

## Traque des innovations numériques au service de la transition agroécologique au Bénin

Nicolas Paget<sup>1,\*</sup> , Idrissa Nacambo<sup>1,2</sup> , Stéphane Fournier<sup>2</sup>  et Ismaïl Moumouni-Moussa<sup>3</sup>

<sup>1</sup> CIRAD, UMR Innovation, Montpellier, France

<sup>2</sup> Innovation, Univ Montpellier, CIRAD, INRAE, Institut Agro, Montpellier, France

<sup>3</sup> Laboratoire de recherche sur l'innovation pour le développement agricole, Université de Parakou, Parakou, Bénin

**Résumé** – Face au défi alimentaire et aux instabilités climatiques, l'agriculture du Bénin doit accroître ses performances économiques, sociales et environnementales, en particulier par le développement de l'agroécologie. Le numérique est souvent cité comme un levier majeur de la transition agroécologique, mais les innovations numériques en agriculture au Bénin restent peu visibles. En mobilisant et en adaptant au numérique la méthodologie de la traque aux innovations des systèmes de culture hors normes, cet article explore certaines innovations numériques dans le secteur agricole au Bénin et s'interroge sur leur capacité à jouer un rôle dans la transition agroécologique. Nos travaux apportent deux contributions principales : la première est méthodologique et montre qu'il est possible de tirer des enseignements de l'application de la traque aux innovations à un autre objet et d'élargir le domaine d'application de la méthode. La seconde est analytique. Partant de la définition d'une situation de référence, nous avons repéré, décrit, analysé et évalué 21 solutions numériques utilisées en agriculture au Bénin, ainsi que les contraintes auxquelles les porteurs sont confrontés. Ces solutions ont été regroupées en deux types : les solutions de collecte de données pour l'aide à la décision et le pilotage, et les plateformes d'échanges et de partage d'informations et de connaissances. Les innovations les plus originales dans le contexte béninois consistent en la combinaison de solutions d'échange d'information et d'utilisation de moteurs d'intelligence artificielle. Les principales contraintes au développement de ces innovations sont relatives au manque de matériel, d'infrastructures et de compétences.

**Mots clés** : critères d'évaluation / *Technology Readiness Level* / freins / Bénin

**Abstract** – **Tracking digital innovations for agroecology in Benin.** Faced with the food challenge and climatic instabilities, agriculture in Benin must increase its economic, social and environmental performance. Due to its multiple assets, agroecology has interested the Beninese government for several years. Digital technology is often cited as a major lever for the agroecological transition, but digital innovations in agriculture in Benin are mostly unknown. By mobilizing and adapting the methodology of tracking on-farm innovations to reveal alternative cropping systems to the digital world, this paper uncovers digital innovations in the agricultural sector in Benin and questions their ability to contribute to the agroecological transition. Our work makes two main contributions: the first is methodological and shows that it is possible to adapt the tracking of on-farm innovations to the tracking of digital innovations. The second is descriptive and analytical. Starting from the definition of a reference situation, we have identified, described, analyzed and evaluated 21 digital solutions used in agriculture in Benin as well as the constraints faced by their holders. We grouped these solutions into two types: digital solutions for data collection and decision aid, and platforms for exchanging and sharing knowledge. The main innovations consist of a combination of information exchange solutions and the use of artificial intelligence engines. The main constraints identified are the lack of equipment, infrastructure and skills.

**Keywords:** evaluation criteria / *Technology Readiness Level* / obstacles / Benin

\*Auteur de correspondance : [nicolas.paget@cirad.fr](mailto:nicolas.paget@cirad.fr)

## Introduction

L'avènement du numérique suscite beaucoup d'espoirs en ce qui concerne les modes d'organisation des agriculteurs et la gestion de leurs exploitations (Aker *et al.*, 2016). Le numérique s'imisce dans un grand nombre de domaines comme les pratiques de pilotage et de précision des systèmes, les modes de recherche et de partage d'informations et de connaissances, la diffusion de vidéos (Zossou *et al.*, 2009) et les plateformes de mise en relation entre acteurs des filières, et entre producteurs et consommateurs (Huet et Morinière, 2020). Nous entendons par numérique ce qui fait appel à des terminaux électroniques comme les ordinateurs ou les téléphones portables et qui peut être échangé par l'intermédiaire de réseaux comme Internet.

Grâce au déploiement de nouveaux réseaux électriques et numériques, centralisés ou non, à la baisse du coût des terminaux et à l'appropriation de ces technologies, l'Afrique subsaharienne adopte et adapte les dernières technologies numériques massivement et à une vitesse de plus en plus grande (Adeleye et Eboagu, 2019 ; Kiyindou *et al.*, 2015). La pénétration d'Internet y progresse, en particulier grâce à la connectivité *via* les mobiles (Berrou et Mellet, 2020; Duncombe, 2016), qui ouvrent la voie à de nombreuses fonctionnalités potentielles : partage d'information et apprentissage, services financiers, coordination d'acteurs (Baumüller, 2018). Le numérique pourrait renforcer la capacité des communautés agricoles à se connecter aux banques de connaissances, aux réseaux et aux institutions et améliorer la rentabilité, la sécurité alimentaire et les possibilités d'emploi (Aker *et al.*, 2016). Le rapport du CTA (2019) sur la numérisation de l'agriculture africaine recense plus de 390 solutions numériques dans l'agriculture africaine, mais sans exemple au Bénin.

Internet est de plus en plus répandu au Bénin (Internet Society, 2020) et le gouvernement mise sur le développement du numérique. Il a mis en place un ministère du Numérique et de la Digitalisation (<https://numerique.gouv.bj/>) et une Agence pour le développement du numérique (<https://adn.bj/>), ainsi qu'une stratégie spécifique à l'agriculture (MAEP et MENC, 2019). Comme dans d'autres pays africains, les bailleurs internationaux financent l'installation de réseaux mobiles dans les campagnes (World Bank, 2019). Le nombre d'abonnements mobiles poursuit sa progression et atteint 8,77 millions en 2017, soit plus de 70 % de la population (MAEP et MENC, 2019). Ce développement du numérique devrait notamment profiter à l'agriculture, qui représente toujours au Bénin une part centrale de l'organisation économique et sociale, en employant près de 70 % de la population (INSAE, 2016).

Le pays est confronté à des défis majeurs d'insécurité alimentaire et de changements climatiques (Yaï *et al.*, 2020). Du fait de sa portée sociale, économique et environnementale, l'agroécologie fait également partie des objectifs du gouvernement (MAEP, 2017). La prise de conscience progressive du changement climatique implique une transition des systèmes de production vers des modes plus résilients (Duru *et al.*, 2015). Les enjeux principaux de la transition agroécologique au Bénin sont ainsi de produire suffisamment pour répondre aux besoins alimentaires d'une population croissante, et d'une

manière respectueuse des producteurs, des travailleurs, des sols et de l'environnement en général.

Le numérique peut être un levier pour la transition agroécologique, mais rappelons qu'il n'a pas d'orientation *a priori* (Migliorini *et al.*, 2020), qu'il est à l'origine de nouvelles vulnérabilités (Schia, 2018) et qu'il soulève de nombreuses critiques. L'utilisation de technologies numériques en soutien à l'agriculture de précision (Ncube *et al.*, 2018) ou en support aux chaînes de valeur est régulièrement dénoncé comme étant une continuité du paradigme conventionnel ne permettant pas un changement de paradigme de production ou de commercialisation en profondeur (Altieri *et al.*, 2017; Prause *et al.*, 2020). Selon Lioutas *et al.* (2021), le processus de numérisation dans son ensemble risque de rendre les populations les plus défavorisées encore plus vulnérables et incite à se pencher sur l'impact social de ces technologies.

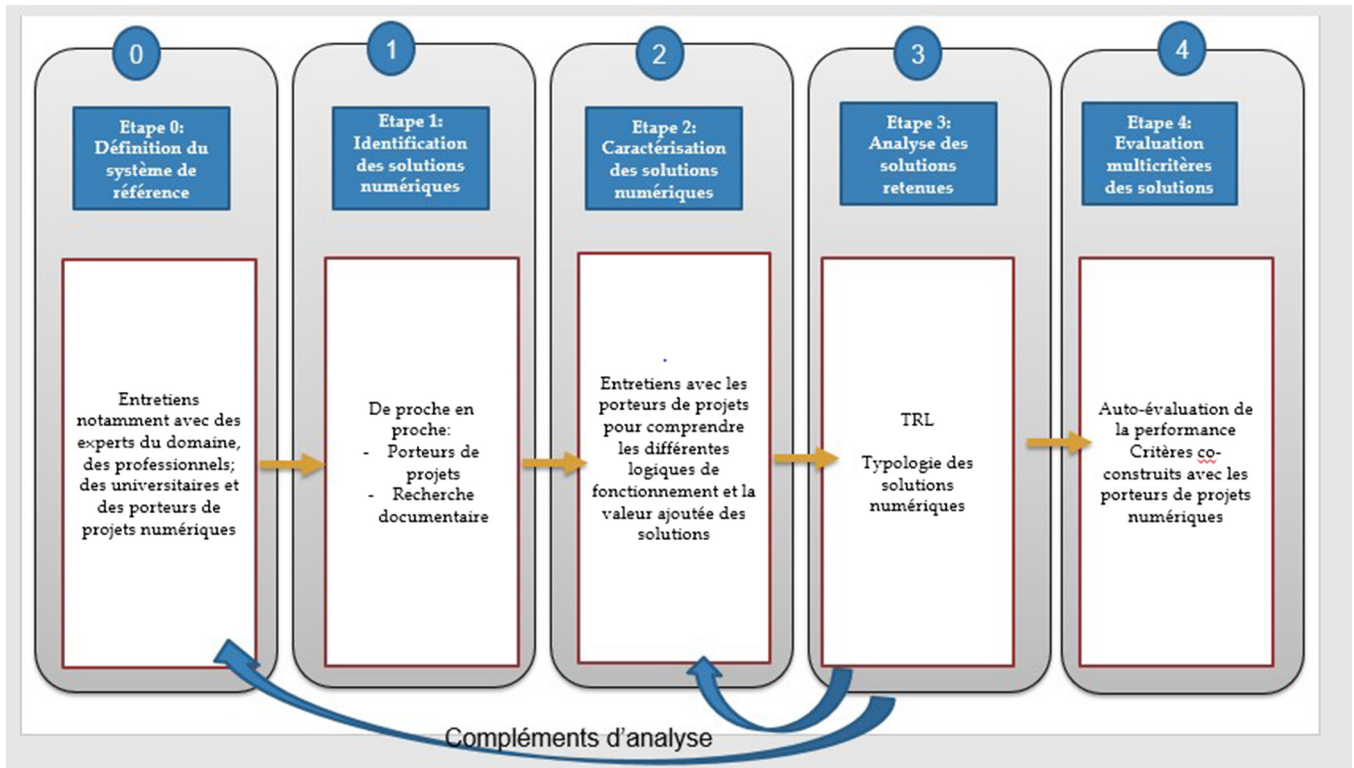
Si le numérique peut cependant jouer un rôle dans la transition agroécologique, c'est notamment en ouvrant la voie au partage d'information et de connaissances entre communautés larges et auparavant isolées (Fielke *et al.*, 2020 ; Schnebelin *et al.*, 2021). Ces processus de création et d'échanges informationnels sont au cœur de la transition agroécologique (Compagnone *et al.*, 2018). Dans leurs travaux, Kendall et Dearden (2020) démontrent les multiples impacts du développement d'un système d'information météorologique pour augmenter la résilience à court et moyen termes de petits agriculteurs en Inde, ou l'importance de concevoir des systèmes centrés sur les utilisateurs pour leur permettre l'échange de savoirs la plupart du temps tacites et situés, soutenant ainsi l'innovation culturelle. Par la facilité d'insertion dans diverses communautés élargies (producteurs, fournisseurs, acheteurs), le numérique facilite et élargit les échanges d'informations diverses et pourrait être considéré comme « *l'agriculture de précision des petits agriculteurs* » (Cheng, 2020, p. 9). Ceux-ci ont en effet moins besoin de moduler des apports d'intrants sur de larges monocultures, que d'être sûrs de choisir les bonnes pratiques, de vendre leur production au bon prix, en limitant les risques de pertes et en générant un réseau de consommateurs proches et fidèles (Espelt, 2020).

Malgré les soutiens institutionnels à la transition agroécologique et face à la diversité des développements d'applications numériques, les innovations numériques qui pourraient soutenir une transition agroécologique restent peu connues. Cet article cherche à répondre à ce manque de connaissances et à identifier et analyser des innovations numériques d'intérêt. Au-delà des inventaires déjà réalisés (par exemple CTA, 2019), il vise à éclairer les fronts d'innovation, les solutions numériques encore mal connues et à analyser leur intérêt pour la transition agroécologique au Bénin. Pour réaliser cet objectif, nous avons adapté la méthodologie de la traque des systèmes de culture atypiques au domaine des innovations numériques (Salembier *et al.*, 2021).

## Matériel et méthode

### Présentation et justification de la méthode

La méthode de « traque aux innovations » (Salembier *et al.*, 2021) repose sur une succession de cinq étapes, dont l'objectif



**Fig. 1.** Méthode de traque et d'analyse des innovations numériques.  
**Fig. 1.** Digital innovation tracking and analysis method.

est de débusquer des pratiques atypiques, de décrire et analyser les logiques sous-jacentes, d'évaluer les pratiques et *in fine* de proposer un soutien à la (co-)conception de systèmes d'innovations (Blanchard *et al.*, 2017, p. 117). Nous avons traqué les innovations numériques à l'échelle du Bénin en recherchant des développeurs informatiques proposant des outils numériques innovants pour soutenir l'agroécologie. Parmi les solutions repérées, nous avons analysé plus finement les solutions avancées en étudiant les contraintes qu'elles ont su surmonter.

### Les étapes de la méthode de traque des innovations numériques

Ce travail de traque des innovations numériques au service de la transition agroécologique au Bénin est divisé en cinq étapes principales (Fig. 1).

#### Définition du projet de traque et du système de référence

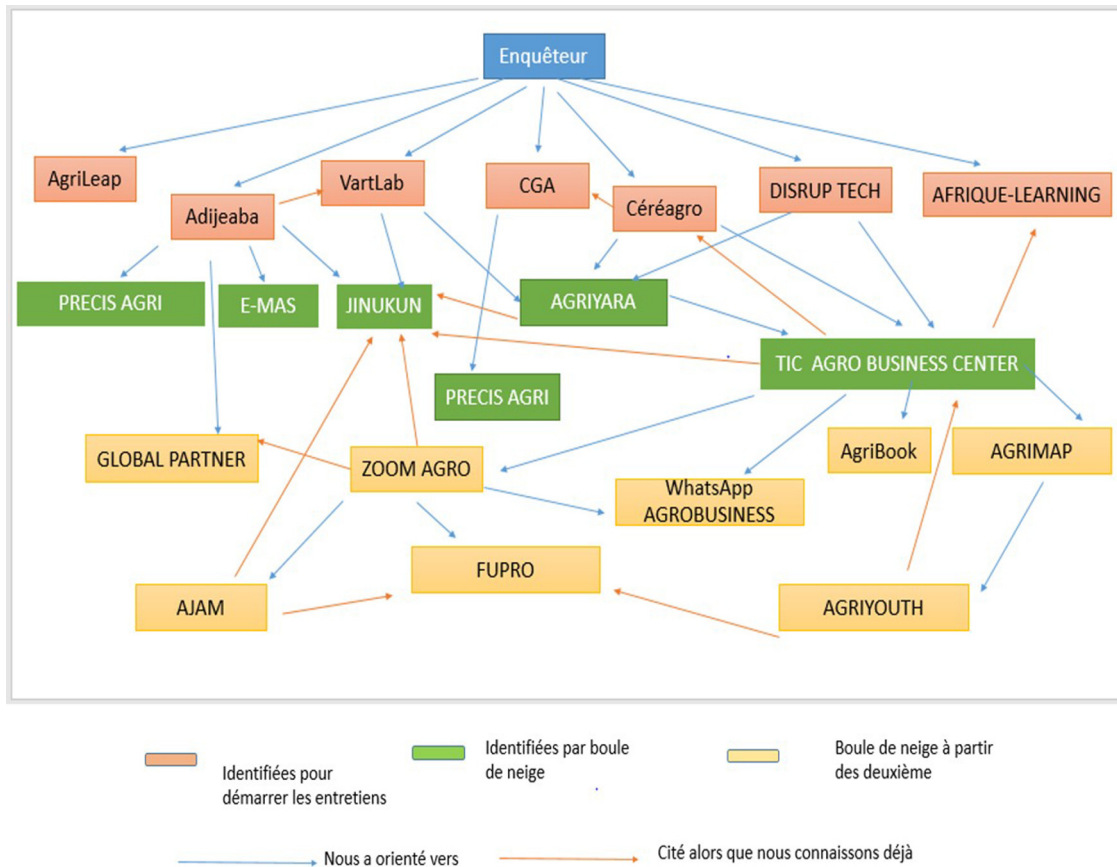
Le projet de traque de solutions numériques qui pourraient être mises au service de la transition agroécologique est ici exploratoire. Au travers d'entretiens semi-directifs auprès d'experts, de professionnels, d'universitaires et de porteurs de solutions numériques, nous avons défini un système de référence correspondant aux usages les plus répandus du numérique aujourd'hui au Bénin dont les solutions innovantes se démarquent.

#### Identification des solutions numériques

Pour identifier une diversité de cas atypiques, nous avons utilisé la méthode « de proche en proche ». Nous avons contacté sept porteurs de solutions numériques agricoles repérés par recherche documentaire et Internet (Fig. 2). Ces porteurs nous ont orienté vers d'autres porteurs dont les pratiques leur semblaient différer du système de référence et à même de soutenir la transition agroécologique. Vingt et une solutions numériques agricoles ont ainsi été identifiées (Fig. 2). Nous avons considéré avoir atteint un état de saturation à ce stade car les porteurs ne citaient plus de solutions qui nous étaient inconnues.

#### Caractérisation et typologie des solutions

Une fois les porteurs identifiés, nous avons entrepris, à travers des entretiens semi-directifs, de décrire leurs solutions. Les entretiens ont eu pour but de collecter les informations nécessaires à l'analyse de la logique de fonctionnement de chaque solution numérique agricole proposée. Les objectifs étaient de cerner le type d'acteur qui porte la solution, la solution elle-même et les raisons (économiques, sociales, environnementales, etc.) qui expliquent l'appropriation (potentielle) de la solution. Le guide d'entretien porte sur la genèse, les résultats et les effets, l'originalité subjective de la solution, les partenaires, les difficultés rencontrées dans l'utilisation, les approches adoptées pour surmonter les difficultés, les améliorations envisagées, les facteurs de



**Fig. 2.** Progression du repérage des solutions identifiées.  
**Fig. 2.** Tracking path of identified solutions.

réussite et les conseils pour une diffusion de la solution numérique agricole. Les éléments obtenus pour chaque solution ont été retranscrits sur une page synthétique renvoyée aux porteurs pour validation. Sur les 21 fiches envoyées, 16 retours validant les synthèses faites ont été obtenus. Nous avons alors classé ces solutions en deux types distincts ayant émergé de l'étude des solutions permettant de distinguer clairement deux usages : les solutions de collecte de données et d'aide à la décision, et les solutions de partage d'informations et de connaissances.

**Tri et évaluation des solutions**

Le niveau de maturité des technologies a été évalué *via* le *Technology Readiness Level* (TRL) (Mankins, 2009) dont l'Agence spatiale européenne a proposé une adaptation aux logiciels (ESA, 2013). Le TRL comporte neuf niveaux, de l'idée initiale aux multiples adaptations suite à la mise en marché. Dans notre cas, nous appellerons les trois premiers niveaux la « preuve de concept », les trois suivants les « innovations en déploiement » et les trois derniers les « solutions opérationnelles ». Nous avons soumis cette grille aux porteurs afin qu'ils y positionnent leur solution. Le positionnement sur l'échelle TRL nous a permis d'effectuer un tri, en ne retenant que les « innovations en déploiement ». Les solutions « preuve de concept » sont au niveau de l'invention et

donc pas assez avancées pour être considérées comme des innovations et les solutions « en déploiement » sont à la recherche de leur public. Les solutions « opérationnelles » sont considérées comme étant entrées dans l'usage courant. Nous avons en outre réalisé une évaluation qualitative de chaque solution pour comprendre sa viabilité et l'intérêt pour la transition agroécologique. En nous inspirant de la littérature, nous avons co-défini pendant les premiers entretiens avec nos interlocuteurs trois critères d'évaluation principaux de différenciation de ces solutions : présence et qualité d'un *business model* (Lohento et Sotande, 2019), manière de prise en compte de la réalité et capacités des utilisateurs (Kenny et Regan, 2021), prise en compte effective ou non de l'agroécologie (Kendall et Dearden, 2017).

**Collecte de données**

La collecte de données s'est déroulée de mai à août 2020, à distance, pendant une période fortement contrainte par les mesures liées à la Covid 19. Cette contrainte a pu être dépassée car nous travaillions sur des solutions numériques et nous nous entretenions principalement avec des développeurs accessibles à distance. Nous avons mené une enquête documentaire et sur Internet. Vingt et une solutions numériques agricoles ont été identifiées, analysées et catégorisées selon les usages qu'elles



**Tableau 1.** Typologie et *Technology Readiness Level* des solutions étudiées.

**Table 1.** *Typology and TRL of the studied solutions.* NB: PE = Information and knowledge sharing platforms, CD = Data collection, AD = decision aiding and conduct of operations. TRL: PC = proof of concept, ID = solution in development, SO = operational solution.

Nom de la solution	Typologie	TRL	Accès	Capacités	Business model	Agroécologie	Nombre de contraintes levées
AdiJeaba	CDAD	PC	0	0	0	0	0
Agri Map	CDAD	ID	0	0	0	0	0
AgriBook	CDAD	ID	0	0	0	0	0
AgriLeap	CDAD	ID	0	0	0	0	0
CéréAgro	PE	ID	0	0	0	0	0
Disrup Tech	PE	ID	0	0	0	0	0
E-MAS	PE	ID	0	0	0	0	0
Précis Agri	CDAD	ID	0	0	0	0	0
VartLab	CDAD	ID	0	0	0	0	0
AgriYara	PE	ID	0	1	0	0	1
AJAM	PE	ID	0	1	0	0	1
CGA	CDAD	ID	1	0	1	0	2
FUPRO	CDAD	ID	0	1	0	1	2
Zoom Agro	PE	ID	0	1	1	0	2
Global Partner	CDAD	SO	1	1	1	0	3
Our Voice	CDAD	SO	1	1	1	0	3
Groupe Whatsapp agrobusiness	PE	SO	1	1	1	0	3
Afrique Learning	PE	SO	1	1	1	1	4
JINUKUN	PE	SO	1	1	1	1	4

PE : plateformes d'échanges et de partage de connaissances ; CDAD : collecte de données et aide à la décision et au pilotage des opérations ; TRL : Technology Readiness Level ; PC : preuve de concept ; ID : innovation en déploiement ; SO : solution opérationnelle.

présentent (Tab. 2). Nous avons mené des entretiens avec des experts et des universitaires, ainsi que 20 entretiens semi-directifs d'une à deux heures avec les porteurs.

## Résultats

### Un usage simple des téléphones permet couramment l'échange d'informations

Selon nos interlocuteurs, la situation de référence prédominante et non spécifique à l'agroécologie dans le numérique se révèle correspondre à des utilisateurs de téléphones simples dans une pratique courante de services vocaux (appels) et textuels (sms) en appui à l'agriculture : prix de marchés, prévisions météo, centres d'appels de conseil agricole ou appels à réseaux personnels.

### Des solutions plus avancées pour la collecte de données et le partage de connaissances

Deux grands types de solutions se dégagent : les solutions de collecte de données pour l'aide à la décision et le pilotage, et les plateformes d'échanges et de partage d'informations et de connaissances.

Les solutions de collecte de données s'appuient sur des capteurs divers (par exemple : Global Partner s'appuie sur des drones et des satellites) pour générer des données afin de

faciliter la délimitation de parcelles ou de participer à l'agriculture de précision. Ces données sont en général analysées à travers des modèles pour proposer des prédictions et/ou des aides à la décision ou pour assister au pilotage des opérations (applications comme CGA ou Adijeaba pour l'irrigation).

Les plateformes d'échanges et de partage de connaissances comprennent les forums, réseaux, systèmes d'information de marché et sites de formation. Elles peuvent favoriser les échanges directs entre agriculteurs de façon structurée ou non (groupes WhatsApp), les formations et bulletins concentrant les connaissances (comme Jinikun ou Zoom Agro) ou adopter des solutions mixtes (comme OurVoice qui organise des projections vidéos ensuite débattues).

### Un déploiement freiné par de multiples barrières...

L'évaluation multicritères de la viabilité des solutions nous a permis de recenser un ensemble de contraintes rencontrées par les porteurs. Ces contraintes sont matérielles, infrastructurelles et de capacité des utilisateurs. L'ensemble de ces contraintes complique la mise en valeur des solutions ainsi que leur adoption par les utilisateurs.

La première contrainte est matérielle. Les capteurs sont rares et chers, les rendant difficilement accessibles aux utilisateurs potentiels. De plus, les téléphones simples aux

**Tableau 2.** Solutions de *Technology Readiness Level*  $\geq 7$ .  
**Table 2.** *Solutions of TRL*  $\geq 7$ .

	Description		Critères		
	Thématique	Terminaux/type de programme	<i>Business model</i>	Prise en compte réalité et capacités des utilisateurs	Prise en compte de l'agroécologie
<b>Jinikun</b>	Plateforme d'échanges et de vente en ligne de produits agricoles	Ordinateur, smartphone via Facebook, WhatsApp	Revenus issus du e-commerce des produits agricoles	Utilisation de plateformes connues (WhatsApp, Facebook)	Conseil sur des pratiques respectueuses de l'environnement
<b>Our Voice</b>	Outil de diffusion et d'échanges de messages en langues locales	Application web	Partenariats avec des ONG et associations locales/financement <i>via</i> des projets	Les utilisateurs peuvent vocalement (donc en langue locale) poser des questions et recevoir des réponses	Les ONG qui achètent l'outil font passer les messages qu'elles souhaitent (certains concernent l'agroécologie)
<b>Afrique-Learning</b>	Plateforme de formation en ligne avec plus de 400 cours sur les techniques de production et sur la gestion des exploitations agricoles	Ordinateur, smartphone, tablette	Outil gratuit pour les producteurs Création des cours financée par des ONG et associations	Très faible besoin de bande passante	Véhicule des messages de promotion de l'agroécologie
<b>Groupe Agrobusiness</b>	Échanges entre différents profils réunis autour de l'agriculture au Bénin	Smartphone via WhatsApp	Outil gratuit pour les utilisateurs	WhatsApp est une application utilisée par tout possesseur de smartphone	Véhicule des messages à fort impact environnemental
<b>Global Partner</b>	Entreprise offrant des prestations dans le domaine agricole	Drones, satellites	Prestations faites par l'entreprise/financement <i>via</i> des projets	Opérations par des techniciens qui répondent aux demandes des utilisateurs	Promotion de pratiques agricoles respectueuses de l'environnement et résilientes

capacités limitées sont assez répandus, mais les smartphones restent rares en zone rurale, même si leur nombre est en forte croissance (MAEP et MENC, 2019). En outre, il est fréquent que les zones ne soient pas couvertes par des réseaux, et lorsqu'elles le sont, ces réseaux sont trop lents pour pouvoir utiliser des applications intensives en échange de données. Ainsi que l'exprime un porteur : « *nous sommes conscients que ceux qui ont le plus besoin de notre technologie de conseil agricole sont assurément les petits producteurs dans les hameaux. Malheureusement, nombre d'entre eux sont parfois dans des zones non couvertes par le réseau téléphonique* » (extrait d'entretien avec un porteur de solution). Ces contraintes sont moins fortes dans et autour des grands pôles urbains, où les smartphones sont plus répandus et les réseaux plus rapides. La mise en place progressive de réseaux de plus en plus performants pourrait aider à lever ces contraintes.

Le manque de culture numérique des destinataires est une barrière supplémentaire : « *utiliser le numérique exige parfois des réflexes* » (extrait d'entretien avec un porteur de solution) que les agriculteurs, souvent peu familiarisés aux technologies, n'ont pas toujours. La culture du numérique étant plus répandue chez les jeunes utilisateurs, plusieurs porteurs semblent optimistes quant à l'évolution de cette contrainte. Enfin, l'accès au numérique est souvent rendu difficile par le manque de moyens financiers de certains agriculteurs. Le numérique est réputé transmettre gratuitement de l'information. Or, l'usage de ces solutions numériques nécessite un terminal et l'achat de données, ce qui représente un investissement.

Les coûts de développement, de maintenance et de service sont par ailleurs importants et récurrents. Les modèles économiques sont donc difficiles à définir. Maintenir des compétences au sein des équipes de développement est difficile : « *notre problème est que nous souhaitons recruter et maintenir pendant longtemps dans nos équipes des personnes qualifiées à moindre coût. Cela n'est pas possible* » (extrait d'entretien avec un porteur de solution).

Enfin, les applications sont généralement développées en français, prenant mal en compte les langues parlées par les utilisateurs. Les interfaces peuvent être simples, comme des groupes WhatsApp dont l'usage est connu de tous, ou bien plus complexes, comme des applications demandant de la navigation interne dans des menus textuels.

### ... levées par certaines solutions

Dans notre échantillon, une seule solution est de TRL « preuve de concept ». Quatorze solutions sont de TRL « innovation en déploiement ». Six solutions sont opérationnelles. Il y a une claire corrélation entre l'opérationnalisation d'une solution et la levée des contraintes (Tab. 1).

Les porteurs de solutions numériques ciblent chacun un ou plusieurs types d'utilisateurs. Ils s'adressent pour la plupart aux agriculteurs (21 solutions/21) mais aussi aux conseillers agricoles, aux cadres d'organisations non gouvernementales (ONG) (16/21) ou aux étudiants en agriculture (1/21).

Nous avons identifié un ensemble de solutions de TRL supérieur ou égal à 7 orientées agroécologie (Tab. 2). Ces solutions sont entrées dans une phase opérationnelle et sont d'usage courant. Les solutions opérationnelles consistent en

groupes WhatsApp permettant l'échange de messages entre membres, en plateformes d'échange de produits, ou en plateformes de formation par la vidéo. Elles consistent donc en une utilisation du numérique dans des formes simples : échanges de messages, plateforme de marché ou base de diffusion de connaissances ou sous forme de prestation de service. Ces solutions ont trouvé des moyens divers de lever les contraintes.

La contrainte matérielle a été levée *via* la possession en propre par l'entreprise de capteurs comme des drones, ou de terminaux comme des projecteurs, ou alors par une focalisation de la technologie développée sur les téléphones portables.

Le manque de culture numérique peut être dépassé en utilisant des applications répandues comme WhatsApp, qui possède l'avantage supplémentaire de ne pas demander de *business model* ni de coûts de développements.

## Discussion

### Quelles leçons de l'adaptation de la traque aux innovations au numérique ?

La traque aux innovations adaptée au numérique s'est révélée appropriée à nos besoins. Deux étapes nous ont semblé clés : la définition de la situation de référence et le nécessaire tri des solutions.

Comparée à la traque de systèmes de cultures atypiques où la situation de référence est simple à déterminer (Salembier *et al.*, 2021), la situation de référence dans une traque d'innovations numériques est plus difficile à circonscrire. Le numérique permet principalement l'acquisition, l'usage et l'échange d'informations, afin de prendre des décisions, agronomiques ou non. En cela, il ajoute une couche possible à d'autres types d'échanges standards permettant d'effectuer cela : échanges oraux, messages radiophoniques ou autres médias. L'identification de la situation de référence est donc sujette à discussion et compromis. Afin de clarifier ce choix et pouvoir définir une situation pouvant être considérée comme « de référence », nous avons proposé des entretiens avec des experts, entrepreneurs et chercheurs. Le choix final s'est porté sur une situation de référence fortement centrée sur les usages les plus répandus de la téléphonie, dont l'enjeu est apparu central, mais cette situation de référence aurait pu se porter sur un large éventail de médias.

La démarche a mis en lumière l'importance de l'étape de tri des solutions trouvées, absente de la démarche générale (Salembier *et al.*, 2021). Certaines solutions étaient en développement, mais ressemblaient aux solutions déjà avancées et ne nous ont pas paru particulièrement innovantes vis-à-vis des objectifs de l'étude. Cela nous a permis de confirmer une corrélation positive entre la montée en TRL et la levée des contraintes spécifiques auxquelles sont soumises toutes les innovations numériques.

L'adaptation de la méthode nous a également conduits à nous interroger sur la façon de mesurer le caractère innovant d'une solution numérique. En plus du niveau de TRL qui nous a permis de sélectionner un ensemble de solutions en déploiement situées entre la preuve de concept et les solutions opérationnelles, nous avons co-construit par l'intermédiaire de nos entretiens un ensemble de trois critères permettant de

caractériser les dimensions qualitatives principales caractérisant les solutions trouvées : *business model*, prise en compte de la réalité et des capacités des utilisateurs, prise en compte de l'agroécologie. Ces critères d'évaluation doivent être pris en compte pour pouvoir monter en TRL. Le *business model* d'une solution numérique est l'une des pierres d'achoppement principales de ces solutions (CTA, 2019 ; Lohento et Sotamde, 2019). Peu de solutions proposent un *business model* clair et les développeurs sont à la recherche de celui-ci. Nous discutons des deux autres critères dans les sections suivantes.

### Les solutions numériques développées prennent-elles en compte les réalités et capacités des utilisateurs ?

Nos résultats montrent que les solutions étudiées proposent en majorité des réponses aux contraintes de productivité, d'accès aux informations, au financement et au marché que rencontrent les agriculteurs et qui sont identifiées par les porteurs. L'existence de telles solutions ne garantit pas leur adoption par les usagers visés. De plus, ces solutions possèdent des limites d'adoption d'ordre matériel, financier et personnel.

Contrairement aux groupes Whatsapp, les applications mobiles étudiées exigent parfois des utilisateurs un certain niveau d'alphabétisation, des aptitudes personnelles (logique, souplesse, etc.) et un investissement. Les réseaux sociaux, de manière générale, sont un canal populaire pour apporter l'information, l'adapter aux conditions locales et permettre aux producteurs d'accéder à de larges réseaux, de pairs ou au sein de leur filière (Cailean, 2020). De tels groupes proposent une réponse souple pour répondre à des problématiques que certaines plates-formes plus intégrées se proposent de résoudre (Huet et Morinière, 2020).

Nous observons également que les porteurs de solutions numériques ne se projettent pas pour un usage auprès de gens qui ont un faible niveau d'utilisation (qui n'ont pas accès aux réseaux de manière régulière ou qui n'ont pas les capacités nécessaires), écueil mis en avant dans le rapport du CTA (2019). Ils développent des outils numériques qui peuvent être inadaptés, car ils ne le font pas en collaboration avec leurs cibles.

Bien qu'utilisateurs visés par les porteurs, peu d'agriculteurs exploitent vraiment les applications numériques présentées. Elles sont donc sous-utilisées dans le milieu agricole.

Une perspective de recherche suite à ces observations serait de mettre en pratique les leçons tirées des expériences de conception orientée utilisateurs (Kendall et Dearden, 2020 ; Kenny et Regan, 2021) et d'innovation frugale (Radjou et Prabhu, 2015) pour développer de nouvelles solutions pertinentes. Impliquer les utilisateurs dans la co-conception des solutions numériques permet à la fois de faire émerger des problématiques qui se présentent aux utilisateurs et des solutions qui leurs conviennent, à moindre coût et de façon agile. Selon Radjou et Prabhu (2015), les solutions conçues de cette sorte ont plus de chances d'être appropriées, pérennes et rentables.

### Le numérique favorise-t-il l'agroécologie au Bénin ?

Les résultats de notre étude montrent que l'utilisation du numérique au Bénin pourrait accélérer la transition agroécologique notamment en permettant le partage de connaissances et en minimisant les consommations de pesticides et d'engrais. Les capteurs promus (Global Partner) permettent d'optimiser les dosages d'intrants dans le cadre de grandes cultures de coton, offrant ainsi des gains économiques et environnementaux dans le cadre d'une agriculture de précision. Parmi les technologies étudiées, on compte des applications qui facilitent la sélection variétale (VartLab), des plateformes promouvant les pratiques d'agroécologie (Afrique Learning) et le groupe WhatsApp dans lequel les pratiques d'agroécologie sont véhiculées. En améliorant l'accès à l'information et la coordination entre les acteurs, le numérique réduit la mévente des produits issus de l'agroécologie ainsi que la forte dispersion des prix.

Pour autant, ces outils favorisent-ils une agriculture moins intensive et écologiquement plus durable au Bénin ? Les solutions identifiées ne permettent pas de le confirmer de manière claire. La relation lâche entre numérique et agroécologie identifiée par Schnebelin *et al.* (2021) semble confirmée par notre recherche. Parmi les promoteurs rencontrés, rares sont ceux qui ciblent explicitement les exploitations en agroécologie. Nous n'avons pas découvert de solution dédiée à l'accompagnement des processus de transition agroécologique. La plupart des outils numériques sont utilisés en agriculture de façon générale et ne portent que parfois des messages à impact environnemental.

Une piste à explorer pour favoriser la prise en compte des problématiques agroécologiques serait de consacrer des ateliers de conception spécifiquement conçus pour répondre à cet objectif, à l'instar de Kendall et Dearden (2020).

La prise en compte explicite des trois critères d'évaluation lors de la conception des applications semble donc une piste prometteuse pour développer des solutions numériques au service de la transition agroécologique qui puissent s'inscrire dans la durée.

### Conclusion

Cette étude se proposait de fournir un descriptif des solutions numériques pouvant soutenir la transition agroécologique. Prenant comme terrain d'étude le Bénin, ce travail apporte deux contributions principales.

La première est méthodologique et porte sur l'adaptation de la traque des systèmes de cultures hors normes au numérique. Les adaptations proposées à la démarche d'origine nous ont permis de définir une situation de référence et d'identifier une diversité de solutions numériques hors normes dans la transition agroécologique.

La deuxième contribution est analytique. La traque des innovations numériques dans la transition agroécologique au Bénin met en lumière plusieurs facettes des usages du numérique dans les communautés agricoles. Nous révélons ainsi une partie du paysage du numérique dans le secteur



agricole béninois. Nous montrons une certaine difficulté de ces innovations à s'adapter aux caractéristiques de ce secteur face aux problèmes d'ordre technologique et d'insuffisantes interactions entre concepteurs et utilisateurs.

**Remerciements.** Ce travail a bénéficié d'une aide de l'État français gérée par l'Agence nationale de la recherche au titre du programme d'Investissements d'avenir portant la référence ANR-16-CONV-0004. This work was supported by the French National Research Agency under the Investments for the Future Program, referred as ANR-16-CONV-0004.

## Références

- Adeleye N, Eboagu C. 2019. Evaluation of ICT development and economic growth in Africa. *NETNOMICS: Economic Research and Electronic Networking* 20(1): 31–53. <https://doi.org/10.1007/s11066-019-09131-6>.
- Aker JC, Ghosh I, Burrell J. 2016. The promise (and pitfalls) of ICT for agriculture initiatives. *Agricultural Economics* 47(S1): 35–48. <https://doi.org/10.1111/agec.12301>.
- Altieri MA, Nicholls CI, Montalba R. 2017. Technological approaches to sustainable agriculture at a crossroads: an agroecological perspective. *Sustainability* 9(3): 349. <https://doi.org/10.3390/su9030349>.
- Baumüller H. 2018. The little we know: an exploratory literature review on the utility of mobile phone-enabled services for smallholder farmers. *Journal of International Development* 30(1): 134–154. <https://doi.org/10.1002/jid.3314>.
- Berrou JP, Mellet K. 2020. Une révolution mobile en Afrique subsaharienne ? *Réseaux* 219(1): 11–38. <https://doi.org/10.3917/res.219.0011>.
- Blanchard M, Vall É, Loumbana BT, Meynard JM. 2017. Identification, caractérisation et évaluation des pratiques atypiques de gestion des fumures organiques au Burkina Faso : sources d'innovation ? *Autrepart* 81(1): 115–134. <https://doi.org/10.3917/autr.081.0115>.
- Cailean D. 2020. Community, crowdsourcing, and commerce: WhatsApp groups for agriculture in Kenya (master thesis). Ottawa: School of International Development and Global Studies, Faculty of Social Sciences, University of Ottawa. [https://ruor.uottawa.ca/bitstream/10393/41530/1/David\\_Cailean\\_2020\\_thesis.pdf](https://ruor.uottawa.ca/bitstream/10393/41530/1/David_Cailean_2020_thesis.pdf).
- Cheng W. 2020. Agroecology, information and communications technology, and smallholders' food security in Sub-Saharan Africa. *Journal of Asian and African Studies* 55(8): 1194–1208. <https://doi.org/10.1177/0021909620912784>.
- Compagnone C, Lamine C, Dupré L. 2018. La production et la circulation des connaissances en agriculture interrogées par l'agroécologie. *Revue d'anthropologie des connaissances* 12(2): 111–138. <https://doi.org/10.3917/rac.039.0111>.
- CTA. 2019. Digitalisation of Africa agriculture report: 2018–2019 (n° 1). CTA. <https://www.cta.int/en/digitalisation-agriculture-africa>.
- Duncombe R. 2016. Mobile phones for agricultural and rural development: a literature review and suggestions for future research. *The European Journal of Development Research* 28(2): 213–235. <https://doi.org/10.1057/ejdr.2014.60>.
- Duru M, Therond O, Fares M. 2015. Designing agroecological transitions; A review. *Agronomy for Sustainable Development* 35(4): 1237–1257. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0318-x>.
- ESA. 2013. Guidelines for the use of TRLs in ESA programmes. ESA, 23 p. <https://artes.esa.int/sites/default/files/ESSB-HB-E-002-Issue1%2821August2013%29.pdf>.
- Espelt R. 2020. Agroecology prosumption: the role of CSA networks. *Journal of Rural Studies* 79: 269–275. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.08.032>.
- Fielke S, Taylor B, Jakku E. 2020. Digitalisation of agricultural knowledge and advice networks: a state-of-the-art review. *Agricultural Systems* 180: 102763. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102763>.
- Huet JM, Morinière L. 2020. Le numérique pour sauver l'agriculture africaine ? *Futuribles* 440(1): 65–80. <https://doi.org/10.3917/futur.440.0065>.
- INSAE. 2016. Tableau de bord social: profils socio-économiques et indicateurs de développement. INSAE, 287 p. [https://instad.bj/images/docs/insae-publications/annuelles/TBS/TBS%202016\\_final.pdf](https://instad.bj/images/docs/insae-publications/annuelles/TBS/TBS%202016_final.pdf).
- Internet Society. 2020. Histoire de l'Internet au Bénin : 1992 à 2020. Benin: Chapitre Bénin de l'Internet Society, 252 p.
- Kendall L, Dearden A. 2017. ICTs for agroecology. In: Choudrie J, Islam MS, Wahid F, Bass JM, Priyatma JE, eds. Information and communication technologies for development, vol. 504. Cham: Springer International Publishing, pp. 451–462. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-59111-7\\_37](https://doi.org/10.1007/978-3-319-59111-7_37).
- Kendall L, Dearden A. 2020. The politics of co-design in ICT for sustainable development. *CoDesign* 16(1): 81–95. <https://doi.org/10.1080/15710882.2020.1722176>.
- Kenny U, Regan Á. 2021. Co-designing a smartphone app for and with farmers: empathising with end-users' values and needs. *Journal of Rural Studies* 82: 148–160. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.12.009>.
- Kiyindou A, Anaté K, Capo Chichi A, eds. 2015. Quand l'Afrique réinvente la téléphonie mobile. Paris : L'Harmattan, 259 p.
- Lioutas ED, Charatsari C, De Rosa M. 2021. Digitalization of agriculture: a way to solve the food problem or a trolley dilemma? *Technology in Society* 67: 101744. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101744>.
- Lohento K, Sotannde M. 2019. Business models and key success drivers of agtech start-ups. CTA. <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/106010>.
- MAEP. 2017. Plan stratégique de développement du secteur agricole. Cotonou, Bénin: ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche. [https://pspdb.plan.gouv.bj/server/storage/app/PolitiqueFichiers/22\\_1.PSDSA-2025-et-PNIASAN-2017—2021-Version-dfnitive.pdf](https://pspdb.plan.gouv.bj/server/storage/app/PolitiqueFichiers/22_1.PSDSA-2025-et-PNIASAN-2017—2021-Version-dfnitive.pdf).
- MAEP, MENC. 2019. Stratégie nationale pour l'e-Agriculture au Bénin 2020–2024. Cotonou, Bénin: ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche, ministère de l'Économie numérique et de la Communication. <http://assets.fsnforum.fao.org.s3-eu-west-1.amazonaws.com/public/discussions/contributions/Strat%C3%A9gie%20nationale%20e-Agriculture%20Benin%2025-08-2019.pdf>.
- Mankins JC. 2009. Technology readiness assessments: a retrospective. *Acta Astronautica* 65(9): 1216–1223. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2009.03.058>.
- Migliorini P, Bàrberi P, Bellon S, Gaifami T, Gkisakis VD, Peeters A, et al. 2020. Controversial topics in agroecology: a European perspective. *International Journal of Agriculture and Natural Resources* 47(3): 159–173. <https://doi.org/10.7764/ijanr.v47i3.2265>.
- Ncube B, Mupangwa W, French A. 2018. Precision agriculture and food security in Africa. In: Mensah P, Katerere D, Hachigonta S, Roodt A, eds. Systems analysis approach for complex global challenges. Cham: Springer International Publishing, pp. 159–178. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-71486-8\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-319-71486-8_9).
- Prause L, Hackfort S, Lindgren M. 2020. Digitalization and the third food regime. *Agriculture and Human Values*. <https://doi.org/10.1007/s10460-020-10161-2>.

- Radjou N, Prabhu J. 2015. L'innovation frugale : comment faire mieux avec moins. Paris : Les Éditions Diateneo, 377 p.
- Salembier C, Segrestin B, Weil B, Jeuffroy MH, Cadoux S, Cros C, *et al.* 2021. A theoretical framework for tracking farmers' innovations to support farming system design. *Agronomy for Sustainable Development* 41(5): 61. <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00713-z>.
- Schia NN. 2018. The cyber frontier and digital pitfalls in the Global South. *Third World Quarterly* 39(5): 821–837. <https://doi.org/10.1080/01436597.2017.1408403>.
- Schnebelin É, Labarthe P, Touzard JM. 2021. How digitalisation interacts with ecologisation? Perspectives from actors of the French Agricultural Innovation System. *Journal of Rural Studies* 86: 599–610. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.07.023>.
- World Bank. 2019. Digital rural transformation project (Rapport de projet, no PAD2661). World Bank.
- Yai DE, Yabi JA, Biao G, Floquet A, Degla P. 2020. Productivité agricole et sécurité alimentaires des ménages agricoles du Bénin. *Approche des orthodoxes* 29(4): 18.
- Zossou E, Mele PV, Vodouhe SD, Wanvoeke J. 2009. Comparing farmer-to-farmer video with workshops to train rural women in improved rice parboiling in Central Benin. *The Journal of Agricultural Education and Extension* 15(4): 329–339. <https://doi.org/10.1080/13892240903309561>.

**Citation de l'article:** Paget N, Nacambo I, Fournier S, Moumouni-Moussa I. 2022. Traque des innovations numériques au service de la transition agroécologique au Bénin. *Cah. Agric.* 31: 13.