). Harmoniser et alléger la fiscalité des opérateurs téléphoniques et des services de monnaie mobile, tout en s'assurant que cette baisse se ressent dans le prix des télécommunications pour l'utilisateur final, constitue une piste intéressante à envisager pour améliorer l'accessibilité financière des technologies mobiles (Rota-Graziosi & Sawadogo, 2022 ; Abounabhan et al., 2024).

Rota-Graziosi et Sawadogo (2022) montrent que le secteur des télécommunications dans les pays de l'UEMOA est généralement plus taxé que le secteur minier, et mettent en avant une corrélation positive entre le Taux effectif moyen d'imposition (TEMI) appliqué aux opérateurs types de téléphonie mobile et le taux de pénétration de la téléphonie mobile dans la population. Les auteurs mettent en avant que la charge fiscale pesant sur un opérateur représentatif du secteur des télécoms (telco) dépasse 50 % dans de nombreux pays africains, voire plus de 100 % dans certains d'entre eux. C'est notamment le cas du Niger, où le TEMI s'établissait à 118 % du flux de trésorerie des opérateurs au moment de l'étude. Par ailleurs, en plus de sa pesanteur, ce régime fiscal semble particulièrement créateur de distorsions et d'incertitude, la taxation spécifique participant à 65 % de la charge

fiscale.³¹ La Figure 15 ci-dessous illustre cette charge fiscale pour les opérateurs, en représentant l'évolution des taxes spéciales sur le chiffre d'affaires des telcos au Burkina Faso et en Côte d'Ivoire.

Figure 15. Évolution des taxes spécifiques sur le chiffre d'affaires des telcos au Burkina Faso et en Côte d'Ivoire.



Source : Rota-Graziosi & Sawadogo (2022, p.10). Axe des ordonnées : somme des taxes sur le CA des telcos, en points de pourcentage.

6.1.2. Lutter contre l'analphabétisme, obstacle critique à l'adoption et à la confiance dans les technologies mobiles

L'accessibilité de la téléphonie mobile pour les ménages les plus pauvres bénéficiera également du développement de programmes de formation et de sensibilisation à son usage, ciblant en particulier les populations rurales qui sont exposées au risque de décrochage dans le processus de digitalisation. Outre le coût financier, l'alphabétisation représente un autre obstacle majeur aux transformations agricoles générées par la connectivité mobile, en bridant la capacité des utilisateurs potentiels à exploiter les fonctionnalités des téléphones mobiles, mais aussi en affaiblissant la confiance des populations faiblement alphabétisées à s'engager dans des transactions économiques à partir de téléphones mobiles.

Ainsi, les États et les agences de coopération bilatérales et multilatérales ont intérêt à prioriser les formations d'alphabétisation en langues nationales et locales couramment utilisées pour la communication par SMS et sur Internet, faute de quoi de nombreuses fonctionnalités de la téléphonie mobile resteront inaccessibles aux utilisateurs. Les fournisseurs de services basés sur la téléphonie mobile devraient également être encouragés à rendre disponible leur contenu dans les langues parlées par les populations cibles, et dans la mesure du possible, à développer les systèmes de réponse vocale interactive, souvent utiles pour les populations analphabètes. Ochoa et al. ont en effet indiqué que la formation à la culture numérique dans la principale langue nationale utilisée

³¹ Cette fiscalité excessive aurait conduit Orange SA à vendre sa filiale Nigérienne en 2019.

pour la communication en ligne était associée à une probabilité significativement plus élevée d'adopter les services Internet mobiles (Ochoa, Lach, Masaki, & Rodríguez-Castelán, 2022). Plusieurs études de cas ont révélé des difficultés d'utilisation des applications mobiles, des SMS et des services d'argent mobile liées à l'analphabétisation (Carroll, 2024; Dzanku et al., 2021; Zougmore & Partey, 2022). Alors que les appels directs suffiraient à obtenir des informations sur les prix du marché et à réduire les coûts de recherche d'informations et de transaction, l'analphabétisme limite le potentiel des technologies plus avancées telles que les services d'extension agricole numérique à transformer l'économie rurale et les modes de consommation des ménages.

Par exemple, une étude de cas sur des producteurs dans la commune de Kaya au Burkina Faso menée par Carroll (2024) a mis en exergue les défis posés par l'analphabétisme et la complexité de la technologie mobile. Lorsqu'il a été demandé aux participants des groupes de discussion s'ils recevaient des informations de vulgarisation ou des informations météorologiques par SMS sur leur téléphone, plusieurs répondants ont expliqué que même si ces informations étaient disponibles par SMS, ils n'auraient aucun moyen de comprendre le contenu du message, car ils ne savaient pas lire le mooré³² ou le français (Carroll, 2024).

De même, en ce qui concerne l'utilisation de la monnaie mobile par les agriculteurs, certaines personnes interrogées lors des groupes de discussion ont déclaré utiliser la monnaie mobile pour acheter des intrants et vendre des produits, tandis que d'autres, en particulier les femmes, ont indiqué que les problèmes d'alphabétisation et la crainte que les acheteurs profitent de leur analphabétisme étaient des facteurs qui les empêchaient d'utiliser la monnaie mobile. Une agricultrice du village de Sian à Kaya a déclaré ce qui suit :

« L'utilisation des services d'argent mobile pour l'achat d'intrants et d'autres transactions se fait mais c'est chez les hommes et non les femmes, car la plupart d'entre nous ne sommes pas allées à l'école. Donc, ne sachant pas lire, il est difficile d'utiliser ces services. Sinon, c'est très pratique à utiliser, car cela te permet d'éviter les frais liés au déplacement. Mais nous ne savons ni lire, ni écrire pour utiliser ce service. »

Un producteur du village de Konkin à Kaya a expliqué que les hommes évitaient souvent d'utiliser l'argent mobile en raison de l'analphabétisme et de la méfiance générale à l'égard de la technologie mobile :

« Plusieurs fois, nous voyons de gens utiliser WhatsApp pour vendre et acheter entre eux, mais ce sont des personnes qui ont fréquenté l'école ; pour nous autres ici, notre école s'est limitée à la daba, comment subvenir aux besoins alimentaires de nos familles – c'est ce qui nous intéresse ».

Un agriculteur du village voisin de Toécé a offert un point de vue légèrement différent, suggérant que même s'ils avaient accès à l'argent mobile, ils craignaient que les acheteurs profitent d'eux en refusant de payer après avoir récupéré les denrées :

« Utiliser ce service n'est pas un problème, mais c'est l'honnêteté le plus important ici, car il faut de la confiance. Surtout au niveau des acheteurs de nos produits, ils ne sont pas trop honnêtes pour qu'on puisse se permettre de procéder ainsi à la vente de nos produits ».

Cela suggère que l'utilisation de la monnaie mobile est peut-être plus efficace lorsque l'acheteur effectue son paiement à la ferme avant de recevoir les denrées (Carroll, 2024). De cette manière, les

³² Le moore ou mooré est la langue des Mossis, la plus parlée du Burkina Faso.

inquiétudes concernant la fiabilité et la confiance des acheteurs et des vendeurs peuvent être surmontées.

L'alphabétisation doit donc s'accompagner d'une formation à l'utilisation des téléphones mobiles, y compris l'utilisation des applications des téléphones intelligents. Certaines plateformes de vulgarisation ont réussi à contourner ces problèmes d'alphabétisation en diffusant les informations de vulgarisation agricole sous d'autres formes, telles que des messages vocaux, des messages vidéo (pour les téléphones intelligents) ou des appels directs (Dzanku, Osei, & Osei-Akoto, 2021 ; Zougmore & Partey, 2022). Dans certains contextes, le processus d'apprentissage se déroule de manière organique ; par exemple, dans les communautés peules du Bénin, les jeunes apprennent à leurs aînés comment utiliser les téléphones portables. Cependant, un effort de formation plus concerté et formel dispensé par les agences de l'Etat, les ONG ou le secteur privé serait encore nécessaire. En revanche, une étude menée par Sousa et al. (2016) sur des agriculteurs au Burkina Faso et au Mali a révélé que les téléphones mobiles dotés d'une capacité 3G et de la technologie Bluetooth étaient largement répandus dans la zone d'étude et étaient même accessibles aux groupes traditionnellement marginalisés, tels que les jeunes femmes (Sousa, Nicolay, & Home, 2016). Les auteurs ont recommandé les enregistrements vidéo comme méthode clé de diffusion des informations de vulgarisation aux agriculteurs, en particulier dans les contextes où le taux d'alphabétisation est faible (Sousa et al., 2016).

Dans l'étude de Djohy et al. au Bénin, plus de 40 % des répondants ont estimé que les téléphones mobiles n'étaient pas faciles à utiliser (Djohy et al., 2017). Environ 85 % des répondants ont utilisé des téléphones mobiles de base sans capacité Internet, et la plupart d'entre eux ont déclaré utiliser leur téléphone uniquement pour passer des appels directs (Djohy et al., 2017). Ils ont également constaté que le désir d'utiliser les téléphones portables encourageait certains Peuls à s'inscrire à des cours d'alphabétisation ou à payer des personnes plus jeunes et instruites pour leur apprendre à utiliser leur téléphone portable (Djohy et al., 2017). Cela suggère que la technologie mobile pourrait induire un effet rétroactif positif sur l'alphabétisation - à mesure que les taux d'alphabétisation augmentent, les agriculteurs sont plus susceptibles d'utiliser des téléphones mobiles pour obtenir des informations de vulgarisation et de marché et effectuer des transactions financières, mais le désir de pouvoir utiliser un téléphone mobile pour ces services peut également encourager les agriculteurs à améliorer leur capacité de lecture et de calcul.

Du côté des fournisseurs de services mobiles ciblant le monde rural, la plateforme Botswanaise Brastorne³³, a su intégrer les difficultés d'adoption des populations marginalisées dans son modèle de développement. Cette plateforme permet aux détenteurs de téléphones mobiles simples – « feature phones » – et sans accès à Internet de pouvoir avoir accès à de l'information agricole (conseil agricole, base de données sur le bien-être animal, opportunités de formation, alertes, prix des matières premières et alertes météorologiques), un service de tchat et de groupe de discussion comme Whatsapp, mais aussi à Wikipédia, par la technologie USSD. Cette plateforme propose également un service vocal interactif pour que les populations analphabètes puissent l'utiliser. Cette innovation est rapidement passée à l'échelle au Botswana, en Guinée, en RDC, et dans d'autres pays d'Afrique centrale et australe. Elle constitue donc un exemple utile d'une technologie sobre et inclusive envers les populations ayant une moindre capacité d'absorption technologique.

³³ <https://brastorne.com/>

6.2. Adopter une approche transversale de l'ingénierie des politiques de développement par le numérique

La contribution des outils numériques à la transformation du secteur agricole et à l'amélioration des conditions de vie des populations, notamment rurales, devrait trouver un effet catalyseur dans le Programme régional de développement de l'économie numérique (PRDEN) de l'UEMOA, lancé en 2022 et dont les objectifs incluent le renforcement de la gouvernance du secteur numérique, l'amélioration de l'accès des populations aux services numériques, le développement de l'innovation et de la recherche, ainsi que l'augmentation de l'offre de services numériques. Son impact sur le développement du secteur agricole et de l'économie rurale s'enrichira d'une approche transversale de l'ingénierie des politiques de développement par le numérique, en considérant les problèmes multidimensionnels d'accessibilité et en assurant leur soutenabilité et la viabilité technique, sociale, environnementale et financière (Suri & Udry, 2022 ; Aker & Cariolle, 2023, Abate et al., 2023). Certaines pistes sont évoquées ci-dessous.

6.2.1. Poursuivre les efforts de déploiement conjoint des infrastructures de connectivité et énergétiques

Ces efforts peuvent porter non seulement sur l'extension des réseaux mobiles et Internet, particulièrement en zones rurales et périurbaines, mais aussi sur la mise en place de politiques de régulation et de redistribution favorisant l'accès abordable à ces technologies. Comme décrit précédemment dans ce rapport, de nombreuses études ont montré qu'il existe encore une fracture numérique marquée entre les zones urbaines et rurales dans la région de l'UEMOA (Nonvide & Alinsato, 2023). Des études de cas peuvent aider à mettre en lumière l'impact de cette fracture en termes d'accès sur les communautés locales individuelles. Par exemple, des éleveurs peuls du nord du Bénin ont indiqué qu'ils devaient utiliser plusieurs cartes SIM différentes pour maintenir leur connexion lorsqu'ils se déplaçaient avec leurs troupeaux (Djohy, Edja, & Schareika, 2017). Ainsi, au-delà du strict déploiement de l'infrastructure, l'accès aux réseaux mobiles peut être amélioré par la création de cadres réglementaires visant à encourager le partage des infrastructures, comme l'itinérance nationale sur les réseaux, la mutualisation des réseaux sans mutualisation des fréquences (MORAN) ou avec mutualisation des fréquences (MOCN).

En parallèle de l'infrastructure mobile, les habitants des zones rurales ont également besoin d'une source d'électricité fiable pour recharger leurs appareils. L'initiative de mettre en place des systèmes d'électrification décentralisée, à la fois hors réseau et par mini-réseaux, apparaît comme une stratégie viable et durable pour améliorer l'accès aux télécommunications des ménages. Cette approche est soutenue par diverses études (Berthelemy & Millien, 2018; Berthelemy & Nossek, 2018; Berthelemy, 2019). Dans certains pays d'Afrique sub-saharienne et d'Asie du Sud-Est, des zones rurales s'appuient sur l'énergie solaire générée localement et distribuée *via* des mini-réseaux ou des systèmes hors réseau, et accessibles par paiement mobile. Par exemple, Lumos Global en Afrique de l'Ouest commercialise un kit solaire domestique portable, activable par paiement mobile, qui peut recharger des appareils de communication tels que téléphones, tablettes, ou laptops (Orpaz, 2013; USAID, 2016). Cette solution a également été mise en avant par Emeana et al. dans leur revue des initiatives mAgri en Afrique subsaharienne : tandis que certaines plateformes mAgri ont échoué en raison du manque d'accès à l'électricité, des organisations telles que la *One Acre Fund*³⁴ ont tenté de

³⁴ <https://oneacrefund.org/>

résoudre ce problème en fournissant des chargeurs solaires aux ménages à crédit ou à faible coût (Emeana, Trenchard, & Dehnen-Schmutz, 2020).

Pour ce qui concerne l'alimentation en électricité de l'infrastructure du dernier kilomètre, divers projets ont démontré la possibilité d'alimenter en énergie renouvelable les antennes mobiles dans les régions isolées, permettant ainsi aux habitants d'accéder à des services de téléphonie mobile, y compris à haut débit (GSMA, 2020). En effet, les antennes mobiles en zone rurale dépendent souvent de générateurs diesel, ce qui engendre des coûts environnementaux et économiques importants pour les opérateurs de téléphonie mobile. Cependant, durant la dernière décennie, parmi les millions d'antennes mobiles installées à l'échelle mondiale, un nombre croissant fonctionne à l'énergie renouvelable, notamment *via* des panneaux solaires. Par exemple, au Mali, la GSMA (2020) faisait état de 1419 sur 3218 antennes alimentées par des énergies renouvelables, y compris par des systèmes hybrides solaires.

6.2.2. Articuler les politiques d'innovation et de numérisation avec les politiques agricoles

En dépit d'un enthousiasme avéré pour les initiatives mAgri en Afrique subsaharienne, confirmé par leur multiplication durant la décennie, ces dernières ont jusqu'à ce jour souvent souffert d'un faible ancrage dans les populations locales, d'une confiance et d'une soutenabilité limitées, comme l'ont montré les études quantitatives et qualitatives sur le sujet menées dans la région (Emeana et al., 2020; Aker & Cariolle, 2023; Abate et al, 2023). Ainsi, de nombreuses initiatives numériques ne parviennent pas à dépasser le stade du projet pilote en raison de ces divers obstacles, mentionnés précédemment, auxquels s'ajoutent le manque de financement, des rythmes de développement asynchrones entre les outils numériques et les pratiques agricoles, et une demande insuffisante pour de tels produits en partie due à la mauvaise compréhension des conditions du marché local par les développeurs.

Étant donné ces difficultés et ces obstacles, les politiques de soutien à la recherche et au développement dans le secteur agricole, notamment à l'innovation ascendante à travers par exemple les incubateurs de startups et des financements dédiés, ont un rôle à jouer. Elles pourront stimuler le développement et le design d'applications et de services numériques davantage adaptés aux besoins spécifiques des agriculteurs de l'UEMOA. Elles pourront également être définies en harmonie avec les stratégies numériques nationales, selon une approche intersectorielle favorisant les effets de débordement des technologies numériques entre le secteur agricole et les autres secteurs de l'économie. Renforcer la coopération entre les pays membres de l'UEMOA pour harmoniser les politiques numériques et agricoles est également une dimension à considérer, par exemple, par la mise en place de normes communes pour le commerce électronique transfrontalier, facilitant ainsi l'accès aux marchés régionaux. La question de la fiscalité des télécoms, soulevée dans la sous-section précédente, mériterait également d'être traitée au niveau régional et en coordination avec les politiques numériques et agricoles.

6.2.3. Renforcer le suivi du secteur agricole et du monde rural

Enrichir les mécanismes de suivi et d'évaluation par l'utilisation des données massives et l'apprentissage machine, notamment pour mesurer l'impact de la digitalisation sur les marchés agricoles et sur les niveaux de vie des ménages ruraux, pourrait être utile pour orienter les politiques publiques et assurer leur efficacité. Les traces numériques laissées par les utilisateurs de la téléphonie mobile peuvent être en effet combinées aux images satellitaires pour effectuer des cartographies en temps réel de la pauvreté, pouvant être ensuite mobilisées pour cibler les bénéficiaires de transferts

sociaux de manière efficiente et relativement immédiate dans les situations d'urgence (Aiken et al., 2022, 2023a). Une telle approche a été suivie avec succès au Togo, grâce au programme Novissi, durant la pandémie pour cibler les populations éligibles aux aides d'Etat, distribuées ensuite par monnaie mobile (Aiken et al., 2022). Bien que ce programme ait eu des effets tangibles sur la réduction de la pauvreté, une recherche récente a cependant montré que les données sur les traces numériques et l'imagerie satellitaire ne sont pas la panacée pour mesurer les impacts à court termes de politiques publiques sur la pauvreté, notamment dans les zones rurales où les niveaux de vie sont relativement homogènes (Aiken et al, 2023b). Cette approche n'est donc pas un substitut parfait aux méthodes plus traditionnelles de ciblage, et son potentiel est probablement augmenté lorsqu'elle est combinée aux données d'enquête ou de recensement, en particulier pour l'évaluation des politiques publiques à court terme comme les transferts monétaires en temps de crise.

Pour cette raison, les recensements de la population et autres enquêtes menées par les différents services de l'État sont des outils privilégiés pour recueillir des données solides sur le niveau de vie, les pratiques agricoles, la disponibilité des réseaux mobiles et les usages numériques par les ménages. Outre les enquêtes de population à grande échelle, telles que les EHCVM utilisées dans ce rapport et portées par la Commission UEMOA et les Instituts Nationaux Statistiques, les efforts de suivi-évaluation devraient également porter sur les différents projets et interventions mis en œuvre par les partenaires ONG et internationales, surtout en ce qui concerne le déploiement des applications mobiles mAgri, les systèmes d'information sur les marchés, les plateformes numériques de vulgarisation agricole et les services financiers numériques, y compris la monnaie mobile. Ces outils de suivi-évaluation peuvent intégrer des méthodes mixtes, en utilisant des données quantitatives et qualitatives pour évaluer le succès des initiatives mobiles. Cela inclut les groupes de discussion menés auprès des producteurs et des entretiens auprès des informateurs clés pour comprendre les succès ainsi que les obstacles liés à l'adoption de la téléphonie mobile et des services qui lui sont associés.

7. CONCLUSION

Cette étude met en perspective la façon dont les infrastructures de connectivité et l'adoption des technologies mobiles et de l'Internet peuvent transformer les dynamiques socio-économiques dans les zones rurales et urbaines des États membres de l'UEMOA. L'analyse porte sur différents aspects, notamment les niveaux et la dispersion des prix, la diversité et les quantités de denrées alimentaires consommées et achetées par les ménages, ainsi que les dépenses totales des ménages, ventilées entre les produits alimentaires et non alimentaires.

L'étude montre tout d'abord qu'une meilleure couverture Internet mobile aboutit à une hausse du niveau des prix des denrées alimentaires, et une réduction de leur dispersion spatiale, tirées par la digitalisation des zones rurales. Ces effets, confirmant à grande échelle les résultats d'études nationales ou locales, sont généralement attribués au canal de l'offre. En d'autres termes, un meilleur accès à l'information sur les conditions de marchés pour les agriculteurs, notamment sur les prix, améliore l'arbitrage spatial dans l'allocation de leur production aboutissant à un rééquilibrage entre marchés en pénurie et marchés en surabondance.

Une contribution originale de ce rapport est qu'il met en évidence le rôle de la demande de denrées alimentaire par les ménages agricoles connectés, plus particulièrement en zones rurales, pour expliquer la convergence des prix. Pour cette raison, cette étude examine ensuite l'impact de la téléphonie mobile et de l'Internet sur la consommation de denrées alimentaires au niveau des ménages. Il apparaît que l'accès à la téléphonie mobile augmente la diversité des produits de base consommés par les ménages, en particulier dans les zones rurales.

En plus d'améliorer le fonctionnement des marchés agricoles et la diversification alimentaire, l'amélioration de la connectivité mobile des ménages augmente de manière significative les quantités d'aliments consommés et achetés, ainsi que leurs dépenses alimentaires comme non alimentaires. Cette augmentation de la diversité, de la quantité et des dépenses dans la consommation alimentaire est concomitante avec une baisse de la diversité et de la quantité des produits alimentaires autoconsommés, ce qui suggère que la digitalisation par l'accès à la téléphonie mobile stimule la transition d'une économie de subsistance à une économie de marché. L'impact de l'accès à Internet sur ces mêmes dimensions est en revanche plus modéré et moins net, probablement du fait de son coût élevé et d'une moindre capacité d'absorption des technologies basées sur Internet par les populations, notamment rurales.

Dernier point, mais non des moindres, ces résultats pris dans leur ensemble pointent l'existence d'externalités négatives fortes et un risque de décrochage pour les ménages enquêtés situés en zone couverte par le réseau Internet mobile et faiblement digitalisés, dont les membres ont un accès limité voire inexistant à la téléphonie mobile. La hausse des prix consécutive à l'amélioration de la connectivité augmente mécaniquement le coût de la vie pour ces ménages, qui ne bénéficient pas

de l'amélioration des conditions de vie concomitantes. Il est donc crucial pour les décideurs de réduire la fracture numérique en termes d'usage, par la mise en place de politiques coordonnées aux niveaux national et régional visant à améliorer l'accessibilité financière des technologies mobiles, l'alphabétisation des populations, l'accès à l'énergie, et à favoriser l'émergence et le passage à l'échelle d'innovations adaptées aux besoins et aux usages des populations bénéficiaires.

En conclusion, la digitalisation offre des opportunités considérables pour dynamiser les marchés agricoles de l'UEMOA. Cependant, pour réaliser pleinement son potentiel, une approche holistique, coordonnée et intégrée, impliquant des politiques nationales et communautaires adaptées, est essentielle. En adoptant ces stratégies, les États membres de l'UEMOA peuvent non seulement améliorer le fonctionnement du secteur agricole, mais aussi favoriser un développement économique inclusif et durable dans la région.

BIBLIOGRAPHIE

Abate, G. T., Abay, K. A., Chamberlin, J., Kassim, Y., Spielman, D. J., & Tabe-Ojong, M. P. J. (2023). Digital tools and agricultural market transformation in Africa: Why are they not at scale yet, and what will it take to get there? *Food Policy*, 116, 102439.

Abounabhan, M.; Diouf, A.; Santoro, F.; Sakyi-Nyarko, C. & Scarpini, C. (2024) Mobile Money Taxes: Knowledge, Perceptions and Politics. The Case of Ghana, ICTD Working Paper 183, Brighton: Institute of Development Studies, DOI: 10.19088/ICTD.2024.008

Aker, J. C. (2010). Information from Markets Near and Far: Mobile Phones and Agricultural Markets in Niger. *American Economic Journal: Applied Economics*, 2(3), 46–59. doi:10.1257/app.2.3.46

Aker, J. C. (2011). Dial “A” for agriculture: a review of information and communication technologies for agricultural extension in developing countries. *Agricultural economics*, 42(6), 631-647.

Aker, J. C. (2017). Using digital technology for public service provision in developing countries. *Digital Revolutions in Public Finance*, 201-224.

Aker J. C., & Blumenstock, J. E. (2014). The Economic Impacts of New Technologies in Africa. In *The Oxford Handbook of Africa and Economics*, 354-371. Oxford University Press. doi:10.1093/oxfordhb/9780199687107.013.021

Aker J., & Cariolle J. (2020). “Digital for Development in Sub-Saharan Africa. Opportunities and Challenges”, Summary reports, FERDI Digital Trust Chair, September 2020

Aker, J. & Cariolle, J. *Mobile Phones and Development in Africa: Does the Evidence Meet the Hype?* Palgrave Studies in Agricultural Economics and Food Policy Series, Palgrave MacMillan, Springer Nature, 2023.

Aker, J. C., & Fafchamps, M. (2015). Mobile phone coverage and producer markets: Evidence from West Africa. *The World Bank Economic Review*, 29(2), 262-292.

Aker, J. C., & Ksoll, C. (2016). Can mobile phones improve agricultural outcomes? Evidence from a randomized experiment in Niger. *Food Policy*, 60, 44-51.

Aker, J. C., & Mbiti, I. M. (2010). Mobile phones and economic development in Africa. *Journal of Economic Perspectives*, 24(3), 207-32. doi:10.1257/jep.24.3.207

Aker, J. C., Ghosh, I., & Burrell, J. (2016). The promise (and pitfalls) of ICT for agriculture initiatives. *Agricultural economics*, 47(S1), 35-48. doi:10.1111/agec.12301

Aiken, E., Bellue, S., Karlan, D., Udry, C., & Blumenstock, J. E. (2022). Machine learning and phone data can improve targeting of humanitarian aid. *Nature*, 603(7903), 864-870.

Aiken, E. L., Bedoya, G., Blumenstock, J. E., & Coville, A. (2023a). Program targeting with machine learning and mobile phone data: Evidence from an anti-poverty intervention in Afghanistan. *Journal of Development Economics*, 161, 103016.

Aiken, E., Bellue, S., Blumenstock, J., Karlan, D., & Udry, C. R. (2023b). Estimating Impact with Surveys versus Digital Traces: Evidence from Randomized Cash Transfers in Togo (No. w31751). National Bureau of Economic Research.

Albrecht, R., S. Goodman, D. Buechler, R. Blakeslee, & H. Christian. (2016). LIS 0.1 Degree Very High Resolution Gridded Lightning Climatology Data Collection. Data sets available online [<https://ghrc.nsstc.nasa.gov/pub/lis/climatology/LIS/>] from the NASA Global Hydrology Resource Center DAAC, Huntsville, Alabama, U.S.A. doi: <http://dx.doi.org/10.5067/LIS/LIS/DATA306>

- Andersen, T. B., Bentzen, J., Dalgaard, C. J., & Selaya, P. (2011). Does the Internet reduce corruption? Evidence from US states and across countries. *The World Bank Economic Review*, 25(3), 387-417.
- Andrews, I., Stock, J. H., & Sun, L. (2019). Weak instruments in instrumental variables regression: Theory and practice. *Annual Review of Economics*, 11, 727-753.
- Battersby, J., & Crush, J. The making of urban food deserts. In Eds Crush, J. & Battersby, J. *Rapid Urbanisation, Urban Food Deserts and Food Security in Africa*, 1-18, 2016.
- Battersby, J., & Watson, V. (2018). Addressing food security in African cities. *Nature Sustainability*, 1(4), 153-155.
- Berthelemy J.C. (2019) " Challenges of decentralized electrification for economic development: lessons from experience", FERDI Policy Brief B194.
- Berthelemy J-C, Millien A. (2018) "Impact of decentralized electrification projects on sustainable development: A meta-analysis", Ferdi Document de Travail P240.
- Berthelemy J-C., Nossek V. (2018) "L'électrification décentralisée dans l'UEMOA : leçons de l'expérience et recommandations", Ferdi Note brève B182.
- Björkegren, D. (2019). The adoption of network goods: Evidence from the spread of mobile phones in Rwanda. *The Review of Economic Studies*, 86(3), 1033-1060.
- Bresnahan, T. F., & Trajtenberg, M. (1995). General purpose technologies 'Engines of growth'? *Journal of econometrics*, 65(1), 83-108.
- Buys, P., Dasgupta, S., Thomas, T. S., & Wheeler, D. (2009). Determinants of a digital divide in Sub-Saharan Africa: A spatial econometric analysis of cell phone coverage. *World Development*, 37(9), 1494-1505.
- Cariolle, J. (2020). Digital spillovers and SMEs' performance in Sub-Saharan Africa (No. B210). FERDI Policy Brief.
- Cariolle, J. (2021). International connectivity and the digital divide in Sub-Saharan Africa. *Information Economics and Policy*, 55, 100901.
- Cariolle, J., & Le Goff, M. (2023). Spatial Internet spillovers in manufacturing. *The Journal of Development Studies*, 59(8), 1-24.
- Cariolle, J., & Léon, F. (2022). How Internet helped firms cope with COVID-19 (No. P300). FERDI Working Paper.
- Carroll, D. A., II. (2024). Sustainability of Rural Development Programs in Improving Smallholder Farmer Livelihoods, Encouraging Adoption of Good Agricultural Practices, and Promoting Environmental Protection: A Mixed-Methods Post-Program Study of Sanmatenga Province, Burkina Faso. (Ph.D.). Tufts University, Gerald J. and Dorothy R. Friedman School of Nutrition Science and Policy, United States -- Massachusetts. Dissertations & Theses @ Tufts University; ProQuest Dissertations & Theses Global database. (30989284)
- Carroll D. A., Cariolle J. (2020). Advancing digital frontiers in African economies: lessons learned from firm-level innovations, FERDI Working paper P281, December
- Casaburi, L., Kremer, M., & Ramrattan, R. (2019). Crony capitalism, collective action, and ICT: Evidence from Kenyan contract farming. PEDL Research Paper.
- Choi, J., Dutz, M., Usman, Z. (2020). *The Future of Work in Africa: Harnessing the Potential of Digital Technologies for All*. Africa Development Forum. ©Washington, DC: World Bank. <http://hdl.handle.net/10986/32124> License: CC BY 3.0 IGO.

- Courtois, P., & Subervie, J. (2014). Farmer bargaining power and market information services. *American Journal of Agricultural Economics*, 97(3), 953-977.
- Crémer, J. Rey, P. & Tirole, J. (2000). "Connectivity in the Commercial Internet", *The journal of industrial economics*, 48(4), 433-472.
- Deichmann, U., Goyal, A., & Mishra, D. (2016). Will digital technologies transform agriculture in developing countries? *Agricultural Economics*, 47(S1), 21-33.
- Djohy, G., Edja, H., & Schareika, N. (2017). Mobile Phones and Socio-economic Transformation Among Fulani Pastoralists in Northern Benin. *Nomadic peoples*, 21(1), 111-135. doi:10.3197/np.2017.210106
- Dzanku, F. M., Osei, R., & Osei Akoto, I. (2021). The impact of mobile phone voice message reminders on agricultural outcomes in Mali. *Agricultural Economics*, 52(5), 789-806. doi:10.1111/agec.12654
- Emeana, E. M., Trenchard, L., & Dehnen-Schmutz, K. (2020). The revolution of mobile phone-enabled services for agricultural development (m-Agri services) in Africa: The challenges for sustainability. *Sustainability (Basel, Switzerland)*, 12(2), 485. doi:10.3390/su12020485
- Fabregas, R., Kremer, M., & Schilbach, F. (2019). Realizing the potential of digital development: The case of agricultural advice. *Science*, 366(6471), eaay3038.
- Fabregas, R., Harigaya, T., Kremer, M., & Ramrattan, R. (2022). Digital agricultural extension for development. In *Introduction to Development Engineering: A Framework with Applications from the Field* (pp. 187-219). Cham: Springer International Publishing.
- Guriev, S., Melnikov, N., & Zhuravskaya, E. (2021). 3g Internet and confidence in government. *The Quarterly Journal of Economics*, 136(4), 2533-2613.
- Hatte, S., Loper, J., & Taylor, T. (2023). Connecting the Unconnected: Facebook Access and Female Political Representation in Sub-Saharan Africa. In *Bocconi Seminars-Development Labor Political Economy-DLPE*, Oct. 2023, Milan, Italy
- Hjort, J., & Poulsen, J. (2019). The arrival of fast Internet and employment in Africa. *American Economic Review*, 109(3), 1032-1079.
- Houngbonon, G. V., Mensah, J. T., & Traore, N. (2022). The impact of Internet access on innovation and entrepreneurship in Africa. *Policy Research Working Paper 9945*. Development Impact Department, International Finance Corporation: The World Bank Group.
- Huneus, F., & Rogerson, R. (2020). *Heterogeneous paths of industrialization* (No. w27580). National Bureau of Economic Research. doi:10.3386/w27580
- ITU. (2003). K.60 - Series K: Protection Against Interference-Emission Limits and Test Methods for Telecommunication Networks, *ICT Data and Statistics, Division Telecommunication Development Bureau, International Telecommunication Union*.
- Katz, M. L., & Shapiro, C. (1985). Network externalities, competition, and compatibility. *The American economic review*, 75(3), 424-440.
- Kruse, H., Mensah, E., Sen, K., & de Vries, G. (2023). A manufacturing (Re) naissance? Industrialization in the developing world. *IMF Economic Review*, 71(2), 439-473.
- Manacorda, M., & Tesei, A. (2020). Liberation technology: Mobile phones and political mobilization in Africa. *Econometrica*, 88(2), 533-567.

- Maredia, M. K., Reyes, B., Ba, M. N., Dabire, C. L., Pittendrigh, B., & Bello-Bravo, J. (2018). Can mobile phone-based animated videos induce learning and technology adoption among low-literate farmers? A field experiment in Burkina Faso. *Information Technology for Development*, 24(3), 429-460.
- Marsh, I. W., Rincon-Aznar, A., Vecchi, M., & Venturini, F. (2017). We see ICT spillovers everywhere but in the econometric evidence: a reassessment. *Industrial and Corporate Change*, 26(6), 1067-1088.
- Martin, A. (2016). Effects of lightning on ICT circuits: Induction and GCR. *Compliance Magazine*, pages 36–46.
- Mothobi, O., & Grzybowski, L. (2017). Infrastructure deficiencies and adoption of mobile money in Sub-Saharan Africa. *Information Economics and Policy*, 40, 71-79.
- Murendo, C., Wollni, M., De Brauw, A., & Mugabi, N. (2018). Social network effects on mobile money adoption in Uganda. *The journal of development studies*, 54(2), 327-342.
- Muto, M., & Yamano, T. (2009). The impact of mobile phone coverage expansion on market participation: Panel data evidence from Uganda. *World development*, 37(12), 1887-1896.
- Nakasone, E. (2013). The role of price information in agricultural markets: experimental evidence from rural Peru. 2013 Annual Meeting, August 4-6, 2013, Washington, D.C. 150418, Agricultural and Applied Economics Association.
- Nonvide, G. M. A., & Alinsato, A. S. (2023). Who uses mobile money, and what factors affect its adoption process? Evidence from smallholder households in Cote d'Ivoire. *Journal of financial services marketing*, 28(1), 117-127. doi:10.1057/s41264-022-00144-1
- Ochoa, G. R., Lach, S., Masaki, T., & Rodríguez-Castelán, C. (2022). Mobile Internet adoption in West Africa. *Technology in society*, 68, 101845. doi:10.1016/j.techsoc.2021.101845
- Orpaz, I. (2013). Israeli start-up provides electricity to remote regions around the globe. Haaretz: Israel News – Business.
- Rodrik, D. (2016). Premature deindustrialization. *Journal of economic growth*, 21, 1-33.
- Rota-Graziosi, G., & Sawadogo, F. (2022). The tax burden on mobile network operators in Africa. *Telecommunications Policy*, 46(5), 102293.
- Schroeder, K., Lampietti, J., & Elabed, G. (2021). What's cooking: Digital transformation of the Agrifood system. World Bank Publications.
- Soldani, E., Hildebrandt, N., Nyarko, Y., & Romagnoli, G. (2023). Price information, inter-village networks, and “bargaining spillovers”: Experimental evidence from Ghana. *Journal of Development Economics*, 103100.
- Spielman, D., Lecoutere, E., Makhija, S., & Van Campenhout, B. (2021). Information and communications technology (ICT) and agricultural extension in developing countries. *Annual Review of Resource Economics*, 13, 177-201.
- Suri, T., & Udry, C. (2022). Agricultural technology in Africa. *Journal of Economic Perspectives*, 36(1), 33-56.
- Svensson, J., & Yanagizawa, D. (2009). Getting prices right: the impact of the market information service in Uganda. *Journal of the European Economic Association*, 7(2-3), 435-445.
- Tack, J., & Aker, J. C. (2014). Information, mobile telephony, and traders' search behavior in Niger. *American Journal of Agricultural Economics*, 96(5), 1439-1454.

Tawodzera, G., Riley, L., & Crush, J. (2016). *The Return of Food: Poverty and Urban Food Security in Zimbabwe after the Crisis* (rep., pp. i-38). Kingston, ON and Cape Town: African Food Security Urban Network. Urban Food Security Series No. 22.

USAID. (2016). *Power Africa partner spotlight: Nova-Lumos and Opic: Connecting Nigerians beyond the grid*.

Van Campenhout, B. (2021). The role of information in agricultural technology adoption: Experimental evidence from rice farmers in Uganda. *Economic Development and Cultural Change*, 69(3), 1239-1272.

Van Campenhout, B., Spielman, D. J., & Lecoutere, E. (2021). Information and communication technologies to provide agricultural advice to smallholder farmers: Experimental evidence from Uganda. *American Journal of Agricultural Economics*, 103(1), 317-337.

Zanello, G., Srinivasan, C. S., & Shankar, B. (2014). Transaction costs, information technologies, and the choice of marketplace among farmers in Northern Ghana. *The Journal of Development Studies*, 50(9), 1226-1239.

Zeddiam, A., & Day, P. "Improving the protection of ICT equipment against lightning strikes" Technical report, ITU News (2014), <https://news.itu.int/improving-protection-ict-equipment-lightning-strikes/> (consulté le 09/08/2023).

Zougmore, R. B., & Partey, S. T. (2022). *Gender Perspectives of ICT Utilization in Agriculture and Climate Response in West Africa: A Review*. Sustainability (Basel, Switzerland), 14(19), 12240. doi:10.3390/su141912240.

“Sur quoi la fondera-t-il l'économie du monde qu'il veut gouverner ? Sera-ce sur le caprice de chaque particulier ? Quelle confusion ! Sera-ce sur la justice ? Il l'ignore.”

Pascal



Créée en 2003, la **Fondation pour les études et recherches sur le développement international** vise à favoriser la compréhension du développement économique international et des politiques qui l'influencent.



Contact

www.ferdi.fr

contact@ferdi.fr

+33 (0)4 43 97 64 60