

JUIN 2022

BROCHURE TECHNIQUE



TECHNOLOGIES ET SOLUTIONS
NUMÉRIQUES POUR
L'HORTICULTURE ACP

Cette publication a été élaborée par le COLEACP dans le cadre d'un programme de coopération financé par la Commission européenne (Fonds européen de développement - FED) et l'Organisation des États d'Afrique, des Caraïbes et du Pacifique (OACPS).

Le COLEACP est seul responsable du contenu de cette publication, qui ne peut en aucun cas être considéré comme représentant la position officielle de l'Union européenne et de l'OACPS.

COLEACP détient la propriété intellectuelle sur l'ensemble du document.

Cette publication fait partie intégrante de la collection COLEACP, qui est composée d'outils et de matériels pédagogiques et techniques. Tous sont adaptés aux différents types d'opérateurs et niveaux d'éducation que l'on trouve dans les chaînes d'approvisionnement agricoles, la production et la vente.

Cette collection est disponible en ligne pour les membres et partenaires du COLEACP.

Sous certaines conditions, l'utilisation de tout ou partie de cette publication est possible dans le cadre de partenariats spécifiques. . Pour en savoir plus, veuillez contacter le COLEACP à l'adresse network@coleacp.org.

Auteurs : Ralph Elsaesser et Bruno De Groote, SOGEROM

Citation : Programme FFM-SPS (2022) Technologies et solutions numériques pour l'horticulture ACP Fit for Market - Programme de renforcement des systèmes sanitaires et phytosanitaires du secteur horticole ACP (FFM-SPS). Bruxelles : COLEACP :



TABLE DES MATIÈRES

Acronymes	1
Résumé	4
1. Introduction	6
2. Paysage technologique	9
2.1 Matériels	10
2.2 Stockage et échange d'informations	15
2.3 Communication	15
2.4 Messagerie vocale	16
2.5 Applications mobiles, applications Web et services	17
2.6 Technologies ID	17
2.7 Technologies intelligentes/hautes technologies	19
2.8 Modèles et jeux de simulation	20
2.9 Directives relatives à une utilisation responsable des données	20
3. Solutions pour pays ACP	22
3.1 Approche de regroupement pour solutions D4Ag	22
3.2 Cas d'utilisation	27
CLUSTER 1 - Servies consultatifs : SMS, voix interactive, réponse et applications	28
CLUSTER 2 - Télédétection : production accrue par l'amélioration de l'accès aux informations	31
CLUSTER 3 - Internet des Objets : meilleure gestion agricole grâce à des données fiables	34
CLUSTER 4 - Internet des Objets : transport et stockage	38
CLUSTER 5 - Gestion digitale des chaines d'approvisionnement et traçabilité et traçabilité	42
CLUSTER 6 - Intelligence artificielle et apprentissage machine pour la santé des végétaux et la gestion des cultures.	46
CLUSTER 7 - Capteurs pour la surveillance des paramètres liés au sol et à l'eau	51
CLUSTER 8 - Pièges intelligents pour une lutte intégrée contre les nuisibles	54
CLUSTER 9 - Drones pour le contrôle des nuisibles/maladies et la surveillance phytosanitaire	58

CLUSTER 10 - Drones pour la cartographie de superficies et de la productivité des cultures	61
CLUSTER 11 - Capteurs de surveillance, micro-ordinateurs et transmission de données pour l'irrigation automatisée	63
CLUSTER 12 - La blockchain pour la traçabilité et la confiance	66
CLUSTER 13 - Bénéfices de l'agriculture intelligente pour les utilisateurs finaux	70
4. Tendances technologiques	73
5. Parties prenantes, programmes et initiatives	78
6. Risques et défis	87
7. Clés du succès	92
8. Références et bibliographie	95

ACRONYMES

ACP	Afrique, Caraïbes et Pacifique
AI	Intelligence artificielle
API	Interface de programme d'application
UA	Union africaine
B2B	Business-to-business
B2C	Business-to-consumer
B2G	Business-to-government
CORS	Stations de référence en régime continu
CSIRO	Organisation de recherche scientifique et industrielle du Commonwealth
D4Ag	Numérisation du secteur agricole
D4AgRI	Indice de préparation à la numérisation du secteur agricole
DSS	Système d'aide à la décision
ECA	Commission économique pour l'Afrique (Nations Unies)
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
SIG	Système d'information géographique
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Système de positionnement global
GSM	Système mondial de communications mobiles
GSMA	Groupe Spécial Mobile
TIC	Technologies de l'information et de la communication

ICT4Ag	Technologies de l'information et de la communication pour l'agriculture
IoT	Internet des Objets
IPM	Lutte intégrée contre les nuisibles
IT	Technologies de l'information
IVR	Réponse vocale interactive
ISF	Indice de surface foliaire
LAN	Réseau local
LIDAR	Système laser de localisation
PRFM	Pays à revenu faible ou moyen
LoRaWAN	Réseau longue portée
LTE	Long-Term Evolution
ML	Apprentissage machine
MNO	Opérateur de réseau mobile
NDVI	Indice de végétation normalisé
NFC	Communication en champ proche
NIR	Proche infra-rouge
NoSQL	Base de données non relationnelle
OBD	Composeur téléphonique
P2P	Peer-to-peer
PDA	Assistant électronique de poche
PRIDA	Initiative de politique et de régulation pour l'Afrique numérique
QR	(code à) réponse rapide

RFID	Identification par radiofréquence
RS	Téledétection
RSO	Radar à synthèse d'ouverture
SAR	Radar à ouverture synthétique
SMS	Service de messages courts
SQL	Langage d'interrogation structuré
UAV	Véhicule aérien non habité
USSD	Données de services supplémentaires non structurées (Unstructured Supplementary Services Data)
UX	Expérience utilisateur
WAN	Réseau à grande distance
WiFi	Wireless fidelity (fidélité sans fil)
WLAN	Réseau local sans fil

Remarque

Au vu de leur rythme de développement, les informations concernant les technologies digitales peuvent rapidement devenir désuètes. Cette publication repose sur des informations de 2021.

RESUME

Les technologies de l'information et de la communication (TIC) pour l'agriculture ont pour but d'améliorer l'efficacité de la production et la durabilité des entreprises agroalimentaires, agriculteurs et écosystèmes. L'accès à ces technologies dans les régions d'Afrique, des Caraïbes et du Pacifique (ACP) a changé depuis l'émergence des téléphones mobiles - la plupart des agriculteurs dans le monde disposent aujourd'hui au moins d'un téléphone ordinaire, et le taux de pénétration du smartphone augmente rapidement. Les petits producteurs du monde entier ont accès aux prix du marché, à des services consultatifs en ligne leur offrant des informations à propos de possibles nuisibles et maladies par SMS mais aussi à des émissions de radio communautaire et vidéos de formation pour améliorer leur maîtrise des pratiques agricoles. Dans le secteur agroalimentaire, la traçabilité et la certification ne sont plus imaginables sans technologies de l'information et outils d'amélioration de la gestion.

Le présent rapport analyse les solutions SmartTech existantes pour les chaînes de valeur horticoles dans les pays ACP. S'ouvrant sur une introduction expliquant la terminologie et les technologies disponibles, le document se concentre ensuite sur des études de cas et solutions pertinentes. Les solutions SmartTech des pays à hauts revenus ne sont incluses que dans la mesure où aucune solution provenant des pays ACP n'est disponible, ou lorsque les solutions revêtent un intérêt particulier.

Les études de cas des SmartTech présentées dans ce rapport sont regroupées comme suit:

- Services consultatifs
- Télédétection
- Gestion agricole
- Transport et stockage
- Gestion digitale des chaînes d'approvisionnement et traçabilité
- Intelligence artificielle et apprentissage machine
- Capteurs pour la surveillance des paramètres liés au sol et à l'eau
- Pièges intelligents pour une lutte intégrée contre les nuisibles
- Drones pour le contrôle et la surveillance des nuisibles/maladies
- Drones pour la cartographie de surfaces et de la productivité des cultures
- Irrigation automatisée
- Blockchain pour la traçabilité et la confiance
- Bénéfices de l'agriculture intelligente pour les utilisateurs finaux

Les technologies traitées visent principalement les groupes cibles suivants :

- Petits producteurs/agriculteurs commerciaux
- Communautés/coopératives
- ONG/exécutants
- Services d'extension/techniciens/agents basés dans un village
- Opérateurs agroalimentaires
- Agrégateurs/acheteurs
- Industrie transformatrice
- Secteur du transport

Le reste du document se penche sur les risques et défis liés à la mise en œuvre de solutions SmartTech dans le contexte horticole ACP et les clés de la réussite. Les risques peuvent être de nature sociale, technologique et financiers. Un accès fiable à l'électricité, la technologie et aux réseaux dans les zones rurales ; de même que l'accès à de l'équipement abordable et à l'Internet large bande sont des éléments indispensables à la réussite de la transformation numérique au même titre que l'alphabétisation numérique de toutes les parties prenantes, et tout particulièrement des petits exploitants. Le faible niveau d'expertise TIC disponible au niveau local, les risques d'abus des données et un scepticisme général entourant l'introduction de nouvelles technologies constituent des obstacles à la digitalisation des opérations. Alors que la transformation du secteur doit être intrinsèque et ne peut être forcée, les gouvernements disposent de différentes façons de stimuler le développement en promouvant des environnements propices. Cependant si le développement de ce secteur reste dépendant des politiques publiques, le niveau de préparation à l'intégration numérique connaît de fortes disparités d'un pays à l'autre.

Les principales clés du succès du développement de l'AgriTech dans les régions ACP décrites dans la section 7 du présent rapport sont les suivantes :

- Garder les choses simples pour l'utilisateur final
- Sélectionner la technologie adéquate
- Créer des solutions durables et abordables
- Tenir compte du contexte local
- Attirer des jeunes dans l'agriculture moderne
- Mobiliser des capacités TIC locales
- Utiliser des solutions existantes lorsque possible
- Utiliser des produits locaux à l'aide d'un support local
- Développer un modèle commercial réalisable
- Trouver et créer des synergies

1. INTRODUCTION

Les technologies de l'information et de la communication pour l'agriculture (ICT4Ag), la numérisation du secteur agricole (D4Ag) et SmartTech4Ag sont des domaines technologiques similaires qui ont tous pour but d'améliorer l'efficacité de l'agriculture et la durabilité des entreprises agroalimentaires, des agriculteurs et des écosystèmes. Alors que ce secteur technologique à évolution rapide intègre chaque nouvelle technologie dès son apparition, les petits exploitants des membres des États d'Afrique, des Caraïbes et du Pacifique (ACP) sont encore nombreux à continuer de suivre des pratiques traditionnelles. Les agriculteurs en Europe et aux États-Unis font déjà appel à des drones pour surveiller la santé de leurs cultures, tandis que les petits producteurs d'Afrique et d'Asie n'ont pas accès aux semences dont ils ont besoin pour la saison suivante.

L'accès à la technologie a changé depuis l'arrivée des téléphones mobiles. La plupart des agriculteurs du possèdent désormais au moins un téléphone simple, et le taux de pénétration des smartphones connaît une rapide progression. Les petits producteurs du monde entier utilisent les SMS pour obtenir les prix du marché, des avertissements météo ou pour partager des machines et équipements d'irrigation. Ils utilisent des services consultatifs en ligne pour obtenir des informations à propos de possibles nuisibles et maladies, écoutent des émissions de radio communautaire et visionnent des vidéos de formation pour améliorer leurs pratiques agricoles. La question qui se pose alors est: comment renforcer la pénétration des TIC jusqu'aux petits exploitants afin qu'ils puissent bénéficier de solutions de digitales sans avoir besoin de comprendre les processus complexes sous-jacents et sans avoir accès aux dernières technologies?

Dans le secteur agroalimentaire, la traçabilité et la certification ne sont plus imaginables sans technologies de l'information et outils d'amélioration de la gestion. La montée des Big Data, de l'intelligence artificielle (IA), de l'apprentissage machine (ML), de la blockchain, des drones et du Géo-IT ouvrent la voie à de nouvelles perspectives pour l'agriculture en général - et pour les chaînes de valeur horticoles dans les pays ACP

La stratégie de numérisation de COLEACP vise à :

- Sensibiliser aux nouveaux développements technologiques et aux perspectives d'intérêt pour le secteur agroalimentaire.
- Mettre en relation les agriculteurs et les transformateurs avec la recherche et les start-up spécialisées dans les TIC (Technologies de l'information et de la communication) pour mettre en œuvre/adapter des solutions pratiques et les déployer à l'échelle.
- Créer des études de cas /implémenter des projets pilotes (proof of concept) pour accroître les connaissances sur les opportunités offertes (B2B et B2C) par les solutions innovantes des TIC appliquées aux chaînes d'approvisionnement des pays ACP.
- Accompagner le développement des solutions éprouvées en augmentant les financements et les investissements dans le domaine des TIC.
- Renforcer les capacités dans les TIC permettant d'obtenir des bénéfices tout au long de la chaîne de valeur (« de la ferme à l'assiette »).
- Renforcer les capacités des membres du COLEACP en matière de TIC et de solutions web pour favoriser la création de plateformes de commerce (en ligne et hors ligne).

Le présent rapport offre une analyse des solutions SmartTech existantes pour les chaînes de valeur horticoles des pays ACP. Il offre un aperçu des solutions disponibles, de leurs technologies sous-jacentes et des potentiels obstacles à leur mise en œuvre. Le rapport se concentre sur les solutions de haute technologie, comme l'apprentissage machine, l'IA, la blockchain et les technologies géospatiales, pour lesquelles il existe déjà un corpus de littérature portant sur la vulgarisation des pratiques agricoles, l'enregistrement des agriculteurs, l'e-finance et les solutions d'assurance. Cette approche est différente de celle des autres études (par ex. CTA's Digitalisation of African Agriculture Report: Tsan et al., 2019) qui se concentrent généralement sur des technologies moins avancées, comme le SMS, la radio et de simples applications mobiles.

La première section du rapport présente la terminologie des TIC et les technologies disponibles. Cette section peut être sautée par ceux qui ont déjà une bonne connaissance des TIC.

Le corps du document fait le point sur le statut des SmartTech pour l'agriculture dans les pays ACP. Des cas d'étude sont présentés pour différents éléments des chaînes de valeur permettant ainsi de mieux décrire le cadre d'application des solutions. Le rapport contient également des liens vers des ressources et lectures complémentaires. Les principales sources d'information utilisées dans les cas d'étude sont notamment:

- AgriTech Deployment Tracker (GSMA, n.d.a.) – veuillez noter qu'une grande proportion des applications énumérées ont trait à des domaines autres que l'agriculture
- The Digitalisation of African Agriculture Report, 2018–2019 (Tsan et al., 2019) – une précieuse source d'informations comportant des recommandations et offrant un aperçu détaillé des politiques et réglementations (la base de données CTA Apps4Ag liée, www.Apps4Ag.org, n'a plus été actualisé depuis la fin de 2020).

La série ICT Update de CTA recèle également des informations utiles, dont les suivantes :

- Mapping. ICT Update 54 (2010).
<https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/91663/ICTUpdate54E.pdf>
- Small islands and e-resilience. ICT Update 71 (2013).
https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/75312/ICT071E_PDF.pdf
- eAgriculture Strategies. ICT Update 73 (2013).
https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/75314/ICT073E_PDF.pdf
- Linking farmers to markets. ICT Update 77 (2014).
https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/75318/ICT077E_PDF.pdf
- Data revolution for agriculture. ICT Update 79 (2015).
http://publications.cta.int/media/publications/downloads/ICT079E_PDF_QElatCG.pdf
- Youth e-agriculture entrepreneurship. ICT Update 83 (2016).
https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/89782/ICT083E_PDF.pdf
- Open data benefits for agriculture and nutrition. ICT Update 84 (2017).
https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/89784/ICT084E_PDF.pdf
- Unlocking the potential of blockchain for agriculture. ICT Update 88 (2018).
https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/97525/ICTUpdate_88EN.pdf
- Women and ICT in agriculture. ICT Update 90 (2019).
<https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/99720/ICTUpdate90E.pdf>

La liste des études de cas ne prétend pas être exhaustive, mais se veut aussi complète que possible. Les solutions SmartTech des pays à hauts revenus ne sont incluses que dans la mesure où aucune solution provenant des pays ACP n'est disponible, ou lorsque les solutions revêtent un intérêt particulier. Les solutions retenues se concentrent sur les chaînes de valeur horticoles, et de manière plus spécifique :

- Analyse des sols et conseils
- Solutions d'irrigation
- Santé des végétaux, lutte intégrée contre les nuisibles et surveillance
- Surveillance de la productivité
- Traitement
- Transport et stockage
- Exportation et commerce
- Traçabilité (toutes les étapes de la chaîne de valeur)

2. PAYSAGE TECHNOLOGIQUE

Les technologies de l'information et de la communication dans l'agriculture (ICT4Ag), la numérisation du secteur agricole (D4Ag) et l'agriculture numérique sont des synonymes de l'intégration de technologies électroniques dans l'agriculture et les domaines connexes. Le nombre de technologies disponibles est considérable, et des nouvelles s'y ajoutent continuellement. Le présent document ne se veut pas exhaustif, que ce soit en profondeur ou en étendue. Il se concentre sur les technologies qui sont importantes dans le contexte des chaînes de valeur horticoles, et met en avant des innovations ayant le potentiel de promouvoir un développement durable.

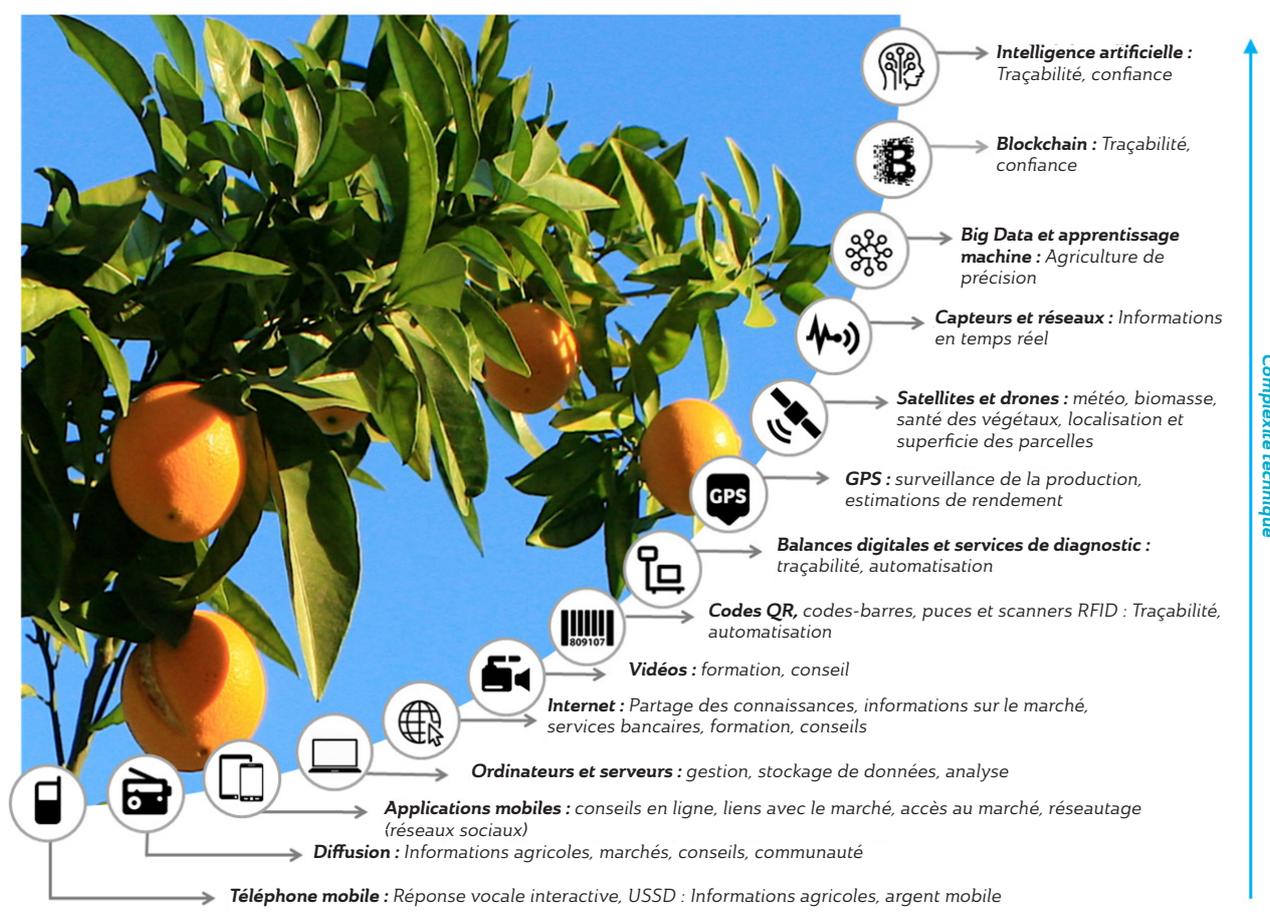


Figure 1 La complexité et l'applicabilité des TIC pour l'agriculture numérique

2.1 Matériels

2.1.1 Personal devices



- Un téléphone mobile classique est le type d'appareil mobile le plus simple et le moins onéreux. Il est utilisé pour passer des appels téléphoniques, envoyer et recevoir des SMS et des messages vocaux.
- Certains appareils sont déjà équipés d'un appareil photo intégré, d'un calendrier, etc. Mais ils sont difficiles à manipuler et le clavier est limité.
- Un *feature phone* étend ces fonctionnalités grâce à l'ajout d'un meilleur écran, d'un navigateur Web à part entière et d'un Système de positionnement global optionnel.



- Un smartphone est un appareil mobile haut de gamme. Équipé d'un système d'exploitation spécifique (par ex. Android) et d'une connexion Internet LTE/4G/5G, il s'apparente davantage à un ordinateur qu'à un *feature phone*. Les smartphones modernes sont équipés d'un grand écran tactile, d'une connectivité wifi, d'un appareil photo haute définition (HD), d'une technologie sans fil Bluetooth et d'un GPS.
- Les technologies pertinentes pour le secteur agricole sont des technologies de niche incluant notamment les capteurs de température, d'humidité, le baromètre, les capteurs de lumière et NFC, qui peuvent être installés sur certains smartphones.
- Les smartphones permettent aux utilisateurs de modifier des documents, d'utiliser les réseaux sociaux, de traiter des e-mails et de créer des feuilles de calcul. Ils peuvent servir d'appareil de navigation, et de lecteur de musique et de vidéos. Il est possible d'y installer des programmes de tiers, et ils peuvent donc être configurés selon les besoins de l'utilisateur.
- En Europe, le smartphone représente désormais l'option standard, tandis qu'en Afrique, son utilisation reste limitée, les prix de l'appareil et des données étant élevés (Figure 2).



- Un assistant électronique de poche (PDA) est un ordinateur de poche, comparable à un smartphone, mais qui s'accompagne généralement d'un petit clavier et d'un stylo. Un PDA n'offre pas nécessairement les fonctionnalités d'un appareil mobile.

1 Selon IDC, 80 % des smartphones vendus en Afrique étaient bas de gamme, de moins de 200 \$. <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prMETA47840421>



- Une tablette est un petit ordinateur, plus grand qu'un smartphone, généralement doté d'un écran tactile très réactif. Elle est généralement connectée au wifi, et au réseau de données mobiles, mais n'a généralement pas de fonction GPS. À l'instar d'un smartphone, une tablette est dotée d'un système d'exploitation mobile, qui permet dès lors l'installation d'un logiciel tiers.



- Un ordinateur (de bureau ou portable) reste un élément essentiel au travail de bureau, s'utilisant pour le traitement de texte, la communication, des feuilles de calcul, des logiciels de conception et des applications de base de données.
- Les logiciels spécifiques pour la modélisation, la cartographie et le traitement d'images et de fichiers audio et vidéo sont généralement développés pour des ordinateurs.
- Les ordinateurs sont très flexibles et peuvent facilement être étendus à l'aide de capteurs, d'écrans supplémentaires, de périphériques d'entrée, de scanners et d'imprimantes.
- Dans le contexte de l'Afrique, les ordinateurs portables ont l'avantage de fonctionner sur batterie, en cas de panne de courant. Dans le cas des environnements salissants, il existe des solutions robustes dotées de boîtiers, claviers et écrans tactiles résistants à l'eau et à la poussière.

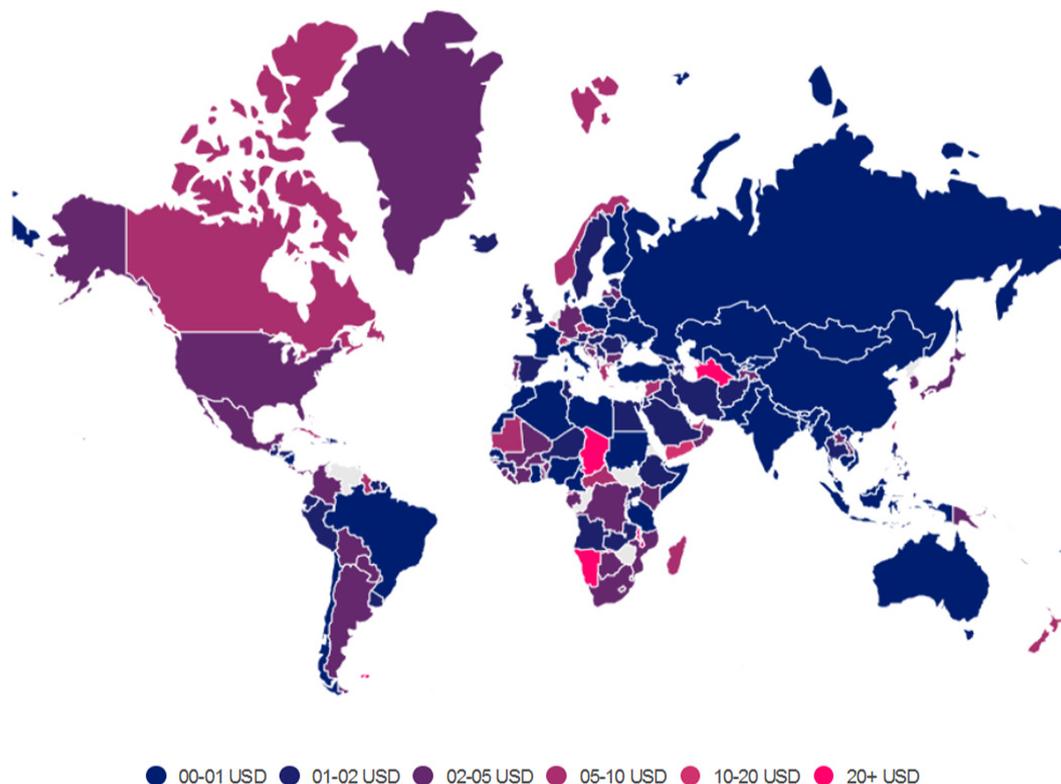


Figure 2 Prix des données mobiles dans le monde : prix pour le téléchargement d'1 GB de données
Source: Cable.co.uk (n.d.)

2.1.2 Capteurs et GPS

Un capteur est un dispositif qui détecte les événements ou changements dans son environnement et communique des informations à d'autres appareils électroniques en vue de leur traitement. Divers paramètres environnementaux peuvent être mesurés automatiquement, comme l'humidité, la pression, la température, la vitesse du vent et la lumière. Dans le contexte de l'agriculture, des capteurs sont utilisés pour l'observation météorologique, pour surveiller le niveau, le flux et la qualité de l'eau, et pour quantifier la biomasse afin de déceler tout stress hydrique ou infestation, par exemple. Les capteurs peuvent mesurer des paramètres du sol, des résidus chimiques ou simplement le poids du produit. Le secteur laitier utilise des capteurs pour mesurer la température, le poids et la teneur en matière grasse du lait. Dans le secteur du bétail, des capteurs servent à observer la santé des animaux et le mouvement des troupeaux. Les capteurs sont essentiels à l'automatisation et représentent dès lors un composant précieux de la numérisation des processus agricoles.

Une caméra peut être considérée comme un capteur optique, et un traitement des images numérique permet de rendre visibles des informations qui échappent à l'œil nu.

Alors que la plupart des capteurs agissent au départ d'une position fixe, un capteur GPS fait le contraire : il mesure la position en trois dimensions sur terre ou dans l'espace. Quatre systèmes sont disponibles : le GPS américain Navstar est le plus ancien ; le GPS russe GLONASS et le chinois BeiDou sont récents et le système européen Galileo est celui qui offre le plus de précision, jusqu'à 10 cm n'importe où sur terre. Les puces GPS modernes peuvent fonctionner sur la base d'un mélange de ces signaux. Les valeurs d'altitude sont généralement moins précises, mais l'utilisation de stations de base avec GPS différentiel ou correction à l'aide de stations de référence en régime continu (CORS) permet une précision au millimètre près.

2.1.3 Télédétection

La télédétection est la science d'observation de la terre depuis le ciel, à l'aide de technologies de capteurs sophistiquées qui équipent satellites, avions ou drones pour enregistrer divers paramètres physiques. Des images multispectrales n'offrent pas seulement des images couleur de la lumière visible, mais aussi de la lumière invisible, comme la lumière infrarouge et UV. Elles permettent de cartographier le type de culture, la densité de la culture, la dégradation des terres, la santé des cultures et d'autres paramètres. La combinaison de différentes bandes permet de déterminer la distribution spatiale de paramètres physiques comme la température, l'humidité ou les différents indices de végétation. Par exemple, l'indice de différence normalisée de végétation (NDVI) quantifie la végétation en mesurant la différence entre la lumière proche infrarouge (qui est fortement réfléctée par la végétation) et la lumière rouge (qui est absorbée par la végétation). Cette approche permet d'identifier la biomasse, le stress hydrique, les infestations parasitaires et d'autres indicateurs et donc d'améliorer la santé des cultures.

Les technologies des capteurs à base de laser, comme le système laser de localisation LIDAR, peuvent contribuer à la surveillance de la hauteur des cultures et l'indice de surface foliaire (ISF) à celle des plantations et forêts. Des capteurs radars à synthèse d'ouverture (RSO), mesurent les indices d'humidité des cultures, d'humidité du sol et des cultures (indice radar de végétation, RVI) et sont capables de pénétrer dans les nuages : le radar ne dépend pas de la lumière du soleil réfléchi, mais envoie sa propre impulsion d'énergie et mesure le signal retour (rétrodiffusion) après interaction avec la surface.

Ces technologies utilisent des systèmes de coordonnées pour rendre les données visibles sur des cartes topographiques ou pour superposer, fusionner et croiser ces données sur/avec d'autres sources de données (Figure 3).

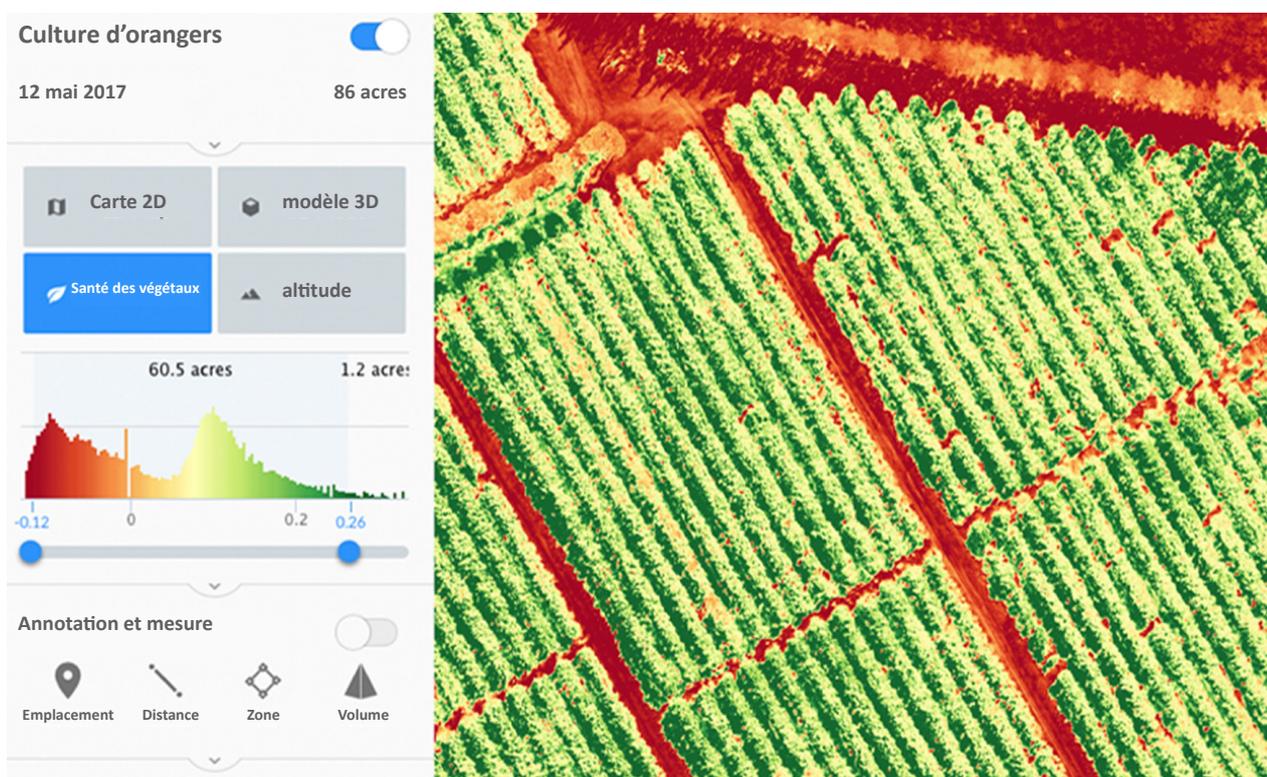


Figure 3 NDVI d'une plantation d'orangers en Afrique du Sud. Source: Witte (2018)

Les technologies de télédétection peuvent servir à estimer des zones agricoles, les rendements des cultures et la santé des cultures. À plus grande échelle, les technologies de surveillance peuvent contribuer à l'évaluation des impacts environnementaux. L'utilisation de l'eau et l'épuisement des ressources qui en découle peuvent être surveillés à distance, ainsi que d'autres impacts comme l'érosion et la perte de biodiversité.

Les données satellite sont généralement très onéreuses, surtout si les images sont exploitées à la demande. Cependant, de plus en plus de données satellite sont disponibles gratuitement (par ex. MODIS, Sentinel 1 et 2, Landsat 7-8, SPOT 5-7). Des données réelles recueillies au sol sont généralement nécessaires pour le calibrage afin d'arriver à des résultats quantitatifs. Tandis que les satellites suivent leur orbite et dès lors traversent une zone spécifique à un moment donné, les avions et drones peuvent être activés sur demande. Les drones peuvent voler très bas, et sont dès lors moins sensibles aux événements météorologiques et offrent une meilleure résolution d'image.

Sur la base des données obtenues, les technologies de télédétection permettent de générer des cartes de classification des cultures, des cartes d'utilisation des sols, des modèles altimétriques numériques et bien d'autres choses encore. Elles peuvent contribuer à la détection du bassin d'eau libre le plus proche ou des lieux de pâturage les plus facilement accessibles. Le bien-être du bétail peut être surveillé à l'aide de capteurs fixés sur les colliers des animaux. Cependant, ces technologies sont onéreuses, sensibles et nécessitent un niveau élevé d'expertise pour leur utilisation et le traitement de données.

Les systèmes d'information géographique (SIG) sont des systèmes de base de données spéciaux capables de gérer des données spatiales en deux et trois dimensions. Ils sont devenus indispensables dans l'agriculture aux fins de surveillance, de prévision et de support des décisions. Ils tournent généralement sur des ordinateurs équipés de grands écrans et d'imprimantes couleur, mais des systèmes légers sont également disponibles pour tablettes et smartphones, essentiellement pour la collecte de données mobiles. Ils servent à la préparation de cartes, mais offrent également un support à diverses analyses géospatiales, comme le calcul des densités de population, le suivi d'animaux, la gestion et la surveillance de l'environnement, le suivi du transport multimodal, etc. Ils sont très utiles pour clarifier les relations spatiales et les rendre compréhensibles (Figure 4).

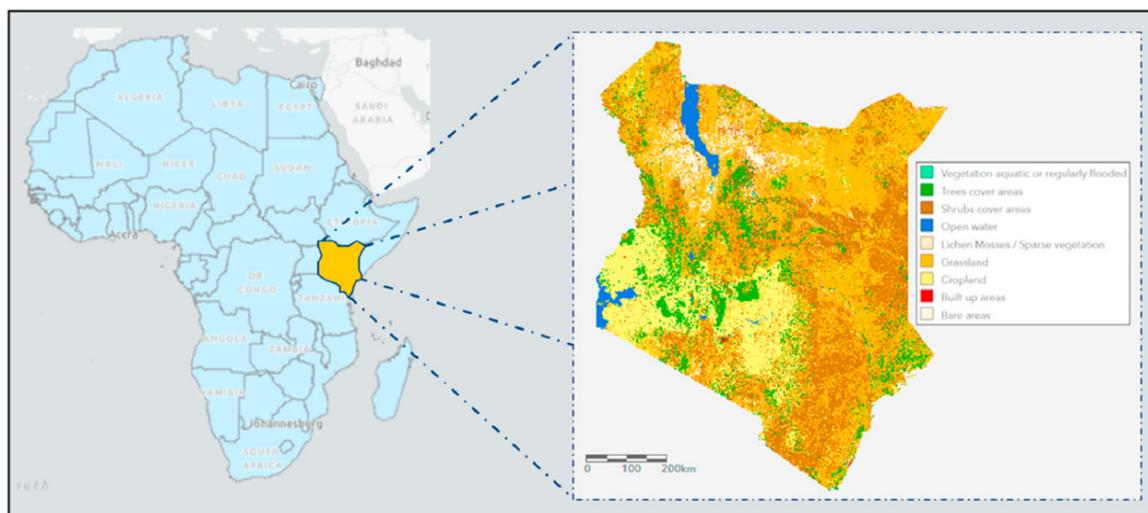


Figure 4 Carte de la couverture terrestre du Kenya, mettant en évidence les principales utilisations des terres. Les régions de terres agricoles cultivées peuvent fournir de la biomasse pour le développement du secteur de la bioénergie. Carte MIS à 20m de l'Afrique sur la base d'un an de données d'observations de Sentinel-2A. Sources: image, Welfle et al. (2020); data, ESA (2016)

2.2 Stockage et échange d'informations

Les bases de données constituent le cœur d'un système TIC. Elles permettent de structurer, d'organiser, de stocker et d'analyser de grandes quantités d'informations provenant des TIC. Un système de gestion des bases de données offre les outils qui permettent aux utilisateurs d'interagir avec ces données. Le « back end » héberge et structure les données, et le « front end » offre une interface pour les interactions de l'utilisateur avec les données. Les systèmes de base de données relationnelles sont parfaitement structurés à l'aide de tableaux interconnectés, tandis que les bases de données NoSQL (non relationnelles) peuvent être aussi simples qu'un référentiel de données. Dans les systèmes modernes, les données sont hébergées au niveau central sur un ou plusieurs serveurs (qui peuvent se trouver dans le cloud) et accessibles à l'utilisateur via un site Web ou une application mobile, à l'aide de différents appareils. Il s'agit d'un exemple d'architecture à trois niveaux, qui organise les applications en trois niveaux informatiques logiques et physiques : le niveau de présentation ou l'interface utilisateur, le niveau application où les données sont traitées et le niveau données où les données sont stockées et gérées. (Veuillez noter que Microsoft Excel n'offre pas ce type de structure de données - il s'agit d'une feuille de calcul et non d'une base de données). Un système d'information ajoute des personnes (utilisateurs), rôles et tâches à la base de données technique et apporte donc de la valeur aux informations collectées. Un système d'information qui soutient des activités de prise de décisions professionnelles ou organisationnelles porte le nom de système d'aide à la décision.

Avec l'émergence des téléphones et smartphones, l'accès à la technologie a changé. La plupart des agriculteurs possèdent à l'heure actuelle au moins un téléphone simple, et le taux de pénétration des smartphones connaît une rapide progression. Les petits producteurs utilisent des services de SMS pour obtenir des prix de marché et alertes météorologiques, ou pour partager des machines et équipements d'irrigation, et ils font appel à des services consultatifs en ligne pour obtenir des informations à propos d'éventuels ravageurs ou maladies. Les TIC peuvent également permettre de rationaliser la diffusion d'informations, surtout si le nombre de destinataires est élevé.

2.3 Communication

2.3.1 Envoi de SMS groupés

L'envoi de SMS groupés permet d'envoyer des SMS à un grand nombre d'appareils mobiles. Tous les destinataires peuvent recevoir le même message, mais l'envoi de SMS groupés permet également d'envoyer des messages personnalisés, comme du contenu individuel et localisé, des prévisions météorologiques locales et des alertes concernant une région rurale agricole, ou des chiffres de vente pour une exploitation agricole donnée. L'envoi de SMS groupés peut se faire soit à l'aide du site Web d'un prestataire de services SMS soit par l'installation d'un logiciel qui communique avec une passerelle SMS. Les deux solutions permettent le chargement d'autant de numéros de téléphone que nécessaire. Certains logiciels de bureau permettent de planifier l'envoi de messages à des heures spécifiques et/ou à un groupe spécifique de destinataires, sur la base des critères disponibles dans le registre des agriculteurs (par ex. par genre, chaîne de valeur, région, etc.). L'envoi de SMS groupés permet d'automatiser et de localiser les prévisions météorologiques, d'envoyer aux agriculteurs des rappels ponctuels pour l'épandage d'engrais ou d'envoyer des SMS configurés individuellement énumérant le nombre de litres de lait livrés par l'agriculteur pendant la semaine en cours.

2.4 Message vocal

En cas de faible niveau d’alphabétisation des destinataires, un message vocal (également connu sous le nom de composeur téléphonique, OBD) peut remplacer l’envoi de SMS groupés. Dans ce cas, des messages audio pré-enregistrés sont envoyés à un grand nombre de destinataires. Cette approche est similaire à celle de l’envoi de SMS groupés, à l’exception qu’elle ne permet pas la configuration automatique de messages personnalisées à des agriculteurs individuels. Cependant, la gestion d’un système de messagerie vocale est bien plus complexe, vu que les messages doivent être enregistrés au préalable avant de pouvoir être envoyés. Le développement de systèmes vocaux n’a pas encore assez progressé pour permettre une restitution des idiomes africains de manière suffisamment qualitative.

2.4.1 Données de services supplémentaires non structurées (Unstructured Supplementary Services Data)

La technologie des Unstructured supplementary service data (USSD) permet de créer une communication bidirectionnelle. La technologie USSD est bien connue des utilisateurs de téléphones mobiles prépayés, vu qu’elle leur permet de consulter leur solde. Cette technologie permet à des informations spécifiques d’être fournies à des agriculteurs à la demande, en proposant des menus de sélection. L’agriculteur peut composer un numéro et est ensuite orienté vers un menu, par ex. « pour les prévisions météorologiques, tapez 3 ». Cette technologie est bien plus complexe et onéreuse que les services par SMS, étant donné qu’elle nécessite un serveur USSD qui doit être mis au point et tenu à jour - généralement par le fournisseur de téléphone mobile.

La technologie de réponse vocale interactive (IVR) est similaire à la technologie USSD, dans la mesure où elle permet aux appelants de parcourir un menu à l’aide de leur voix. Cependant, elle est encore plus complexe que la technologie USSD, vu que plusieurs idiomes sont souvent parlés dans la même région.

2.4.2 Vidéo et audio

La vidéo et l’audio restent des bonnes approches de la formation et de l’apprentissage. Vu que les petits producteurs établis dans des régions éloignées affichent généralement de faibles niveaux d’alphabétisation, la radio communautaire et la télévision locale continuent de jouer un rôle important dans la diffusion d’informations. À l’heure actuelle, des vidéos et fichiers audio peuvent également être mis à disposition pour le streaming à la demande. Plusieurs portails web et applications mettent à disposition des fichiers audio et vidéo portant sur des sujets agricoles en différentes langues. Pour accéder à ces informations, l’utilisateur final a besoin d’un appareil mobile équipé d’un grand écran et d’une connexion Internet qualitative. Mais une fois téléchargées, les vidéos peuvent être diffusées aux agriculteurs intéressés en mode hors ligne.

2.4.3 Technologies de transmission

Les TIC offrent un large éventail de technologies de transmission. Différentes générations de réseaux mobiles offrent différentes largeurs de bande et capacités de transfert de données, même si les dernières ne sont généralement pas directement disponibles dans la plupart des pays d’Afrique. General Packet Radio Service (GPRS), 3G, Long-Term Evolution (LTE), 4G et la

nouvelle 5G sont autant de normes pour la transmission de données. Même l'ancien GPRS permet la transmission de données provenant de capteurs à des serveurs. Dans des situations d'urgence, il n'est pas rare que les réseaux mobiles tombent en panne et que le bon vieux radio-émetteur soit le seul à continuer de fonctionner (ou les services de données satellite modernes mais onéreux). Les réseaux sans fil (WLAN ou wifi), les réseaux locaux (LAN), les réseaux à grande distance (WAN) et les dérivés comme LoRaWAN (réseau longue portée) offrent tous leurs propres avantages techniques, et la technologie adéquate existe pour chaque cas spécifique.

2.5 Applications mobiles, applications Web et services

Une application mobile (souvent simplement appelée application) est un programme destiné à des appareils mobiles comme des téléphones ou tablettes Android, iOS ou Windows.

Une application native ne fonctionne qu'avec un système d'exploitation spécifique, ce qui veut dire qu'une application Android ne fonctionnera pas sur un iPhone Apple.

- Une application native peut fonctionner sans accès à Internet, étant donné qu'il s'agit d'un programme indépendant qui peut fonctionner hors ligne.
- Une application Web fonctionne via un navigateur Web et nécessite dès lors une connexion Internet permanente.

Derrière la plupart des applications se trouve un serveur Web qui communique, au moins de temps en temps, avec le programme sur l'appareil mobile.

Toutes les applications sont conçues pour une finalité spécifique. Dans le contexte agricole, par exemple, il existe des applications pour :

- Systèmes de gestion des agriculteurs
- Diagnostics et conseils (en ligne)
- Alertes météorologiques et alertes précoces
- Accès au marché
- Plateformes de marché
- Formation et apprentissage
- Traçabilité.

Mais de nombreux utilisateurs de smartphones n'utilisent actuellement que les applications des réseaux sociaux (comme Facebook et WhatsApp).

2.6 Technologies ID

La traçabilité, qui est cruciale pour le secteur agricole à des fins de certification et d'exportation, peut être introduite ou numérisée à l'aide de codes-barres, de codes QR, de puces d'identification par radiofréquence (RFID) et des scanners correspondants, permettant une identification unique des agriculteurs, animaux ou produits agricoles. Les registres d'agriculteurs et bases de données du bétail utilisent ces codes et les scanners, balances numériques, tickets et autocollants rationalisent les processus et contribuent à la traçabilité. La numérisation de ces processus permet la traçabilité d'un grand nombre d'agriculteurs et de leurs produits et donne un nouvel éclairage sur les pratiques agricoles qui peuvent être précieuses en vue de leur optimisation.

Le paiement électronique à l'aide de smartphones, de *feature phones* et de puces de communication en champ proche (NFC) peut être mis à la disposition de nombreux utilisateurs qui n'avaient auparavant pas accès à des comptes bancaires (figure 5). Le Kenya a été leader mondial dans l'adoption des paiements mobiles après le lancement de M-Pesa en 2007. L'Afrique subsaharienne est la région où l'argent mobile est le plus répandu (Figure 5), suivie par l'Asie du sud-est et l'Amérique latine (Runde, 2015).

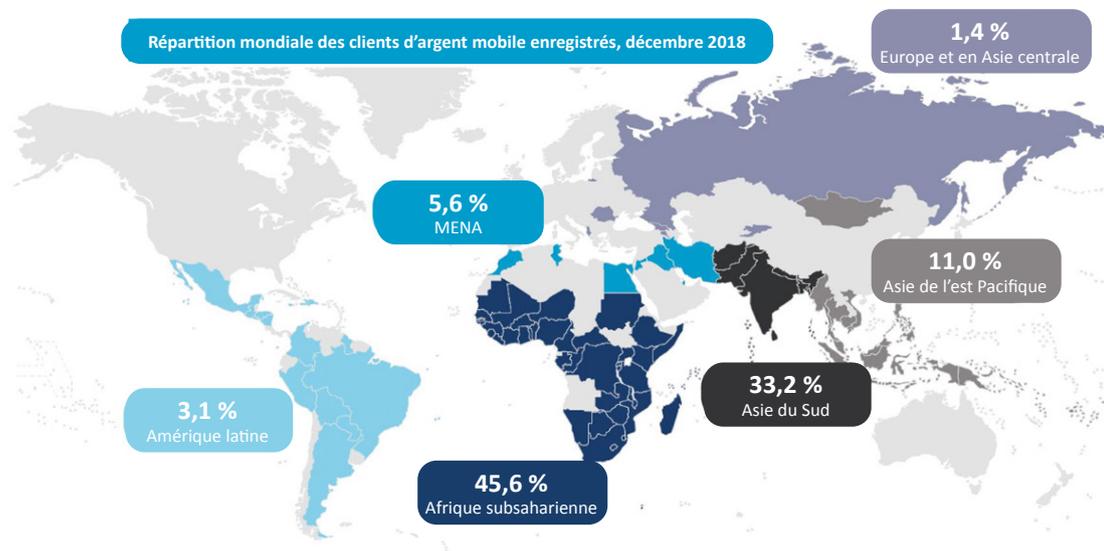


Figure 5 Répartition globale des clients d'argent mobile enregistrés 2018. Source: GSMA (2019)

La Stratégie Agricole Continentale de l'Union africaine (UA) offre un indice d'inclusion financière pour l'agriculture (FIAG) qui inclut des sous-ensembles de la base de données Findex de la Banque mondiale et prend en compte de manière spécifique des indicateurs financiers de la population rurale (Figure 6).

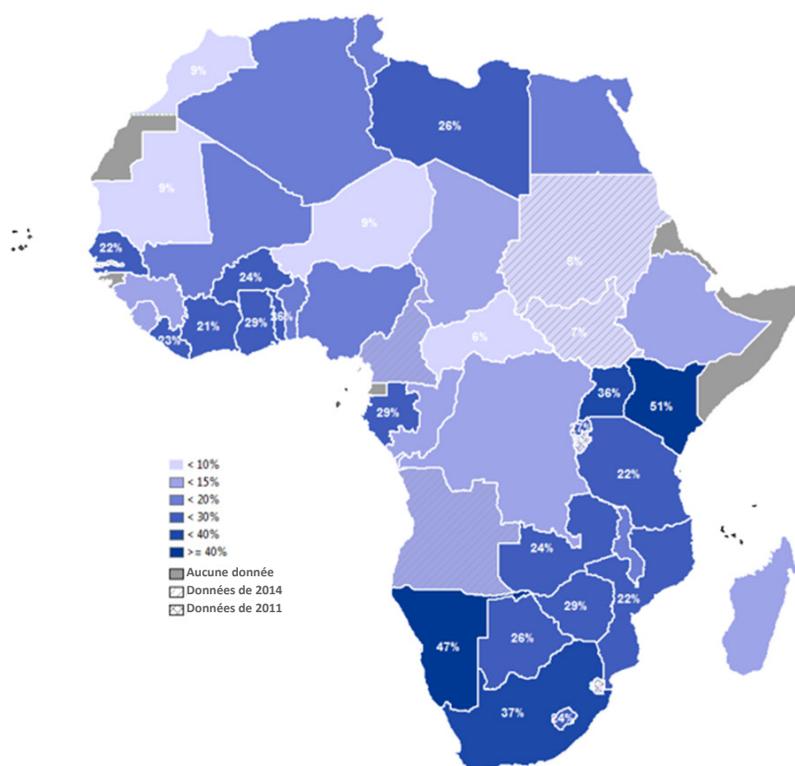


Figure 6 L'indice d'inclusion financière pour l'agriculture de la Continental Agriculture Strategy de l'Union africaine (AU) Source: Elsaesser (2022)

2.7 Technologies intelligentes/hautes technologies

2.7.1 La blockchain, l'intelligence artificielle et l'apprentissage machine

- Une blockchain est une liste continuellement croissante de blocs d'information, chacun contenant les informations du bloc précédent sous forme chiffrée. La blockchain a la particularité d'être un registre partagé simultanément avec tous ses utilisateurs et qui ne dépend d'aucun organe central. Une blockchain peut détenir des informations de différentes sources, et ne peut donc pas être (facilement) piratée ou contrefaite. La blockchain est donc considérée comme un moyen d'apporter ou de consolider la transparence et la confiance.
- L'intelligence artificielle (IA) est un terme difficile à saisir en raison des changements perpétuels dont elle fait l'objet. Elle fait référence à l'intelligence des machines (ordinateurs) et est souvent utilisée pour des appareils ou algorithmes qui reproduisent le comportement d'apprentissage de l'homme. Citons comme exemples classiques la reconnaissance vocale et les voitures autonomes.
- L'apprentissage machine (ML) fait référence à des algorithmes informatiques qui s'améliorent automatiquement par expérience.

Les trois se justifient :

- Les technologies blockchain peuvent apporter transparence et confiance dans l'ensemble de la chaîne de valeur.
- L'IA et l'apprentissage machine permettent de dériver des données de gestion sophistiquées à partir de vastes ensembles de données fournis par des réseaux de capteurs..
- L'IA et l'apprentissage machine permettent des prévisions météorologiques extrêmement localisées et améliorent dès lors sensiblement les systèmes d'avertissement précoce.
- Les applications basées sur l'apprentissage machine peuvent (par le biais de serveurs d'arrière-plan) identifier avec précision des espèces de plantes et de mauvaises herbes, voire des nuisibles et maladies liés.

Les termes blockchain, l'IA et l'apprentissage machine risquent de faire l'objet d'abus de langage car ils sont fréquemment interprétés à tort comme des supports de la modernité et de l'innovation. Ces technologies ne sont cependant pas la panacée à nos problèmes. Cependant, appliquées de manière adéquate, elles peuvent contribuer à alléger voire résoudre nombre de problèmes. Mais ces technologies de pointes ont besoin de processeurs informatiques haute performance, d'Internet, de dispositifs de stockage et d'une alimentation électrique. L'installation et le fonctionnement de tels systèmes sont onéreux et nécessitent de nombreuses ressources.

2.7.2 Cloud computing

Le cloud computing permet de confier ces exigences à des prestataires de services compétents. De cette façon, une entreprise agricole peut faire appel à des bases de données et applications sans devoir disposer de connaissances d'experts en informatique ni de département informatique dédié. Le cloud computing offre une façon flexible d'allouer des ressources et l'endroit de l'installation de ces ressources n'est alors plus important (l'accès à ces dernières nécessitant uniquement une connexion internet).

Grâce à la technologie de plateforme en tant que service (Platform as a service (PaaS) en anglais), les agents agricoles peuvent utiliser des applications qui communiquent directement les données collectées sur le terrain à une base de données dans le cloud, où elles sont traitées, analysées

et mises à la disposition de preneurs de décision par le biais d'un portail web. Les gestionnaires agricoles peuvent ensuite accéder à ces données par le biais de leur ordinateur ou d'un navigateur sur leur smartphone. Aucune donnée n'est stockée en interne, aucune base de données ne doit être installée, et aucun expert ne doit mettre ses connaissances au service de la maintenance du système. Les développeurs de ces logiciels peuvent facilement procéder à des mises à jour et offrir des fonctionnalités supplémentaires sans nécessiter une réinstallation sur plusieurs appareils au sein de l'entreprise.

2.8 Modèles et jeux de simulation

Les processus liés aux sols, au développement des plantes et aux aléas climatiques font l'objet de modélisations et de simulations depuis la création des ordinateurs. Les récents modèles incluent ceux concernant le bilan hydrique, la production agricole, les besoins en nutriments des animaux, la dynamique de troupeau du bétail et l'impact environnemental de l'agriculture. Les modèles jouent un rôle important dans la compréhension de relations complexes et dans l'atténuation de divers risques par le biais de systèmes d'avertissement précoce et d'aide à la décision (DSS).

Des « jeux sérieux » et jeux de simulation tentent d'apporter un aspect de ludification à ces relations complexes afin de les rendre faciles à comprendre par la plupart des parties prenantes et d'encourager des changements de comportement en faveur d'une meilleure gestion, d'une meilleure protection de l'environnement et d'une distribution plus juste des ressources limitées. Les jeux sérieux/appliqués peuvent revêtir la forme de jeux de plateau ou de jeux informatiques conçus à des fins éducatives ou de changement de comportement, et ne sont pas destinés au pur divertissement.

2.9 Directives relatives à une utilisation responsable des données

Les technologies de l'information impliquent toujours des données. Les données sont collectées, manipulées, stockées, analysées et croisées avec d'autres données. Elles sont distribuées et mises à la disposition d'une vaste communauté d'utilisateurs pour un large éventail de finalités. Des données peuvent également être collectées et traitées de manière entièrement automatique, et des algorithmes d'apprentissage machine peuvent tirer des conclusions et prendre des décisions. La technologie recèle une foule de possibilités. Elles ne sont pas toutes intelligentes et n'ont pas toujours les effets positifs escomptés.

L'utilisation des TIC s'accompagne de défis et de risques. Les données collectées peuvent avoir trait en tout ou en partie à la confidentialité et à des informations personnellement identifiables. Le producteur des données n'en est pas nécessairement le propriétaire, et les données peuvent être vendues à des tiers pour des opérations douteuses. Les données devraient toujours être utilisées dans le respect et la protection des droits des personnes, et leur utilisation doit être organisée de manière réfléchie. Un cadre réglementaire bien défini est la meilleure façon d'assurer une utilisation responsable des données par toutes les parties.

« L'utilisation responsable des données est un concept qui souligne notre devoir collectif de répondre aux défis éthiques, juridiques, sociaux et liés à la vie privée découlant de l'utilisation des données de façons nouvelles et différentes, notamment pour le plaidoyer et le changement social ». (Utilisation responsable des données , n.d.). De nombreuses organisations multilatérales et pays ont mis au point des directives pour l'utilisation responsable des données (voir Encadré 1).

Exemples de directives pour l'utilisation responsable des données

- Union européenne : Règlement général sur la protection des données (RGPD) pour tous les États membres de l'UE (Intersoft Consulting, n.d.)
- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) : Principes relatifs à l'utilisation responsable des données qui peuvent s'appliquer en l'absence de lois locales relatives à la protection des données (GIZ, n.d.; 2019)
- Bureau de la coordination des affaires humanitaires : Data Responsibility Guidelines (UN OCHA, 2019)
- Agence des États-Unis pour le développement international : Considerations for Using Data Responsibly at USAID (USAID, 2018)
- Oxfam : Responsible Program Data Policy (Oxfam, 2015)
- Comité international de la Croix-Rouge : Handbook on Data Protection in Humanitarian Action (Kuner and Marelli, 2017)

Directives adaptées au contexte agricole :

- Global Open Data for Agriculture and Nutrition (GODAN) (Ferris and Rahman, 2016)
- CGIAR : Responsible Data Guidelines (Rodrigo, 2019)

Lorsque la réglementation d'un pays est faible ou inexistante, des directives doivent être mises au point ou trouvées ailleurs pour éviter un abus des données. A titre d'exemple, des boîtes à outils incluant des listes de vérification permettant un contrôle étape par étape sont disponibles auprès de la Protection Information Management Initiative (PIM, n.d.).

3. SOLUTIONS POUR LES PAYS ACP

3.1 Approche de regroupement des solutions D4Ag

Les États membres de l'Organisation des États d'Afrique, des Caraïbes et du Pacifique (OACPS) présentent des différences à bien des égards - en termes géographiques (taille, climat) ; de population (taille, densité, structure des âges), etc. L'indice de développement humain présente des variations significatives au sein des populations des pays, mais aussi au sein des pays et régions, surtout là où le niveau d'urbanisation est élevé. L'agriculture est orientée en fonction des besoins locaux et, inversement, le comportement alimentaire est orienté en fonction des aliments localement disponibles. Chaque pays a dès lors ses chaînes de valeur traditionnelles. L'interaction entre l'ensemble de ces facteurs peut créer des systèmes agricoles totalement différents d'un pays à l'autre.

Une solution SmartTech pour une chaîne de valeur donnée pourrait s'avérer utile dans une région ou un pays spécifique, mais ne peut pas nécessairement s'appliquer à un cadre différent. L'énumération de solutions SmartTech par cas d'étude ne suffit dès lors pas et des facteurs supplémentaires sont à prendre en compte. Cette étude suit dès lors une approche multidimensionnelle qui prend en compte les facteurs contextuels suivants :

- Chaîne de valeur
- Élément/étapes de la chaîne de valeur
- Système agricole
- Zone climatique
- Groupe cible
- Étude de cas.

De plus, les facteurs techniques incluent :

- Capacité d'intégration du numérique de l'exécutant/de l'opérateur
- Capacité d'intégration du numérique du groupe cible (niveau d'alphabétisation, alphabétisation technologique, confiance)
- Coûts acceptables (développement, installation, formation, coûts d'exploitation continus)
- Environnement technique (alimentation électrique, couverture mobile, vitesse large bande)
- Potentiel d'intégration dans des processus/systèmes existants.

Enfin, les paramètres secondaires à prendre en compte incluent également :

- Langage de la solution
- Disponibilité locales du support/de la maintenance

Il existe deux approches alternatives à l'introduction des SmartTech dans des processus agroalimentaires.

- La réutilisation de technologies existantes (en les appliquant à d'autres régions, à d'autres entreprises agroalimentaires ou d'autres chaînes de valeur). Les solutions peuvent être téléchargées et installées en l'état ou avoir besoin d'être configurées et/ou personnalisées.
- Nouveaux développements basés sur des technologies existantes (cette approche est bien plus complexe que le déploiement d'une solution existante). Une solution informatique fructueuse est souvent le fruit d'un long processus, ardu, qui a absorbé de nombreuses ressources.

Le développement informatique a besoin d'expertise et de ressources techniques, et les solutions D4Ag tout particulièrement nécessitent de bonnes connaissances de l'environnement dans lequel elles vont être appliquées. Le contexte agricole doit non seulement être parfaitement compris, tout comme le contexte socioéconomique et culturel des utilisateurs, leurs connaissances techniques et leur accès à la technologie. Nombre de solutions à succès ont été construites autour de systèmes consultatifs et d'extension de l'existant source de confiance. Le développement d'une solution SmartTech pour l'agriculture nécessite dès lors un degré élevé d'aptitudes dans divers domaines.

Seules les solutions applicables aux chaînes de valeur horticoles ACP sont prises en compte dans ce rapport. De manière générale, une chaîne de valeur agricole englobe l'ensemble des activités, de l'approvisionnement en intrants à la commercialisation en passant par les étapes de production, la récolte et de gestion après-récolte. Dans cette étude, la priorité est accordée aux étapes suivantes de la chaîne de valeur horticole :

- Production
 - Analyse des sols et conseils
 - Solutions d'irrigation
 - Santé des végétaux et IPM
 - Suivi de la productivité
- Transformation
- Exportation et commerce
- Clients finaux

et

- Traçabilité - n'est pas une étape de la chaîne de valeur, mais présente un lien avec certaines des étapes de la chaîne de valeur ou l'ensemble de celles-ci.

Cette étude se concentre sur les solutions SmartTech provenant d'États membres ACP ou qui ont fait leurs preuves dans l'horticulture ACP. Une multitude de solutions d'agriculture de précision sont disponibles dans les pays à hauts revenus, mais ne sont généralement pas applicables aux économies des pays à revenu faible et intermédiaire. Les SmartTech peuvent contribuer à améliorer l'efficacité, la qualité et les rendements, et dès lors augmenter les revenus dans les pays ACP, mais la technologie doit être adaptée et adoptée.

Nombre des solutions TIC offrent une multitude de fonctionnalités et ne peuvent pas facilement être affectées à une seule étape de la chaîne de valeur. Dans le présent rapport, les solutions TIC sont regroupées (en cluster) pour des combinaisons de technologies et étapes de la chaîne de valeur spécifiques, comme l'illustre la matrice du Tableau 1.

Tableau 1 Domaines des solutions SmartTech dans la chaîne de valeur horticole (orange foncé, solutions disponibles ; orange clair, domaine potentiel pour le développement de solutions ; blanc : aucun potentiel)

Technologie SmartTech	Étape de la chaîne de valeur							Traçabilité
	Productivité Analyse des sols/conseils	Irrigation	IPM/surveillance, santé des végétaux	Suivi de la productivité	Transformation	Transport, stockage, export, commerce	Utilisateurs finaux	
Intelligence agricole		Cultivate			IntelloTrack	IntelloTrack GRO Intelligence Aibono Seed-to-Plate	Aibono Seed-to-Plate	
IA et apprentissage machine		Cultivate Fasal	Agrio Agrix Fasal Plantix Xarvio Weather Insights Zenvus YieldSky					Cropint Foodprint IntelloTrack SourceTrace
Codes-barres/ codes QR					FarmForce			
Big Data			Plantix Xarvio	PlantVillage Nuru UjuziKilimo EcoFarmer				
Blockchain			Skycrafts Aero-space		BreadTrail FoodPrint			SourceTrace BreadTrail

		Étape de la chaîne de valeur							
Technologie SmartTech	Productivité		Irrigation	IPM/surveillance, santé des végétaux	Suivi de la productivité	Transformation	Transport, stockage, export, commerce	Utilisateurs finaux	Traçabilité
	Analyse des sols/conseils								
SIG				Bayer RMS RapidAim Rentokil TrapView e-FlyWatch Skycrafts Aerospace Aeroview Infield Aibono Seed-to-Plate Astra Aerial Climate Fieldview Skycraft WeFly Agri Zenvus YieldFly	Farmsuite PlantVillage Nuru UjuziKilimo VillageLink				SourceTrace
GPS			Water-Mark	Aeroview Infield Aibono Seed-to-Plate Astra Aerial Climate Fieldview Skycraft WeFly Agri Zenvus YieldFly					ChainPoint Cropin SAP Rural Sourcing Management
IoT			EcoTron Future Pump Sun Culture Teleirrigation Kit WaterHand WaterMark	Bayer RMS PestConnect RapidAim Rentokil SnapTrap TrapView e-FlyWatch			ColdHubs Zenvus Loci Ecozen EcoFrost		SourceTrace

Étape de la chaîne de valeur									
Technologie SmartTech	Productivité		Irrigation	IPM/surveillance, santé des végétaux	Suivi de la productivité	Transformation	Transport, stockage, export, commerce	Utilisateurs finaux	Traçabilité
	Analyse des sols/conseils								
IdO (internet des objets / objets connectés)		Xarvio Plantix Zenvus YieldSky			UjuziKilimo Farmsuite				ChainPoint Cropin IntelloTrack SAP Rural Sourcing Management SourceTrace
Remote sensing	Sowit Digital Agriculture Platform	Acre Africa	Digital Agriculture Platform Site Pyro	Farmsuite PlantVillage Nuru UjuziKilimo VillageLink				SourceTrace	
Sensors and transmission	Ujuzi Kilimo SoilPal Farmshield Aibono Smart Farming ffem soil	SeaBex SunCulture Sinolar Ferme Digitale FuturePump FarmShield	Xarvio Plantix Zenvus YieldSky HRI Nitrogen App	FarmShield				Cropin	
Véhicules aériens sans pilote (UAV)/drones	Astra Aerial Climate Fieldview		Aerospace Aeroview Infield Aibono Seed-to-Plate Astra Aerial Climate Fieldview Skycraft WeFly Agri Zenvus YieldFly	WeFly Agri Climate Fieldview Zenvus Yield Fly					
Web portals								Aibono Seed-to-Plate	ChainPoint Cropin Foodprint IntelloTrack SAP Rural Sourcing Management SourceTrace

3.2 Cas d'utilisation

Ce document se concentre sur les cas d'utilisation SmartTech suivants :

- Conseils
- Agrégation
- Gestion coopérative
- Contrôle des maladies
- Avertissement précoce
- Gestion agricole
- Surveillance à la ferme
- Automatisation de l'irrigation
- Agriculture de précision
- Suivi de la production
- Contrôle qualité
- Stockage
- Gestion de la chaîne d'approvisionnement
- Traçabilité

La liste susmentionnée exclut les solutions informatiques pour la transformation alimentaire, les ressources humaines, la comptabilité, l'assurance, la formation, le partage d'informations, la mise en commun de machines et l'accès au marché (la e-finance est représentée partiellement, vu que nombre de solutions offrent des fonctionnalités de paiement intégrées).

- Petits producteurs/agriculteurs commerciaux
- Communautés/coopératives
- ONG/exécutants
- Services d'extension/techniciens/agents basés dans un village
- Opérateurs agroalimentaires
- Agrégateurs/acheteurs
- Industrie transformatrice
- Secteur du transport

CLUSTER 1

SERVICES CONSULTATIFS : SMS, RÉPONSE VOCALE INTERACTIVE ET APPLICATIONS

Technologies	SMS, réponse vocale interactive (IVR)
Étapes de la chaîne de valeur	Production
Cas	Gestion agricole, gestion coopérative, conseils

Description

Les services consultatifs sont fournis par une série de prestataires de services, incluant des opérateurs de réseau mobile (MNO), des prestataires de services agricoles, des ONG et, dans certains cas, des fournisseurs de technologie, gouvernements et organismes de réglementation, souvent en partenariats avec des MNO. Les canaux technologiques de base pour la diffusion d'information restent prédominants. Au vu des défis liés à l'alphabétisation numérique dans les pays à faibles revenus et à revenus intermédiaires, l'oral reste le canal de transmission de prédilection, suivi par le SMS.

Exemples

Citons parmi les services fonctionnels [InfoTrade Uganda](#), le service d'information du marché agricole d'Ouganda ; [Esoko](#), les services numériques pour agriculteurs du Ghana ; [Govi Mithuru](#) au Sri Lanka ; [EcoFarmer](#) d'Econet au Zimbabwe ; [iCow](#) au Kenya, en Tanzanie et en Éthiopie. Un autre prestataire de services ayant atteint une échelle notable est [Viamo](#), un fournisseur de contenu de communication numérique et de changement de comportement au service de millions d'agriculteurs dans 17 pays par le biais de sa [Plateforme Viamo](#) (Viamo fournit des services 3-2-1 basés sur USSD et IVR), organisé en partenariat avec divers opérateurs mobiles.

Installation et déploiement

La numérisation des services d'extension existants est relativement simple. Dans la plupart des cas, les agriculteurs reçoivent des informations sur leur simple téléphone et n'interagissent pas directement avec les systèmes. Des systèmes plus avancés permettent aux agriculteurs d'obtenir des informations concernant des sujets précis sur demande, mais nécessitent soit un smartphone et internet soit la technologie IVR ou USSD. La fourniture d'informations à des utilisateurs de smartphone constitue la meilleure approche, la moins onéreuse, et les informations peuvent aisément être localisées (géolocalisation GPS) et personnalisées (selon le profil de l'agriculteur). Les systèmes basés sur la technologies IVR ou USSD sont complexes et nécessitent l'implication de MNO et de leurs serveurs. Malheureusement, la pénétration des smartphones parmi les petits producteurs reste faible. Dès lors, l'envoi de messages par SMS et de messages vocaux reste la façon la plus efficace de procéder.

Coût

Les SMS ou messages vocaux impliquent des coûts continus. Des services d'envoi de SMS groupés sont disponibles en ligne, mais ils sont généralement localisés dans d'autres pays et ne permettent pas l'envoi vers le pays cible ou sont trop onéreux. Un service d'envoi de SMS groupés local doit dès lors être identifié. Il est généralement fourni par les MNO d'un pays. Pour les solutions basées sur smartphone, un serveur cloud est nécessaire et des coûts sont liés au développement de la solution, ou des coûts de licence si une solution disponible est utilisée.

Des services consultatifs numériques peuvent être vendus dans le cadre d'un modèle business-to-consumer (B2C), où l'agriculteur destinataire paie pour le service ; ou d'un modèle business-to-business (B2B) dans le cadre duquel des entreprises agroalimentaires paient pour le service ; ou d'un modèle hybride. Il existe également des modèles business-to-government (B2G), dans le cadre desquels des gouvernements nationaux ou régionaux paient pour le service pour le compte d'agriculteurs, comme l'ONG [Precision Development](#) (PxD) (auparavant Precision Agriculture for Development, PAD).

Capacité d'intégration du numérique des utilisateurs cibles

La plupart des services nécessitent un simple téléphone pour la réception de messages et peuvent facilement être gérés par les agriculteurs. D'autres services plus complexes nécessitent un smartphone. La sélection de la technologie doit se faire sur la base de l'environnement technologique du groupe cible.

Capacité d'intégration du numérique de l'organisation/ de l'entreprise assurant la mise en œuvre

Aucun niveau informatique spécifique n'est requis. Le SMS ou la messagerie vocale est généralement supportée par des programmes informatiques ou pages Web spécifiques. Assurer une liaison entre des bases de données d'agriculteurs existantes et ces systèmes pourrait nécessiter une programmation ou configuration dans une certaine mesure.

Défis

L'envoi d'informations à des agriculteurs est simple, mais l'obtention d'informations auprès des agriculteurs est compliquée. Les agriculteurs n'investissent généralement pas dans les SMS pour l'envoi d'informations. Ils ne donnent des informations que si cela ne leur coûte rien, et si une relation de confiance est déjà établie.

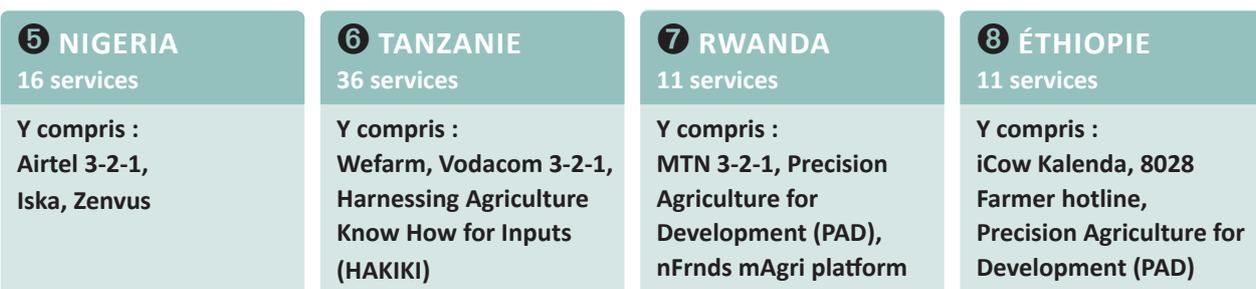
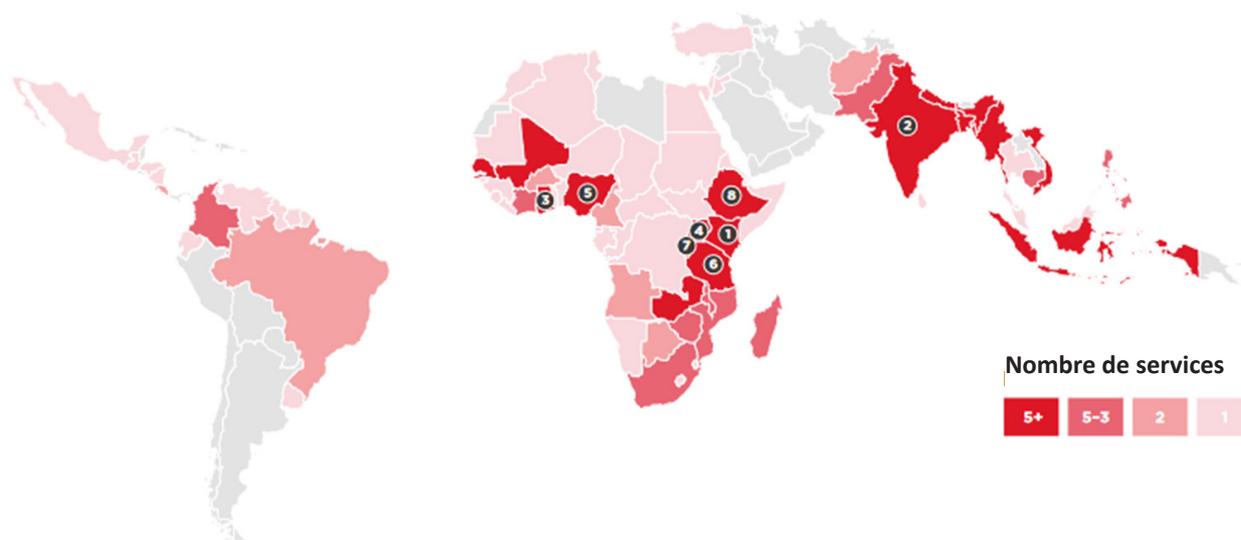
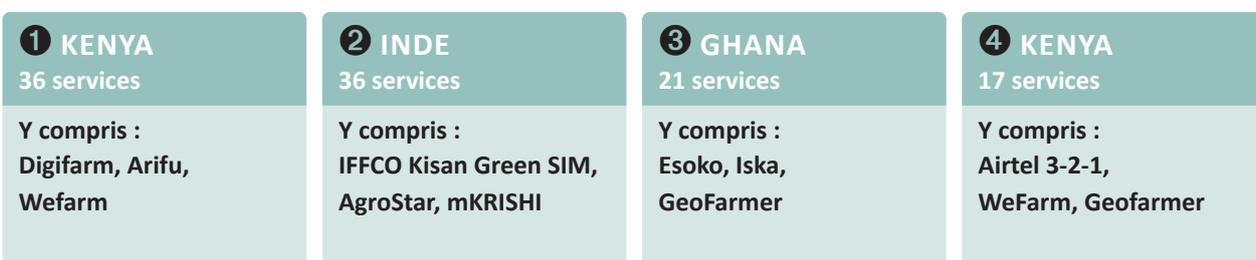


Figure 7 Solutions de services consultatifs numériques dans les pays à faible revenu et à revenu intermédiaire.

Source: GSMA, 2020

CLUSTER 2

TÉLÉDÉTECTION : PRODUCTION ACCRUE PAR L'AMÉLIORATION DE L'ACCÈS AUX INFORMATIONS

Technologies	Télédétection, Capteurs, Applications, SMS
Étapes de la chaîne de valeur	Production
Cas d'utilisation	Gestion de l'exploitation agricole, Gestion coopérative, Conseils, Avertissement précoce,

Description

L'absence de données et d'informations constitue un obstacle à la capacité d'optimisation de la production agricole des agriculteurs. Les agriculteurs peuvent par exemple optimiser les périodes de plantation de leurs cultures s'ils connaissent mieux les conditions météorologiques. Un accès aux données et aux informations peut considérablement augmenter l'efficacité de la production agricole, accroître les revenus et rendre les moyens de subsistance des agriculteurs plus durables.

Les données de télédétection, combinée à des données d'observations au sol, nous permettent d'identifier, de classer et de quantifier divers paramètres importants pour la production agricole. Des chercheurs combinent ces données avec des données réelles recueillies au sol (par ex. humidité du sol) pour développer diverses applications de télédétection novatrices pour l'agriculture, comme la définition de la demande en eau des cultures, l'évaluation phytosanitaire, des prévisions des revenus et des alertes basées sur des prédictions d'infestations parasites ou le stress des plantes. Mais des informations localisées et personnalisées ne peuvent être envoyées à des agriculteurs que s'ils ont accès à une technologie mobile avec GPS ou si leur pays a été cartographié au préalable.

[UjuziKilimo](#) offre des mises à jour météorologiques et prévisions ponctuelles par SMS aux clients kényans enregistrés. UjuziKilimo doit avoir rendu visite à la ferme et l'avoir analysée au préalable afin d'offrir des informations personnalisées aux agriculteurs.

[VillageLink](#) Satellite Services au Myanmar est une plateforme qui regroupe des données satellite liées à l'agriculture et les transforme en informations clés. Entreprises agroalimentaires et organisations peuvent utiliser ces informations pour améliorer leurs activités et leur prise de décision. Une application Android native reçoit des prévisions météorologiques localisées, des cartes de classification des cultures et des estimations des rendements, permettant un suivi de la performance des cultures et du stade de croissance des cultures et la surveillance des inondations. L'application met également les agriculteurs en liaison avec des professionnels et services agricoles.

Exemple

PlantVillage, un forum Q&A modéré pour l'agriculture, a mis au point l'application [Nuru](#). Utilisant des données satellite de l'initiative [WaPOR](#) de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, cette application permet aux agriculteurs kényans de surveiller leurs cultures « grâce à des yeux dans le ciel » (Simon, 2019).

Les données satellite sur les prévisions météorologiques et la distribution brute de biomasse sont de plus en plus accessibles librement (par ex. WaPOR). Mais les données doivent avant tout être analysées et traitées en fonction des besoins des utilisateurs, avant d'être envoyées aux agriculteurs. Sur la base d'Interface de programmation d'application (API), ces informations peuvent être intégrées dans des processus automatiques pour modéliser la demande en eau des cultures, la distribution de la biomasse, la santé des végétaux et d'autres paramètres. La fonctionnalité GPS qui équipe tous les smartphones permet à ces informations d'être ramenées au niveau de la parcelle (fourniture de données localisées et personnalisées) pour la prise de décisions. Cependant, tous les processus nécessitent des capacités et une expertise en informatique importantes

Installation et déploiement

À l'exception des systèmes soutenus par des donateurs, il n'existe pratiquement pas de solution capable de traiter les données et d'offrir des informations sur mesure aux agriculteurs. Lors de la mise en place d'un tel système, il convient de veiller à ce que les informations transmises aux agriculteurs soient simples à comprendre. Des courtes sessions de formation peuvent aider les agriculteurs à comprendre correctement les informations.

Coût

Des données satellite gratuites offrant une précision et une résolution suffisantes pour des informations météorologiques sont disponibles. Mais ces données ne sont pas assez précises pour permettre l'identification de la biomasse et de la santé des végétaux au niveau de la parcelle ou pour la prise de décisions connexes. Des données satellite précises et des données captées à l'aide de drones sont quant à elles assez onéreuses. Une solution qualitative et abordable n'est pas toujours disponible. De plus, la mise en place de tels systèmes nécessite des serveurs haute performance et des capacités en développement informatique, ainsi qu'une bonne connexion internet. Une fois mis en place, ces systèmes peuvent fonctionner de manière automatique.

Capacité d'intégration du numérique des utilisateurs cibles

Certains services, comme les prévisions météorologiques envoyées par SMS, ne nécessitent qu'un simple téléphone et sont simples à gérer par les agriculteurs. D'autres services plus complexes, comme des cartes thématiques, nécessitent un smartphone pour la réception et des aptitudes de la part de l'utilisateur pour leur interprétation. L'organisation de formations peut aider les utilisateurs à comprendre les informations nécessaires à l'accroissement de l'efficacité des services.

Capacité d'intégration du numérique de l'organisation/ de l'entreprise assurant la mise en œuvre

Une fois terminés, les systèmes traitent et envoient automatiquement les informations adéquates aux agriculteurs. Des ajustements et développements supplémentaires ne sont nécessaires qu'en cas de changement du format des données ou des systèmes d'exploitation.

Défis

Seuls des systèmes satellite qui transmettent des données de manière automatique et répétée sont adaptés. Les systèmes gratuits sont gérés par la FAO (WaPOR, voir Cluster 2), la World Meteorological Organization (WMO, 2020), Sentinel Hub (n.d.), et les Nations unies (par ex. UNEP/GRID, n.d.), et ces données sont accessibles par le biais d'API. Des programmes informatiques peuvent automatiquement utiliser ces informations, analyser des données et les envoyer aux agriculteurs par le biais des canaux adéquats.

La technologie qui équipe les smartphones (GPS) facilite la visualisation de données localisées sur des cartes. Cependant, dans nombre de pays ACP, les agriculteurs sont peu nombreux à disposer d'un smartphone. La traduction d'informations spatiales en SMS est plus complexe, et des variations spatiales dans une parcelle ne peuvent pas être prises en compte.

CLUSTER 3

INTERNET DES OBJETS : UNE MEILLEURE GESTION AGRICOLE GRÂCE À DES DONNÉES FIABLES

Technologies	Internet des objets (IdO), Intelligence artificielle (IA), Capteurs, Drones, Applications et SMS
Étapes de la chaîne de valeur	Production
Cas d'utilisation	Gestion agricole, Gestion de la chaîne d'approvisionnement, Conseil,

Description

Le travail à la ferme peut être optimisé grâce à des données précises et fréquemment mises à jour. A un certain stade, il devient en effet impossible ou compliqué de suivre manuellement tous les processus de la ferme et une prise de décision efficace peut devenir problématique sans base de données détaillée contenant des données précises et à jour. L'IdO peut faciliter l'acquisition automatique de ces données à l'aide de capteurs ou de machines spéciales et peut aider à avoir une vue d'ensemble, à détecter les problèmes potentiels et à prendre les décisions appropriées. Le recours à l'IdO permet de recueillir en permanence et de manière automatique les informations d'intérêt, comblant ainsi les lacunes en matière de main-d'œuvre, de capacités et de disponibilité des appareils de mesure. Les appareils IdO collectent de grandes quantités de données qui nécessitent des bases de données sophistiquées et une analyse automatisée. L'apprentissage machine (ML) et l'intelligence artificielle (IA) sont des solutions SmartTech complémentaires utilisées pour l'interprétation des données collectées.

Il existe de nombreuses façons dont l'agriculture peut tirer profit de l'IdO. Pour la surveillance, le contrôle des cultures en temps réel à l'aide de capteurs comme des capteurs de mouvement et de lumière, d'humidimètres du sol et de composants de télédétection (images de drones et de satellites), peut permettre d'éviter de vastes infestations, d'optimiser les programmes d'arrosage et d'épandage d'engrais, de surveiller la qualité des cultures et d'identifier les moments de récolte idéaux. Dans l'agriculture de précision, des tracteurs collectent des données dans les champs, et la santé des cultures et le stress sur les cultures sont contrôlés depuis l'espace, en combinaison avec des données au sol et traduites en directives logicielles qui contrôlent les buses et valves qui équipent les tracteurs. Les tracteurs appliquent ensuite les bonnes quantités de graines, d'engrais, d'herbicides, de fongicides et de pesticides, réduisant l'impact sur l'environnement. L'IdO est également utilisé pour le suivi et l'optimisation du stockage, de la transformation et du transport.

Des analyses prédictives de l'ensemble des données collectées par les capteurs et analysées par l'IA peuvent jouer un rôle clé dans l'adaptation d'une ferme aux conditions météorologiques difficiles comme les sécheresses et inondations, de plus en plus fréquentes en raison du réchauffement climatique (voir par ex. Elsaesser, 2020).

Le [Tele-Irrigation Kit](#) de Tech-Innov (Niger) se compose d'une station solaire (ou éolienne), d'une pompe solaire, d'un réseau de distribution d'eau et d'un équipement de télécommunication, tous commandés à distance par le biais d'une application IVR. Le matériel utilise des données météorologiques, sur l'humidité et les précipitations attendues, la force du vent et le rayonnement solaire. Ces données permettent aux fermiers de réagir immédiatement sur la base de données fiables et objectives à l'aide de leur téléphone mobile.

[HelloErf](#) (Éthiopie) gère les machines lourdes, comme les tracteurs et les moissonneuses utilisant l'IdO. Le service met en rapport agriculteurs et propriétaires de machines et permet à ces derniers de planifier la location de leurs machines équipées de GPS, d'organiser une utilisation optimale du temps et de réduire la perte et le vol de carburant. HelloErf équipe les machines de dispositifs IdO qui transmettent toutes les données nécessaires à une application qui est accessible aux propriétaires d'équipement et aux agriculteurs. Il permet aux agriculteurs d'avoir accès à des machines et aux propriétaires de tracteur de gérer leur équipement de manière optimale.

Zenvus [Yield](#) (Nigeria) offre aux agriculteurs des connaissances sur la santé végétative de leurs cultures. Yield est une caméra d'imagerie hautement spécialisée qui fonctionne avec l'application en ligne Zenvus pour fournir des informations pratiques aux agriculteurs. L'analyse des images permet de gérer les cultures stressées, les sécheresses, les attaques d'organismes nuisibles et l'apparition de foyers de maladie, etc. YieldFly utilise des drones ; YieldSky est une solution plus accessible financièrement aux agriculteurs, grâce à une caméra fixée sur un bâton pendant qu'ils circulent dans la ferme. Lorsque Yield et l'application Smartfarm fonctionnent de concert, les agriculteurs peuvent évaluer l'efficacité de l'irrigation et de l'épandage d'engrais en mettant en corrélation les données relatives au sol avec la santé des cultures.

Exemples

L'installation et la gestion de la technologie IdO nécessite des ressources : elle peut être onéreuse, et les agriculteurs ont besoin de connaissances techniques pour s'en servir. Selon le niveau de complexité, il peut être nécessaire que les agriculteurs disposent d'un smartphone pour utiliser une application mobile ou un simple téléphone pour recevoir des SMS ou messages vocaux. Il existe des exemples de cas dans lesquels l'IdO alimenté à l'énergie solaire équipe déjà des pompes ou capteurs de sol qui communiquent avec des serveurs par GSM et d'autres technologies de transmission. Cette solution ne nécessite pas une formation spéciale pour les agriculteurs, mais un prestataire de services local assurant la maintenance est nécessaire.

Installation et déploiement

La combinaison de différentes sources de données (capteurs, testeurs de sol, trackers GPS, etc.) implique un système d'analyse complexe qui offre des prévisions et tendances précises, adaptées aux besoins des clients. Le produit final, qui constitue la base de prise de décisions, doit non seulement être accessible aux agriculteurs n'ayant pas d'expertise IT spécifique, mais aussi facilement compréhensible et prêt à l'emploi pour faciliter des prises de décisions de gestions agricoles réelles.

Coût

La mise en œuvre de technologies IdO est particulièrement onéreuse, surtout à ses débuts. L'installation du matériel physique, qu'il s'agisse d'un système d'irrigation, d'un système de surveillance du sol ou de gestion des tracteurs, nécessite les services de professionnels formés et d'une très grande quantité d'équipements. Il est probable que dans la majorité des cas, les petits exploitants ne soient pas en mesure de supporter les coûts. Cependant, il existe des cas dans lesquels les coûts de la technologie IdO sont intégrés dans des modèles d'entreprise adéquats et abordables pour les agriculteurs. Dans certains cas, les données collectées par les dispositifs n'appartiennent plus à l'agriculteur mais sont utilisées par des tiers pour différentes finalités. À défaut, le coût de mise en œuvre peut être réparti au sein d'une communauté d'agriculteurs si l'ensemble de la région peut potentiellement en tirer profit.

Capacité d'intégration du numérique des utilisateurs cibles

Selon la complexité du service, il pourrait ne nécessiter qu'un simple téléphone permettant de recevoir des SMS ; ou la simple utilisation d'un drone et d'outils analytiques complexes. La plupart des solutions transmettent les informations collectées par des dispositifs directement au smartphone de l'agriculteur par le biais d'une application mobile. L'utilisation de cette technologie repose sur un accès à une connexion à Internet régulière, sans quoi la fourniture en temps réel des données ne peut être garantie.

**Capacité
d'intégration du
numérique de
l'organisation/
de l'entreprise
assurant la mise
en œuvre**

Les étapes initiales requièrent des efforts d'installation considérables. Une fois le matériel installé, la maintenance, l'analyse des données et l'utilisation de la bonne technologie d'IA deviennent les points d'attention principaux.

Défis

Nombre des solutions disponibles reposent sur la disponibilité d'une connexion à Internet stable et la capacité de l'agriculteur à utiliser un smartphone. Les agriculteurs n'ont pas nécessairement besoin de comprendre la technologie, mais ont besoin de comprendre l'information pour prendre les bonnes décisions.

CLUSTER 4

INTERNET DES OBJETS : TRANSPORT ET STOCKAGE

Technologies	IdO, IA, Capteurs, Drones, Applications, SMS
Étapes de la chaîne de valeur	Transport, stockage
Cas d'utilisation	Gestion agricole, Gestion de la chaîne d'approvisionnement, Stockage

Description

Le transport et le stockage sont deux étapes de la chaîne de valeur que l'IdO peut considérablement améliorer. Les étiquettes intelligentes, les trackers GPS et les dispositifs de lecture de code QR peuvent par exemple contribuer à la réalisation d'une totale transparence et à l'objectif de traçabilité.

Le transport et le stockage dans les pays ACP se heurtent à divers défis. De manière spécifique, la mise en place et le maintien de la chaîne du froid sont essentiels pour la conservation des produits et peuvent fortement contribuer à une réduction des pertes. Les pays confrontés à la famine étant nombreux, la lutte contre le gaspillage alimentaire est nécessaire. La technologie IdO a été adaptée pour y remédier, principalement par le biais de solutions comme des chambres froides intelligentes (fixes ou portables), des étiquettes avec tracker GPS intelligentes et des capteurs d'humidité, de température et de cycles de dégel.

Exemples

[ColdHubs](#) est une entreprise nigériane qui s'attaque au problème des pertes post-récolte des fruits, légumes et autres aliments périssables. Les ColdHubs sont des chambres froides modulaires prêtes à l'emploi alimentées par énergie solaire, qui permettent le stockage et la conservation de denrées périssables 24 heures sur 24, 7 jours sur 7, sans accès au réseau électrique. Les systèmes ColdHubs sont installés dans les principaux centres de production et de consommation alimentaires (sur les marchés et dans les fermes). Les agriculteurs peuvent déposer leurs produits dans des caisses en plastique propres qui sont empilées dans la chambre froide, et étendent de cette façon la fraîcheur des fruits, légumes et autres aliments périssables de 2 à 21 jours environ. L'énergie des panneaux solaires fixés sur le toit de la chambre froide est stockée dans des batteries de grande capacité. En évitant le gaspillage alimentaire de 42 024 tonnes d'aliments en 2020, les chambres froides ont augmenté les revenus des clients d'environ US\$50 (Swiss Re Foundation, 2020).

[Zenvus Loci](#) (Nigeria) est un tracker d'emballage en grande partie jetable, conçu pour être réutilisé. Il permet de suivre et contrôler facilement emballages, cargaisons et tout objet mobile quasiment en temps réel en extérieur, en intérieur, à l'intérieur de colis et à l'intérieur de véhicules.

[EcoFrost](#), de la société indienne Ecozen, est un système composé d'une chambre froide de stockage, alimentée par l'énergie solaire pour produits frais périssables et d'une application mobile. Grâce à l'IdO, des données en temps réel de la chambre de stockage Ecofrost sont capturées pour contribuer à la surveillance et à la maintenance prédictive. EcozenAI, le programme qui se cache derrière toutes les solutions Ecozen, effectue des diagnostics prédictifs à l'aide de l'IA et de la science des données. L'ensemble des données est disponible par le biais d'une application mobile ou sur le Web.

La mise en œuvre initiale de solutions comme des chambres froides intelligentes nécessite une expertise professionnelle ainsi que des efforts considérables en termes de livraison et de logistique. Panneaux solaires, batteries et onduleurs doivent être installés sous la supervision d'un professionnel. Cependant, une fois la chambre de stockage froide installée, la maintenance requise sera minime, en fonction bien entendu des conditions météorologiques, du type de source d'énergie et de l'intensité avec laquelle l'installation est utilisée. Les technologies de traçage ne nécessitent pas de procédure d'installation complexe, mais pourraient nécessiter de former des opérateurs. Une utilisation correcte, et des actions immédiates et appropriées en cas de problème, peuvent s'avérer compliquées sans formation préalable et sans expérience de la technologie.

Installation et déploiement

En fonction du niveau de sophistication, certaines technologies nécessiteront un accès constant (ou occasionnel) à un réseau, tandis que d'autres peuvent fonctionner de manière autonome. Certaines chambres froides de stockage/de transport transmettent des données à des serveurs par le biais d'un Système mondial de communications mobiles (GSM) ou d'autres technologies de transmission. La technologie GPS utilisée pour le suivi ne nécessite pas de formation spécifique ni d'effort supplémentaire de la part des agriculteurs et est généralement accessible.

L'ensemble des données collectées par les capteurs et dispositifs intelligents peut être analysé avec l'aide de l'apprentissage machine et de l'IA, et des modèles prédictifs peuvent être mis au point. Les données et les analyses, ainsi que des recommandations, peuvent être transmises à l'utilisateur par le biais d'applications mobiles et en ligne.

Coût

Les technologies IdO complexes pourraient ne pas être accessibles aux petits producteurs, mais les fermes et acheteurs de plus grande envergure peuvent augmenter considérablement leurs profits en améliorant la traçabilité et en réduisant les pertes d'aliments périssables, faisant des solutions IdO un investissement attrayant. L'installation et l'entretien de panneaux solaires et de chambres froides sont financièrement exigeants et nécessitent un effort de formation de la part de l'utilisateur ; cependant, toute une communauté ou l'ensemble de la chaîne de valeur peut en tirer énormément profit en économisant de précieuses ressources et créant un marché plus durable pour les produits des agriculteurs. La réduction des pertes permet la mise au point de modèles commerciaux fonctionnels.

Les données collectées par les équipements de suivi et de maintien de la chaîne du froid sont intéressantes non seulement pour les agriculteurs et les distributeurs, mais aussi pour les grandes entreprises qui tentent d'analyser les marchés et les équipes de recherche se penchant sur l'agriculture dans la région. Autant d'éléments qui peuvent rendre l'utilisation d'une telle technologie mutuellement profitable et pourraient justifier un partage des coûts.

**Capacité
d'intégration du
numérique des
utilisateurs cibles**

Les solutions ne nécessitent aucune capacité technique de la part de l'agriculteur. Cependant, elles nécessitent que les agriculteurs se conforment aux règles du stockage et n'offrent que des produits propres qui ne portent pas préjudice aux produits d'autres clients. L'introduction de chambres froides est simple à comprendre par les producteurs agricoles, et les résultats positifs rapidement visibles.

Les fermes n'utilisent généralement pas des dispositifs de traçage, et seuls des techniciens d'acheteurs et le secteur du transport utilisent cette technologie.

**Capacité
d'intégration du
numérique de
l'organisation/
de l'entreprise
assurant la mise en
œuvre**

La mise en place et la maintenance d'unités de stockage, de réfrigérateurs et de panneaux solaires nécessite les services de professionnels formés. L'analyse des données et la prédiction impliquent l'utilisation de l'IA et de l'apprentissage machine. Ces deux facteurs, conjugués au fait que certaines solutions fonctionnent avec des capteurs et humidimètres, impliquent qu'un effort considérable et un niveau de technologie élevé devront être nécessaires pour fournir cette technologie.

Défis

La fourniture de services pour la mise en place de la chaîne du froid doit être étayée par une campagne promotionnelle. Dès que les agriculteurs observeront une réduction de leurs pertes et une hausse de leurs revenus, ils seront prêts à payer pour le service.

CLUSTER 5

GESTION DIGITALE DES CHAINES D'APPROVISIONNEMENT ET TRAÇABILITÉ

Technologies	Application mobile, Application Web, SMS, GPS, Codes-barres/codes QR, Balances numériques,
Étapes de la chaîne de valeur	Traçabilité (de la récolte au consommateur ; peut inclure la fourniture d'intrants)
Cas d'utilisation	Gestion de la chaîne d'approvisionnement, Agrégation, Contrôle

Les utilisateurs finaux de marchés internationaux veulent être parfaitement informés de l'origine de leurs aliments. Le manque de traçabilité des produits agricoles empêche les agriculteurs de pénétrer ces marchés. La traçabilité est également la clé de la certification.

Une chaîne de valeur numérisée suit les produits et les activités et peut profiter à toutes les parties prenantes en apportant une plus grande transparence à propos de la source des aliments, tout en aidant les producteurs primaires à accéder à des ressources indispensables comme un financement, des intrants et des prix équitables. Les solutions logicielles pour la gestion digitale de chaînes d'approvisionnement offrent des outils qui contribuent à la gestion et à la vente des récoltes, à l'achat et au suivi de marchandises. De manière générale, ces solutions permettent la traçabilité des produits depuis la ferme. En cas de problème qualité concernant le produit, elles permettent d'en identifier l'origine.

Description

La plupart des solutions TIC utilisées dans l'agriculture ont été conceptualisées pour un sous-secteur agroindustriel donné et une situation donnée. En réalité, différentes entreprises agroalimentaires varient en termes de cultures et de produits, de taille, de pays, de langue, de conditions environnementales, et d'éloignement du site. Dans l'horticulture, différentes chaînes d'approvisionnement dépendent de différents systèmes d'approvisionnement, et de différentes procédures pour le contrôle qualité, le traitement et l'emballage. Dès lors, les solutions de gestion de la chaîne d'approvisionnement sont généralement très spécifiques. Il est compliqué de trouver des logiciels prêts à l'emploi pour une situation donnée, et des adaptations et reconfigurations s'imposent généralement. Dans certains cas, seul le développement d'un nouveau logiciel permet de couvrir l'ensemble des processus.

Ces outils ont pour but de permettre aux entreprises agroalimentaires d'avoir une visibilité complète sur le dernier maillon de la chaîne de production agricole, de tenir à jour un registre numérique des fournisseurs et de faciliter les processus d'audit pour les exigences de certification. Ils intègrent également souvent des outils de communication, services de paiement en ligne et d'autres fonctionnalités et services importants. A titre d'exemple, Elsaesser (2017) énumère 10 outils TIC efficaces pour améliorer la compétitivité de l'agriculture contractuelle.

Les petits producteurs peuvent tirer profit des informations collectées, par exemple en obtenant des rapports annuels sur les intrants, la production et les revenus. Ces informations pourront leur permettre de développer des capacités de gestion, contribuant à la création d'une relation de confiance entre petits producteurs et acheteurs/agrégateurs.

[eProd Solutions](#), l'une des rares sociétés présentes en Afrique de l'est et de l'ouest (et à Haïti) a commencé par développer des logiciels pour ses propres entreprises agricoles sous contrat qui exportent des piments oiseaux vers l'Europe. À l'heure actuelle, elle offre des solutions IT pour différentes chaînes de valeur, dont les produits laitiers et le bétail. La configuration permet à ce produit commercial d'être utilisé de manière flexible. Il est utilisé par 75 clients, au service de plus de 250 000 agriculteurs dans 22 secteurs agricoles différents, dans 10 langues et 12 pays.

[Connected Farmer](#), une solution de gestion proposée par Mezzanine (une entreprise possédée par Vodafone), permet aux entreprises agroalimentaires de numériser des opérations grâce à l'enregistrement des agriculteurs, la gestion de la fourniture d'intrants, la communication et le paiement mobile. La solution comporte un volet de suivi et de localisation, améliorant la visibilité jusqu'au derniers maillons de la chaîne de production.

[Aibono](#) est le premier agrégateur d'aliments frais alimenté par l'AI d'Inde. Aibono est une solution agritech complète spécialisée dans l'agrégation et la fourniture directe de fruits et légumes frais à domicile.

[SAP Rural Sourcing Management](#) est une solution pour la construction d'une chaîne de valeur agricole durable et traçable. Conçu pour les entreprises agroalimentaires et alimenté par la SAP Business Technology Platform, ce logiciel de gestion de la chaîne d'approvisionnement met en relation petits agriculteurs et chaîne de valeur agricole.

Exemples

Installation et déploiement

La gestion de la chaîne d'approvisionnement est une activité complexe, et nécessite dès lors une solution TIC adéquate. La plupart des logiciels disponibles ont besoin d'être modifiés et configurés pour s'adapter à la situation. eProd, par exemple, annonce n'avoir besoin que de cinq jours de consultance pour être entièrement opérationnel chez le client. Les solutions logicielles commerciales d'Europe et d'outre-mer ne sont adaptées que si un service de consultance local est fourni.

Le développement d'une solution adaptée par un fournisseur de services IT local compétent serait également une option durable et adéquate, vu qu'il permettrait d'éviter des coûts de licence continus. Un intéressant effet de synergie peut-être créé par le développement et la consolidation de prestataires de services IT locaux.

La technologie mobile a besoin de serveurs en ligne, onéreux et difficiles à gérer, raison pour laquelle l'utilisation de services basés sur le cloud est recommandée. Il convient de prêter attention aux outils nécessitant un accès à Internet constant. Grâce à l'introduction de codes-barres sur les cartes d'identité des agriculteurs, tickets et étiquettes autocollantes, l'encodage des données peut s'en trouver pratiquement entièrement automatisé, réduisant le temps nécessaire et augmentant la qualité des données.

Coût

Le passage à la gestion numérique de la chaîne d'approvisionnement nécessite la mise en place d'un service informatique compétent au niveau de l'entreprise, et tous les utilisateurs du système doivent recevoir une formation appropriée. Des coûts permanents en découlent, et il convient d'évaluer si la valeur ajoutée compense l'effort déployé. L'introduction d'un logiciel de gestion de l'approvisionnement nécessite généralement également du matériel supplémentaire, comme des dispositifs mobiles (robustes), des imprimantes à codes-barres, des scanners portable et des balances digitales. Les dispositifs mobiles devraient être solides et résistants à l'eau et la poussière et, lorsque possible, utilisables sur batterie. Un budget devrait être constitué pour les consommables comme les cartes d'identité, les étiquettes autocollantes pour les produits et les toners.

Le logiciel proprement dit doit soit être développé spécifiquement (de préférence par un prestataire de service IT local compétent) ou un logiciel commercial à adapter et configurer en fonction des besoins par un consultant de la société informatique. Les solutions commerciales suivent différents modèles commerciaux et impliquent des coûts de licence.

**Capacité
d'intégration du
numérique des
utilisateurs cibles**

Les petits producteurs n'ont pas besoin d'utiliser eux-mêmes un système informatique. Les utilisateurs qui font fonctionner le système (collecteurs, techniciens, vulgarisateurs) ont besoin d'avoir certaines connaissances en informatique. Les preneurs de décision au niveau de la direction auront accès à des données comme des tableaux, rapports et cartes et doivent dès lors disposer des bonnes aptitudes analytiques.

**Capacité
d'intégration du
numérique de
l'organisation/
de l'entreprise
assurant la mise en
œuvre**

L'utilisation d'un logiciel de gestion de la chaîne d'approvisionnement et de traçabilité nécessite un personnel informatique, qui n'est pas toujours facilement disponible dans les zones rurales éloignées. Pour une entreprise agroalimentaire ayant besoin d'un logiciel de gestion de la chaîne d'approvisionnement, les solutions choisies doivent être aussi simples que possible.

Défis

Il est impossible de mettre en place des systèmes de traçabilité et de gestion de la chaîne d'approvisionnement fonctionnels sans haute technologie de l'information sur le terrain. Les tickets et étiquettes autocollantes peuvent être imprimés au niveau central et être fournis aux vulgarisateurs, agents de terrains, chefs d'exploitation, etc. qui les utiliseront ensuite correctement. Au niveau central, des scanners de codes-barres peuvent ensuite permettre d'automatiser les processus et d'intégrer correctement toutes les informations.

Les clés du succès consistent à prendre en compte le contexte local (idiomes, disponibilité du réseau, poussière et eau, réseau électrique) ; l'utilisation de services basés sur le cloud et la conclusion de partenariats avec des entreprises informatiques locales. L'utilisation de cartes d'identité pour agriculteurs (équipées de codes pouvant être scannés lorsque possible) réduit la charge de travail et améliore la qualité des données ; l'attribution de codes alphanumériques uniques aux agriculteurs permet d'éviter la duplication ; les codes-barres sont préférables (les codes QR sont plus sensibles à la poussière et aux problèmes mécaniques). Les technologies mobiles devraient pouvoir être utilisées hors ligne, et il est important de tenir à jour un système de sauvegarde basé sur le papier.

CLUSTER 6

L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET L'APPRENTISSAGE MACHINE POUR LA SANTÉ DES VÉGÉTAUX ET LA GESTION DES CULTURES

Technologies	AI, ML, Satellites, Capteurs, Applications
Étapes de la chaîne de valeur	Production
Cas d'utilisation	Gestion agricole, Conseils, Avertissement précoce, Agriculture de précision

Description

Certaines étapes de la chaîne de valeur agricole présentent déjà un potentiel particulièrement élevé pour les technologies ML et AI. La lutte contre les parasites, la santé des végétaux et la gestion des récoltes sont des domaines dans lesquels l'AI peut améliorer la vie des agriculteurs du monde entier, les aidant à prévenir la propagation de maladies et maximisant les récoltes, tout en recueillant une grande quantité de données. Une analyse détaillée de ces données, basée sur l'IA, permet de créer et d'ajuster des modèles prédictifs, d'automatiser les conseils et les connaissances transmis aux agriculteurs et d'optimiser les programmes d'irrigation et d'épandage d'engrais. Ces technologies ouvrent aux agriculteurs les portes de services comme la modélisation des nuisibles ou maladies, la définition du moment de plantation idéal, des recommandations concernant le délai d'utilisation des engrais et l'adéquation des produits, la similarité des sites ou l'analyses des tendances/variations environnementales, les systèmes d'alertes précoces en cas de famine, la gestion de l'irrigation, etc.

Exemples

[Fasal](#) (Inde) surveille des paramètres critiques à la ferme et charge des données dans la plateforme cloud Fasal. Une analyse basée sur l'IA des données rend le statut de santé des récoltes accessible des utilisateurs à tout moment, depuis n'importe où, sur n'importe quel appareil pour une prise de décision axée sur des données. Le moteur de prédiction de Fasal modélise les conditions de croissance idéales, les exigences en matière de ressources (y compris l'irrigation, les applications de produits de protection des plantes et l'épandage d'engrais) et les mesures préventives. Fasal offre des prévisions microclimatiques sur 14 jours et spécifiques à la ferme. Ses systèmes d'évaluation et de prédiction des maladies préviennent les agriculteurs et institutions agricoles à propos de la possibilité d'occurrence d'une maladie des cultures et de sa gravité ou de la possibilité d'une propagation d'infestation afin que les agriculteurs puissent planifier leurs actions avec précision.

[Agrio](#) est un système d'alerte en cas d'infestation et de maladie équipé d'outils pour l'identification et la fourniture de recommandations. Il contient également des outils de gestion pour les inspecteurs et s'adresse d'ailleurs plutôt aux inspecteurs de terrains qu'aux agriculteurs. Les algorithmes d'IA détectent les problèmes de végétation qui permettent de savoir précisément où et quand agir. Des prévisions météorologiques hyperlocales complètent les services. Tandis que l'application pour la détection des infestations et maladies est gratuite pour les utilisateurs de smartphones, tout comme les prévisions météorologiques hyperlocalisées, des fonctionnalités supplémentaires comme une application en ligne de surveillance par satellite et des alertes en cas d'infestation et de maladie s'accompagnent de frais d'abonnement mensuels.

[aWhere's Weather Insights](#) a été conçu pour faire tourner des modèles de culture et spatiaux. Les données captées sont intégrées avec d'autres données spatiales pour générer des connaissances sur la manière dont la variabilité météorologique a un impact sur la société. La solution repose sur des années d'expertise pratique dans l'agrométéorologie, l'agronomie, l'amélioration des cultures, les marchés et les politiques pour permettre aux clients de prendre des décisions pertinentes, ponctuelles et quantitatives qui amélioreront la production et la qualité des produits et réduiront les risques. Sur la base de données en temps réel, des algorithmes d'IA et de ML génèrent les recommandations nécessaires pour le contrôle des maladies et des infestations, la plantation et l'irrigation.

[Plantix](#) est une application Android gratuite qui fournit des informations et des conseils spécialisés sur la santé des végétaux. Les agriculteurs peuvent utiliser Plantix en tant qu'outil de diagnostic pour les fruits, légumes et autres cultures. Ils prennent des photos de leurs plantes, et un système d'IA sur le serveur analyse les images chargées et offre un diagnostic instantané de la pathologie de la végétation et des informations sur la manière dont la traiter. La communauté Plantix, composée d'experts internationaux et d'autres acteurs du secteur, offre un accès à de précieux conseils applicables au niveau régional. La base de données est constamment améliorée à l'aide des images ajoutées et des commentaires des utilisateurs.

Zenvus [Yield](#) (Nigeria) offre aux agriculteurs des connaissances sur la santé de leurs cultures. Yield est une caméra d'imagerie hautement spécialisée qui fonctionne avec l'application en ligne Zenvus pour fournir des informations pratiques aux agriculteurs. L'analyse des images permet de gérer les cultures stressées, les sécheresses, les attaques de ravageurs et l'apparition de foyers de maladie, etc. YieldFly utilise des drones ; YieldSky est une solution plus accessible financièrement des agriculteurs, qui fonctionne grâce à une caméra fixée sur un bâton pendant qu'ils circulent dans la ferme.

Exemples (bis)

PlantVillage, un forum Q&A modéré pour l'agriculture, a mis au point l'application [Nuru](#) . Utilisant des données satellite de l'initiative [WaPOR](#) de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, cette application permet aux agriculteurs kényans de surveiller leurs cultures « grâce à des yeux dans le ciel » (Simon, 2019).

[Xarvio](#) offre des solutions agricoles numériques, dont : xarvio® SCOUTING (analyse d'un piège à phéromones basé sur des photos) ; xarvio® FIELD MANAGER solution numérique pour la surveillance du terrain, l'optimisation de l'ensemencement, la gestion des nutriments et la protection des cultures et la gestion des régulateurs de croissance) ; et xarvio® HEALTHY FIELDS (offre une stratégie de protection des cultures optimisée en fonction des saisons et du terrain et garantit l'utilisation du dosage optimal au bon moment). Ces produits numériques reposent sur une plateforme de modélisation des cultures, qui fournit des conseils agronomiques indépendants et spécifiques à une zone qui permettent aux agriculteurs de produire leurs cultures de manière plus efficace et durable.

[Agrix Tech](#) offre des diagnostics des infestations et maladies basés sur l'IA pour plantes dans les langues africaines et peut s'utiliser hors ligne.

Les services basés sur l'IA et l'apprentissage machine gagnent sans cesse en accessibilité, même pour les petits producteurs. La mise en œuvre d'algorithmes d'IA et d'apprentissage machine à des fins agricoles est complexe et nécessite une équipe dans laquelle scientifiques spécialistes en gestion des données et spécialistes en agriculture collaborent.

Installation et déploiement

Les agriculteurs peuvent accéder aux données au moyen de leur smartphone, d'applications en ligne voire de SMS. La collecte des données nécessaires requiert un équipement spécial, comme des capteurs, des systèmes d'irrigation intelligents, des drones ou des images satellites de haute résolution et à fréquence élevée. Des éléments de l'analyse peuvent reposer sur une imagerie satellite sans effort ni matériel supplémentaire. Certaines des solutions peuvent être téléchargées et sont prêtes à l'emploi, l'utilisateur n'ayant besoin que d'un smartphone équipé d'une caméra et d'un GPS.

Du point de vue de l'utilisateur, il est important que les recommandations et les conseils soient fournis au bon moment et compréhensibles. Même les agriculteurs qui disposent d'un smartphone pourraient ne pas nécessairement être familiarisés avec la technologie et dès lors avoir besoin d'instructions claires et accessibles.

Coût

Le coût de la mise en œuvre de solutions d'IA et d'apprentissage machine dépend en large mesure du type de technologie utilisée pour la collecte des données. Pour les applications qui déterminent la santé de la culture grâce à l'analyse d'une photo ou d'une image satellite gratuite, le coût, ainsi que les efforts de mise en place ne seront pas énormes. Plantix par exemple peut être utilisé gratuitement, et ne nécessite qu'un smartphone et une formation minimale de l'utilisateur. Mais les solutions d'IA qui reposent sur des données provenant de capteurs sophistiqués et/ou d'images prises par des drones peuvent être très onéreuses.

Le développement d'une nouvelle solution basée sur l'IA/l'apprentissage machine peut être considéré comme le plus exigeant en termes de ressources et d'investissement. Cependant, une fois les programmes fonctionnels et les algorithmes d'apprentissage machine en place, une vérification du système pour identifier les bogues et la fourniture d'un support client suffisent.

Capacité d'intégration du numérique des utilisateurs cibles

Les agriculteurs souhaitant tirer profit de la technologie IA auront probablement besoin de disposer d'un smartphone avec accès à Internet, une caméra et un GPS ou d'un ordinateur. Ils peuvent tirer profit des services sans comprendre les procédures. Une brève introduction des principales fonctions et options de la solution pourrait être nécessaire.

Capacité d'intégration du numérique de l'organisation/ de l'entreprise assurant la mise en œuvre

L'IA est une technologie complexe qui nécessite de solides aptitudes en sciences de données ainsi que des connaissances poussées en développement de programmes. Une société souhaitant développer des technologies ML/IA devra probablement disposer d'une équipe de professionnels hautement compétents.

Défis

L'intelligence artificielle est un domaine relativement nouveau et son application dans l'agriculture numérique n'est pas encore très répandue. Nombre de produits portent le label « IA » alors qu'ils ne reposent en réalité que sur des bases de données hautement performantes. Le premier AI Research Centre d'Afrique, établi à Brazzaville, au Congo, lancé par la Commission économique pour l'Afrique des Nations unies (ECA, 2022), se concentre sur cette technologie et pourrait changer la donne.

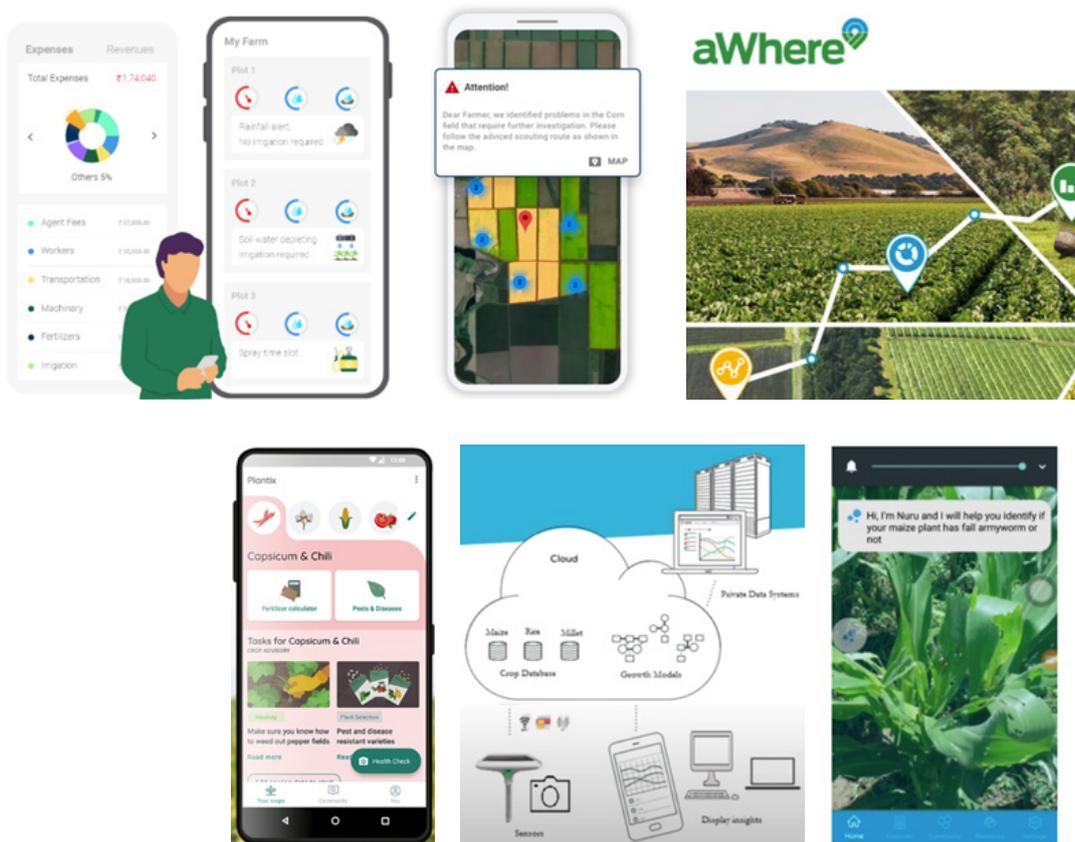


Figure 8 Les applications présentées : de gauche à droite, Fasal; AGRIO, aWhere, Plantix, Zenvus, Nuru

CLUSTER 7

CAPTEURS POUR LA SURVEILLANCE DES PARAMÈTRES LIÉS AU SOL ET À L'EAU

Technologies	Capteurs, Application smartphone
Étapes de la chaîne de valeur	Production
Cas d'utilisation	Gestion agricole, Conseils, Avertissement précoce, Agriculture de précision

Description

Les smartphones modernes sont littéralement truffés de capteurs. Il s'agit notamment de capteurs de lumière ambiante, de proximité, d'accélération et de rotation (gyroscope), de capteurs électromagnétique, d'un compas numérique (magnétomètre), d'un scanner d'empreinte digitale et de capteurs de définition de la position (GPS). À l'exception du GPS, la plupart de ces capteurs ont peu d'applications dans l'agriculture. Cependant, il est possible de mettre à niveau des smartphones avec des capteurs externes, qui peuvent également être reliés à d'autres dispositifs (comme des micro-ordinateurs) pour contrôler des systèmes comme l'irrigation automatique voire l'épandage d'engrais. Ces capteurs doivent transmettre les signaux mesurés (par câble, wifi, Bluetooth, LoRaWan ou GPRS) à une unité de contrôle qui stocke les signaux. Une unité de contrôle peut recevoir des données de un ou plusieurs capteurs. Un logiciel spécifique traduit ensuite les données en directives pour l'utilisateur, ou contrôle automatiquement des dispositifs comme des buses et pulvérisateurs. Des capteurs d'humidité du sol peuvent permettre une utilisation optimale de l'eau ; des capteurs d'humidité et de température peuvent permettre de contrôler la ventilation et le refroidissement dans des serres ; et des capteurs infrarouges peuvent mesurer le stress des plantes.

Le Horticultural Research Institute a mis au point la [Smartphone Nitrogen App](#) capable de déceler la teneur en azote des cultures. Le capteur Smart N repose sur deux caméras qui prennent des photos des plantes dans les longueurs d'onde du rouge ou du proche infrarouge. Comme pour le NDVI, la différence entre les deux signaux est proportionnelle au stress de la plante (Adhikari and Nemali, 2020).

Exemples

En Inde, la Foundation for Environmental Monitoring ([ffem](#)) et GIZ ont mis au point l'application smartphone [ffem soil](#), basée sur smartphone et pour le test spectrographique des sols (NPK). L'application est disponible au téléchargement dans le Google Play Store et est moins chère et plus précise que les tests de sol conventionnels. Après avoir préparé un échantillon de sol, l'échantillon de test est déposé sur la caméra du smartphone qui évalue alors le pH, l'azote, le phosphore, le potassium, le carbone organique, le bore, le fer disponible, le soufre et le zinc (Green Innovation Centre India, 2020). Une autre application ffem permet d'évaluer la qualité de l'eau.

UjuziKlimo traite des millions de points de données au quotidien, avec [Soil Pal](#) pour créer une banque de données des sols et agronomique complète qui est à la fois spécifique au terrain et hautement précise.

Installation et déploiement

La technologie des capteurs déjà disponible est simple d'utilisation. Des instructions et guides d'utilisation sont disponibles et peuvent servir de préparation aux formateurs. Les applications supportent généralement l'interprétation des résultats et génèrent des conseils pertinents. Mais le développement de telles solutions nécessite des recherches approfondies, et est généralement assuré par des universités et instituts de recherche.

Coût

L'utilisation de cette technologie peut nécessiter l'utilisation de capteurs, logiciels et équipements de test. Les coûts pourraient être faibles ou élevés, en fonction de la solution. L'utilisation de l'application de test ffem est gratuite, et même le code source de l'app est gratuitement accessible (open source).

Capacité d'intégration du numérique des utilisateurs cibles

Généralement les vulgarisateurs, les techniciens, les conseillers établis dans le village ou le chef d'exploitation effectuent le test ; cependant, les agriculteurs peuvent être formés à utiliser eux-mêmes ces technologies.

Capacité d'intégration du numérique de l'organisation/ de l'entreprise assurant la mise en œuvre

Le déploiement et l'utilisation des solutions disponibles ne nécessite pas nécessairement une grande préparation. Mais le développement de nouveaux capteurs et le développement d'applications est complexe et nécessite généralement une coopération avec des instituts de recherche.

Défis

La collecte de données constitue la base de tout système ML et d'IA. La collection automatique est préférable mais pas toujours possible. Le prélèvement d'échantillons de sol, par exemple, nécessite une opération manuelle.

CLUSTER 8

PIÈGES INTELLIGENTS POUR UNE LUTTE INTÉGRÉE CONTRE LES NUISIBLES

Technologies	Capteurs, application smartphone
Étapes de la chaîne de valeur	Production
Cas d'utilisation	Gestion agricole, Conseils, Avertissement précoce, Agriculture de précision

Description

La lutte contre les nuisibles et leur identification sont des étapes critiques d'un programme de lutte intégrée (IPM). La lutte contre les nuisibles est généralement un processus intensif en terme de mobilisation de main-d'œuvre afin de mener des inspections journalières ou hebdomadaires et un encodage manuel des données de population dans des feuilles de calcul.

Exemples

L'Alabama Cooperative Extension System (Alabama A&M and Auburn University, USA) effectue des recherches sur des solutions modernes à l'aide de pièges automatiques pour la lutte contre les nuisibles. Il a mis au point les [DTN Smart Traps](#) : des pièges adhésifs avec caméra montée sur le dessus qui envoie automatiquement les comptages et images au logiciel DTN. La qualité photo des Smart Traps est excellente, tout comme le comptage précis des différentes espèces de papillons. La photo permet une vérification aisée des totaux calculés dans une période de capture. Le logiciel DTN est une interface très utile pour l'archivage de données de captures provenant de différents sites. Les pièges automatiques permettent également de suivre de manière fiable les changements dans l'activité des nuisibles au court des saisons.

Bayer a mis au point [Digital Pest Management](#), des pièges à rongeurs équipés de l'IdO qui offrent une surveillance 24/7 et des alertes de capture en temps réel, permettant une réaction proactive au lieu d'une vérification manuelle des pièges. Le système envoie des alertes automatisées en temps réel à des smartphones pour l'ensemble des sites sous surveillance. Une application Android présente les résultats de l'ensemble des sites sous surveillance et contribue à la localisation du problème.

Exemples

[SnapTrap](#), une innovation australienne, est un système de capture qui a été mis au point et testé dans une ferme. Il s'agit d'un système de caméra numérique fixée sur des pièges de mouches des fruits standard (pièges Lynnfield) utilisés par le gouvernement pour la lutte contre les nuisibles. Le piège enregistre une photo haute résolution à intervalles de quelques heures pendant la journée et les télécharge dans le cloud, où elles peuvent être analysées. L'accès aux images se fait par le biais d'un site Web sécurisé sur n'importe quel dispositif connecté à Internet (ex : un ordinateur portable ou un téléphone mobile). En plus du contenu des pièges, SnapTrap enregistre également la température et des informations provenant d'autres capteurs environnementaux, afin que le système soit en mesure d'offrir des calculs degré-jour pour fournir des prévisions du cycle de vie, qui permettent d'améliorer la programmation des activités de contrôle des mouches des fruits. SnapTrap est alimenté par la lumière solaire et se connecte au réseau par le biais du téléphone mobile, ce qui lui permet d'être installé à tout endroit atteint par les rayons du soleil.

Ce capteur a été utilisé même dans des zones à faible signal mobile. Il peut également utiliser le wifi lorsque nécessaire.

[RapidAIM](#) (CSIRO) fournit des pièges de haute technologie dotés de boîtiers spéciaux. Grâce à un smartphone ou une tablette, les utilisateurs peuvent évaluer la pression de la mouche des fruits et les points de concentration, recevoir des alertes en temps réel, consulter des tendances historiques, enregistrer des registres de pulvérisation et afficher les endroits où le contrôle fonctionne. Cependant, les pièges s'accompagnent d'un coût annuel élevé et n'offrent des prévisions des nuisibles localisées que pour l'Australie. De tels systèmes nécessitent de grandes quantités de données précises et actualisées, qui sont compliquées à collecter et donc à appliquer à grande échelle ou à une nouvelle région.

Exemples (bis)

[Trapview](#) est une autre solution professionnelle. Basée sur la technologie Trapview, [ADAMA Australia](#) a construit un réseau national de plus de 500 pièges à insectes automatisés ciblant des insectes australiens clés. Le réseau permet de clairement comprendre la menace associée aux nuisibles dans une zone de culture et soutient les preneurs de décision dans l'amélioration du programme d'application d'insecticides.

[PestConnect](#) de Rentokil offre des fonctionnalités similaires. Des pièges intelligents basés sur l'IdO sont complétés d'une application Android présentant des cartes et statistiques organisés dans un tableau de bord. Ces solutions sont destinées aux abris et bâtiments de stockage plutôt qu'à l'extérieur.

Exemples (bis)

Le projet [E-FLYWATCH](#), financé par l'Europe, a mis au point une façon novatrice d'identifier la mouche méditerranéenne des fruits par mesure de la fréquence de battement des ailes. Ce piège à insectes est unique en son genre. Il est entièrement autonome et embarque des modules électroniques et de communication capables de capturer des images en temps réels des mouches des fruits et de l'olivier qui pénètrent dans les pièges et de transmettre les images et d'autres informations (lieu de capture et données environnementales). Le piège E-FLYWATCH est relié à un service de collecte de données centralisé générant des avertissements en temps réel aux utilisateurs finaux et des analyses historiques des zones infestées par le biais d'une application.

Le [Bayer Rodent Monitoring System](#) (RMS) est un réseau sans fil de capteurs de haute technologie équipant des pièges qui surveillent et diffusent leur statut par le biais de signaux radio. Un logiciel dans le cloud peut ensuite envoyer des notifications en temps réel aux utilisateurs dès qu'un rongeur est capturé ou enregistrer des comptages de l'activité de la station d'appât.

Installation et déploiement

Les pièges intelligents font encore l'objet de recherches, et les solutions professionnelles qui existent visent principalement des régions industrialisées. La plupart des pièges intelligents s'inspirent de pièges collants ou de pièges à phéromones habituels, mais ajoutent une combinaison de caméras ou d'autres capteurs pour fournir des informations actualisées sur ce qui se passe au verger ou au champ, et les types de nuisibles présents. Liés à une station météorologique automatisée, les pièges intelligents peuvent considérablement réduire la visite des sites où se trouvent les pièges, étant donné qu'ils envoient directement les informations à un serveur.

Coût

L'utilisation de cette technologie peut nécessiter l'utilisation de capteurs, logiciels et de pièges modifiés sur mesure. Il n'existe aucun système de surveillance prêts à l'emploi adapté aux nuisibles horticoles présents dans les régions ACP, mais il s'agit d'un domaine de recherche intéressant méritant d'être exploré. Des coûts continus découlent de la surveillance permanente et de la maintenance des pièges, et de la technologie de transmission. Pour réduire les coûts de transmission, il est possible de faire appel à la technologie LoRaWan (lorsque disponible) ou les stations peuvent collecter et rassembler les données de différents pièges à l'aide du WiFi avant leur chargement sur le cloud.

Capacité d'intégration du numérique des utilisateurs cibles

Le système reposant généralement sur des pièges standards équipés de l'IdO, un contrôle, une maintenance et un changement des batteries s'imposent.

**Capacité
d'intégration du
numérique de
l'organisation/
de l'entreprise
assurant la mise en
œuvre**

Ce ne sont généralement pas les agriculteurs qui font fonctionner les pièges haute technologie. Le gouvernement ou des organisations régionales, coopératives et ONG ont la capacité de faire fonctionner des réseaux sur ces dispositifs. Cependant, les agriculteurs doivent surveiller leurs champs, et des solutions IPM numériques peuvent transmettre leurs observations à un centre d'analyse central.

Défis

Un domaine de recherche très intéressant recelant un potentiel élevé pour les SmartTech.

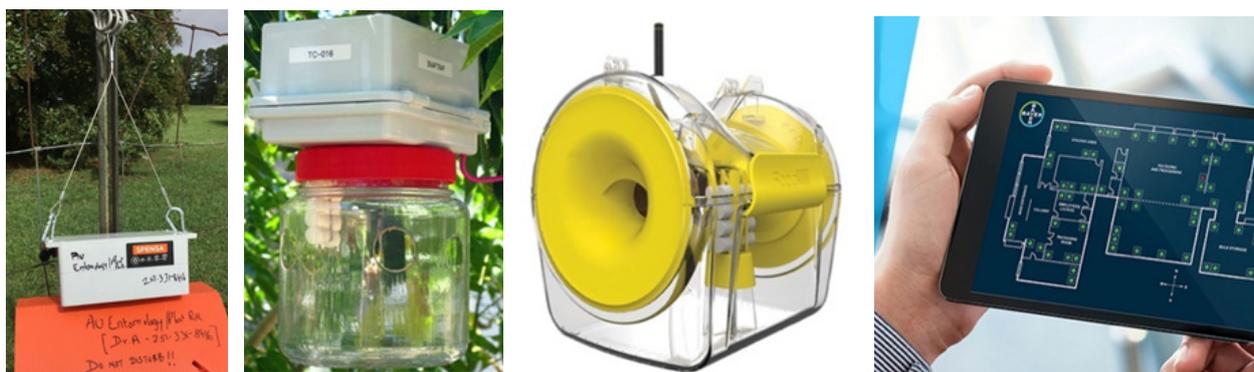


Figure 9 Exemples de pièges intelligents : de gauche à droite :
DTN Smart Trap, Snap Trap, smart trap de RapidAIM, RMS de Bayer

CLUSTER 9

DRONES POUR LE CONTRÔLE DES NUISIBLES/ MALADIES ET LA SURVEILLANCE PHYTOSANITAIRE

Technologies Drones, Capteurs, Télédétection, GPS, SIG

Étapes de la chaîne de valeur Production

Cas d'utilisation Contrôle des maladies

Description

Les drones permettent de surveiller des zones de culture ou de sylviculture en quelques heures ou minutes, ce qui nécessiterait des jours de travail au sol. Cette technologie rend dès lors possible de surveiller de vastes zones de cultures sur une base régulière. Les drones peuvent voler de façon autonome ; des vols répétitifs peuvent être programmés et les changements sont décelés à l'aide d'une analyse automatique des images. Les drones standards peuvent transporter des équipements légers comme des caméras et des capteurs. Les drones plus grands peuvent même transporter des réservoirs et buses de pulvérisation.

Les techniques de télédétection permettent de déceler les plantes stressées. Différents indices de culture, comme NDVI et RVI, peuvent contribuer à déceler des nuisibles et maladies ou le stress hydrique depuis l'espace. Des capteurs LIDAR peuvent contribuer à la génération de modèles numériques de terrain (altimétriques) précis.

Exemples

La Aeroview InField App d'[Aerobotics](#), [Aibono Seed-To-Plate](#) (Inde), [Astral Aerial](#) (Kenya), [WeFly Agri](#) (Côte d'Ivoire) et [ThirdEye Systems](#) (Israël) utilisent tous des fournisseurs de services de drone locaux assurant la cartographie de la santé des cultures. La détection de la santé des végétaux s'effectue via NDVI et le produit final est une cartographie affichant des paramètres de santé des cultures. Skykrafts Aerospace (Inde) a mis au point [Kisan Drone](#), le plus petit drone vaporisateur au monde, mais la faible charge portante limite son applicabilité.

Installation et déploiement	<p>Les approches basées sur la télédétection pour la détection de biomasse et la surveillance phytosanitaire sont suffisamment développées et des logiciels de télédétection commerciaux compatibles existent pour chaque type de drone. Récemment sont également arrivés sur le marché les premiers drones à offrir une évaluation de la biomasse en temps réel et à la volée, sans le post-traitement habituel des images. Mais une expertise suffisante est nécessaire pour faire fonctionner ce type de drones et interpréter les données.</p>
Coût	<p>La technologie est onéreuse et les petites installations agricoles ne peuvent pas se permettre de l'acquérir. Mais des prestataires de services peuvent offrir ces services de haute technologie à des fermes de plus grande envergure ou coopératives.</p>
Capacité d'intégration du numérique des utilisateurs cibles	<p>Généralement, les produits issus des drones sont fournis sous la forme de cartes qui ont besoin d'être interprétées, et des aptitudes adéquates sont requises. Certaines solutions offrent une aide à la décision basées sur l'utilisation des drones et des données directement envoyées sur smartphone sous la forme de directives simples à comprendre qui peuvent être localisées et personnalisées vu que le smartphone transmet ses coordonnées au serveur. Ces solutions entendent combler le « dernier maillon de la chaîne », mais en réalité, la plupart des agriculteurs ne disposent pas d'un smartphone et il y a toujours une distance à combler entre la personne possédant le smartphone (vulgarisateur, technicien) et l'agriculteur.</p>
Capacité d'intégration du numérique de l'organisation/ de l'entreprise assurant la mise en œuvre	<p>L'utilisation d'un service de drone a besoin d'expertise technique ainsi que des autorisations de vol nécessaires, qui ne sont pas toujours simples à obtenir. Le traitement des images nécessite un logiciel, de l'expertise et du temps. Par conséquent, les drones sont généralement utilisés par des prestataires de services hautement spécialisés.</p>
Défis	<p>Dans de nombreux pays ACP, il n'existe pas de réglementation des drones, ce qui équivaut à une interdiction. Dans d'autres pays, il est en théorie possible de faire approuver des vols de drones, mais après avoir contacté jusqu'à six ministères différents. Dans les pays où la réglementation des drones est en vigueur, il existe généralement un marché de prestataires de services de drones disposant des capacités nécessaires pour fournir des solutions destinées à l'agriculture.</p> <p>Lorsqu'ils existent, les prestataires de services de drone locaux devraient être privilégiés étant donné que l'importation et la taxation de matériel pour drone peuvent être complexes.</p>

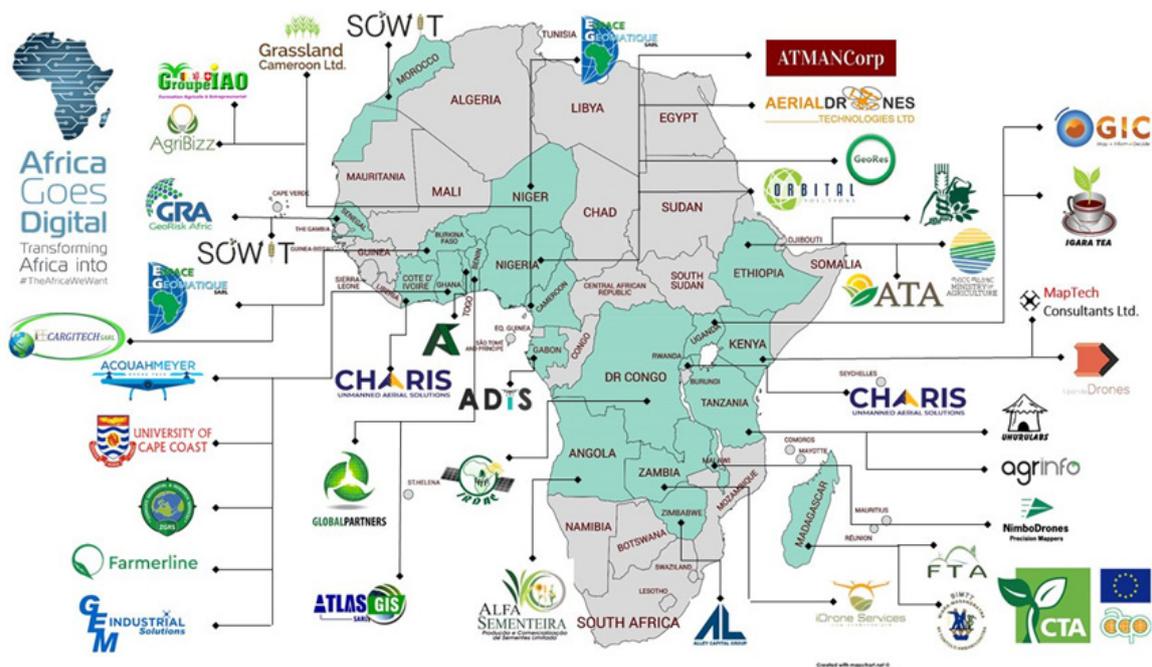


Figure 10 Principaux prestataires de services de drone en Afrique. Source: Africa Goes Digital (2022)

CLUSTER 10

DRONES POUR LA CARTOGRAPHIE DE SURFACES ET DE LA PRODUCTIVITÉ DES CULTURES

Technologies	Drones, Capteurs, Télédétection
Étapes de la chaîne de valeur	Production
Cas d'utilisation	Surveillance de la production, Surveillance à la ferme
Description	<p>Tous les petits producteurs des pays ACP n'ont pas d'idée claire de la taille des terres qu'ils cultivent. Alors qu'il existe des applications pour smartphone qui permettent de mesurer les terres en parcourant les parcelles, toutes les terres cultivables ne sont pas facilement accessibles. Grâce à l'utilisation de drones, les parcelles peuvent être mesurées avec précision, et l'utilisation de caméras proche infrarouge (NIR) basées sur des drones permet de calculer la biomasse et de surveiller la productivité. Dans les zone d'agriculture d'irrigation, la technologies NIR peut contribuer à estimer la consommation d'eau et à identifier le prélèvement d'eau illicite..</p>
Exemples	<p>La Aeroview InField App d'Aerobotics, Aibono Seed-To-Plate (Inde), Astral Aerial (Kenya), WeFly Agri (Côte d'Ivoire) et ThirdEye Systems (Israël) utilisent tous des fournisseurs de services de drone locaux offrant des solutions de cartographie. Les données obtenues par télédétection peuvent être superposées à des images satellite à l'aide de systèmes SIG en vue de leur traitement ultérieur.</p>
Installation et déploiement	<p>La plupart des types de drone sont équipés d'un logiciel de télédétection commercial permettant une cartographie depuis le ciel. En revanche, l'utilisation des drones et le traitement des images nécessitent une certaine expertise . Par exemple, une expertise en SIG est toujours nécessaire pour superposer, convertir et classer les données des drones.</p>
Coût	<p>La plupart des types de drone sont équipés d'un logiciel de télédétection commercial permettant une cartographie depuis le ciel. Mais l'utilisation des drones et le traitement des images nécessitent une expertise suffisante. Une expertise en GIS est toujours nécessaire pour superposer, convertir et classer les données des drones.</p>

**Capacité
d'intégration du
numérique des
utilisateurs cibles**

Les agriculteurs ne sont pas le groupe cible de ce type de produit. Tandis que les agriculteurs pourraient être intéressés par la superficie totale de leurs parcelles, les cartes de biomasse et cartes de captage d'eau sont plus intéressantes pour les preneurs de décision, à moins que des services d'interprétation des données soient fournis et que les informations soient transformées en information exploitables par des agriculteurs. La technologie des drones est onéreuse, on retrouve donc dans le groupe cible les grandes fermes, les chercheurs et les institutions gouvernementales.

**Capacité
d'intégration du
numérique de
l'organisation/
de l'entreprise
assurant la mise en
œuvre**

L'exploitation/le développement d'un service de drones nécessite une expertise technique. Le traitement des images, en particulier, requiert des ressources en termes de logiciels, de capacités techniques en télédétection et de temps. Les drones sont donc généralement exploités par des prestataires de services hautement spécialisés..

Défis

Dans de nombreux pays ACP, il n'existe pas de réglementation des drones, ce qui équivaut à une interdiction. Dans d'autres pays, il est en théorie possible de faire approuver des vols de drones, mais après avoir contacté jusqu'à six ministères différents. Dans les pays où la réglementation des drones est en vigueur, il existe généralement un marché de prestataires de services de drones disposant des capacités nécessaires pour fournir des solutions destinées à l'agriculture.

Lorsqu'ils existent, les prestataires de services de drone locaux devraient être privilégiés étant donné que l'importation et la taxation de matériel pour drone peuvent être complexes.

CLUSTER 11

CAPTEURS DE SURVEILLANCE, MICRO-ORDINATEURS ET TRANSMISSION DE DONNÉES POUR L'IRRIGATION AUTOMATISÉE

Technologies	Capteurs, Transmission, Automatisation
Étapes de la chaîne de valeur	Production
Cas d'utilisation	Automatisation de l'irrigation

Description

La disponibilité et l'accessibilité des capteurs et des technologies de transmission permettent aujourd'hui d'avoir des réseaux de mesure denses. Les appareils contrôlables à distance permettent la mise en place d'une irrigation automatisée, ce qui permet de réaliser des économies en eau et en énergie, mais permet également de délivrer des volumes d'eau précis pour arriver à un rendement maximum.

Un large éventail de technologies existent pour la mesure de divers paramètres physiques, dont les données météorologiques et liées au sol et la disponibilité en l'eau. La qualité de l'eau et la santé des végétaux peuvent également être évaluées à l'aide de capteurs dans le champ ou à distance à l'aide de drones et satellites. Différentes technologies de transmission sont disponibles pour l'envoi de données dans le cloud aux fins d'une analyse centralisée ou vers un micro-ordinateur local. Des appareils tels que des pompes solaires, barrages et valves sont contrôlés à distance pour automatiser l'irrigation et optimiser l'utilisation de l'eau, la consommation d'énergie et les rendements. L'utilisation de pompes solaires équipées de capteur contribue à la mesure de la consommation d'eau, à la réduction des émissions et à une économie d'énergie. L'automatisation vise à générer les rendements les plus élevés avec le moins d'eau, d'énergie et de coûts de main-d'œuvre possible.

Les capteurs [Chameleon](#) mis au point par CSIRO sont un système bon marché, simple à utiliser et efficace pour surveiller les niveaux hydriques des sols. Les capteurs offrent aux agriculteurs un résultat simple à comprendre. Le système a été conçu pour être fabriqué à faible coût, simple à installer et facile à comprendre. Une suite d'outils supplémentaire permet de mesurer les niveaux de sel et de nitrate. Grâce à une efficacité améliorée de l'utilisation de l'eau et une réduction des maladies auparavant favorisées par un arrosage excessif, les agriculteurs ont vu le rendement de leurs cultures augmenter de 30 %, ainsi que leur consommation en eau réduire de 30 % (CSIRO, n.d.).

Exemples

[Simusolar](#) (Tanzanie) offre des solutions d'énergie propres pour les entreprises agroalimentaires basées sur le solaire. Leur solution permet le contrôle et la surveillance à distance. Simusolar offre un système basé sur un modèle de paiement à l'utilisation qui permet aux petits producteurs d'avoir accès à la technologie, vu qu'ils peuvent la payer par téléphone.

[SunCulture](#) (Kenya) combine une technologie de pompe solaire à une plateforme IdO et des algorithmes ML, permettant aux systèmes de prédire les tendances et d'optimiser la performance en temps réel. Il propose également un modèle de paiement à l'utilisation moins onéreux que le carburant pour groupes électrogènes.

En Inde, [FreeDesign](#) calibre des capteurs [Watermark](#) bon marché avec l'aide de capteurs [Delta-T](#) professionnels pour offrir aux agriculteurs une technologie de capteur d'humidité du sol abordable et précise à la fois.

[FarmShield](#)TM de Synnefa au Kenya permet de réaliser un contrôle à distance des fermes au moyen de téléphones mobiles et de tableaux de bord sur la base d'informations en temps réel sur l'épandage d'engrais et les besoins en irrigation de la culture. Un réseau de capteurs mesure différents paramètres et envoie les données dans le cloud, où elles sont analysées. Des alertes en temps réel et conseils sont envoyés aux agriculteurs par SMS, e-mail ou notifications via une application.

Exemples (bis)

[Tech-Innov](#) est une entreprise sociale du Niger qui met au point et commercialise la « Ferme Digitale Ecologique » avec ses systèmes de [Télé-Irrigation](#) et autres systèmes connexes, incluant notamment une gestion intelligente des biofertilisants, un arrosage automatique, un kiosque d'eau potable, la surveillance météorologique et la vidéo dans les zones rurales éloignées. L'ensemble de ces innovations reposent sur des capteurs et l'énergie solaire et peuvent être surveillées et contrôlées par le biais d'applications.

[Seabex](#) est un système de contrôle électronique et d'automatisation intelligent originaire de Tunisie qui aide les agriculteurs à optimiser leur consommation d'eau afin d'améliorer quantitativement et qualitativement leur production. Seabex contrôle et surveille en temps réel les principaux paramètres environnementaux d'une ferme et interagit et réagit de manière autonome aux variations des paramètres environnementaux.

Installation et déploiement

Nombre d'acteurs mettent au point des systèmes d'irrigation automatique et nombre de systèmes sont disponibles à différents niveaux de technologie. Dans les pays arides et semi-arides, on retrouve généralement un panel de prestataires de services disposant de connaissances dans le domaine. Il est recommandé de faire équipe avec des sociétés locales non seulement pour réaliser des économies mais aussi pour construire et consolider des capacités locales.

Coût

Que les systèmes utilisent des données obtenues par télédétection ou des données issues de capteurs installés localement, les frais connexes sont élevés. Cependant, les capteurs sont de plus en plus abordables et sur le long terme, une irrigation optimisée permet d'augmenter les revenus. La transmission de données par câble, Bluetooth ou WiFi est gratuite, les systèmes locaux pouvant donc fonctionner indépendamment de la disponibilité et de l'accessibilité des services.

Capacité d'intégration du numérique des utilisateurs cibles

La maintenance des capteurs et des réseaux de transmission nécessite des capacités techniques que l'on ne retrouve pas nécessairement chez les agriculteurs. Certains fabricants proposent des capteurs très robustes et faciles à entretenir. Certains agriculteurs n'ont pas confiance dans l'irrigation automatisée et préfèrent changer les programmes d'irrigation en se fiant à leur expérience, l'introduction de ces technologies nécessite dès lors formation et sensibilisation (Schnetzler and Pluschke, 2017; Elsaesser, 2020).

Capacité d'intégration du numérique de l'organisation/ de l'entreprise assurant la mise en œuvre

La mise en œuvre d'une telle technologie nécessite un niveau d'expertise élevé sur les plans technique et agricole. Un réseau de prestataires de services assurant la maintenance doit être mis en place pour des raisons de durabilité.

Défis

Les petits producteurs vivent souvent dans des zones éloignées qui sont les dernières à être couvertes par des services de base. Les systèmes avec capteurs doivent dès lors être en mesure de fonctionner avec de l'énergie solaire, indépendamment du réseau électrique. Le passage au pompage solaire permet d'éliminer le coût du carburant ce qui a très souvent pour effet d'entraîner une augmentation de l'irrigation et non seulement un impact sur les ressources en eau locales mais également la réduction des rendements. L'automatisation de l'irrigation peut permettre d'y remédier



Capteur de sol portable Chameleon



FarmShield™ capteur FarmSpear™



Seabex plateforme de surveillance mobile

Figure 11 Exemples de capteurs et de plateformes de surveillance

CLUSTER 12

BLOCKCHAIN POUR LA TRAÇABILITÉ ET LA CONFIANCE

Technologies	Blockchain
Étapes de la chaîne de valeur	Traçabilité du champ à l'assiette
Cas d'utilisation	Traçabilité

Description

La blockchain est une technologie numérique émergente qui permet de gérer des transactions/interactions entre parties ou étapes de la chaîne de valeur. La traçabilité de la chaîne de valeur est l'un des principaux problèmes auxquels les organisations du monde entier sont actuellement confrontées. Les matières premières doivent être suivies du champ à l'assiette, ce qui nécessite des bases de données et une automatisation par le biais de balances numériques, de codes-barres, codes QR et scanners. Toutes les informations peuvent être stockées dans un système de base de données centralisé, ce qui, en principe, suffit. Mais des bases de données centrales peuvent être corrompues, et les données intentionnellement falsifiées. Elles sont donc sujettes à la fraude, surtout lorsque des produits certifiés permettent de générer des revenus supérieurs.

La technologie blockchain présente une manière sûre de stocker l'information : différents types d'actions sont traités, vérifiés et stockés dans une liste croissante (chaîne de blocs) par un réseau distribué d'ordinateurs. Il peut s'agir de n'importe quel type d'information, comme des transactions financières, des contrats, des actions ou des entrées du registre foncier. Si l'on compare à des bases de données conventionnelles, la blockchain offre trois avantages majeurs. Tout d'abord, les entrées dans la base de données ne sont pas situées sur un seul serveur (par ex. une banque ou une autorité publique) mais sont réparties entre plusieurs ordinateurs, protégeant davantage les données contre les manipulations et attaques. Ensuite, toutes les entrées sont chiffrées de manière cryptographique et ne peuvent être altérées. Des nouvelles informations sont ajoutées au bloc de données existant, et les anciennes informations ne sont jamais écrasées. Une chaîne de blocs de données est créée, appelée blockchain. Dès lors, les changements restent traçables et transparents. Pour terminer, la technologie blockchain permet de protéger l'identité des utilisateurs : des codes peuvent être stockés pour chaque élément de la blockchain au lieu de noms. La traçabilité et la transparence des entrées garantissent une confiance entre utilisateurs et permettent des transactions entre parties inconnues sans nécessité d'avoir un contrôle central. Cependant, l'inconvénient est que les données ne peuvent pas être facilement corrigées. Pour plus d'informations sur la blockchain, voir CTA (2018).

La plateforme indienne [HARIT Ticker](#) utilise la technologie blockchain pour protéger les informations de certification pour le compost urbain, mais les nombreux utilisateurs saisissent régulièrement des données de manière erronée et le nettoyage des données demande du temps et est compliqué.

SourceTrace offre la solution de traçabilité basée sur la blockchain et l'IA [TraceNext](#) au Bangladesh. Cette solution logicielle offre une visibilité complète de la chaîne de valeur agricole et alimentaire, avec des points de contrôle à chaque étape, du champ au magasin de détail. Sur leur plateforme [DataGreen](#), ils combinent la solution avec le profilage de l'agriculteur et la certification. L'intégration de technologies comme les SIG et l'IdO en fait une plateforme de solutions unique pour les entreprises agro-alimentaires.

Exemples

[BreadTrail](#) de Trinidad a mis au point un projet open source, incluant une application mobile compatible avec Android et iOS et un système back-end qui utilise la blockchain pour offrir une traçabilité non modifiable et transparente à tous les participants de la chaîne d'approvisionnement, de l'agriculteur au consommateur. Dans la chaîne de valeur de la banane, BreadTrail enregistre des informations relatives à l'arrivée, les techniques utilisées pour le traitement du fruit, la protection du fruit comme l'emballage ou l'utilisation de sachets en polyéthylène, et toutes les autres étapes de la chaîne de valeur. Le trajet du produit tout au long de la chaîne peut être visualisé par un scanning du code-barres, et les informations sont accessibles aux utilisateurs finaux ou entreprises par le biais d'une application.

[FoodPrint](#) (voir Cluster 13) utilise la technologie blockchain pour sa plateforme de chaîne d'approvisionnement numérique du champ à l'assiette.

Installation et déploiement	<p>Des solutions blockchain peuvent être développées dans n'importe quel langage de programmation populaire. Une blockchain est une combinaison de différentes technologies, incluant la cryptographie, la technologie des registres distribués, la programmation de réseau peer-to-peer (P2P), le stockage et le partage de bases de données, la communication et les notifications réseau, les services back-end, des composants d'interface utilisateur et autres. La construction d'un produit blockchain complet peut nécessiter bien plus qu'un seul langage de programmation. He (2020) offre un guide du développement de blockchain pour débutants.</p> <p>Pour introduire la technologie blockchain dans la gestion de la chaîne d'approvisionnement ou la traçabilité, il est également nécessaire d'équiper les entreprises de balances numériques, de codes-barres, de scanners, etc. afin d'éviter de devoir gérer des données d'entrées erronées.</p>
Coût	<p>La mise en place d'un système de traçabilité nécessite une expertise IT, ainsi que des connaissances poussées de l'entreprise agroalimentaire cible. Les frais sont principalement liés au développement du matériel le long de la chaîne d'approvisionnement et de l'environnement logiciel qui fournit les données à la blockchain. La technologie blockchain implique l'utilisation de plusieurs serveurs et l'échange de grands volumes de données, raison pour laquelle elle consomme une grande quantité d'énergie et de ressources, donnant lieu à des coûts supplémentaires.</p>
Capacité d'intégration du numérique des utilisateurs cibles	<p>Le groupe cible peut se composer de n'importe quel participant de la chaîne de valeur, du producteur au consommateur, ou dans la chaîne d'approvisionnement, de l'agrocommerçant à l'agriculteur. En principe, les solutions de traçabilité et de gestion de la chaîne d'approvisionnement simplifient la vie de toutes les parties prenantes. Cependant, une compréhension technique est nécessaire pour faire fonctionner les appareils.</p>
Capacité d'intégration du numérique de l'organisation/ de l'entreprise assurant la mise en œuvre	<p>Le développement de systèmes basés sur la blockchain nécessite des aptitudes en programmation poussées. La technologie blockchain est généralement mise au point par des universités, centres de recherche ou grands acteurs comme par exemple IBM. Il n'existe que très peu de solutions SmartTech prêtes à l'emploi commercialement disponibles, mais leur mise en œuvre dans un contexte donné n'est pas plus complexe que n'importe quel autre logiciel de traçabilité ou de gestion de la chaîne d'approvisionnement.</p>

Le problème pour les pays à revenus faibles ou moyens (PRFM) est que ces technologies sont très consommatrices en énergie et en bande passante. Une base de données solide, tournant sur un serveur cloud sécurisé, représente généralement la solution la plus stable et la plus durable.

Nombre de solutions qui prétendent être basées sur la technologie blockchain pourraient, en réalité, également fonctionner sans.

Certains affirment que la blockchain fait l'objet d'un battage médiatique excessif, par exemple Vota (2019a) : « La technologie du registre distribué distribuée était la coqueluche de l'année dernière et tout le monde essayait de monter dans le train de la mode. Cette année, la blockchain est dépassée, car nous n'avons trouvé aucun impact d'aucun projet pilote. Elle est en train de sortir du cycle de la mode, ses cas d'utilisation se limitant à la traçabilité et aux fantaisies de paiement sur Facebook ».

Défis

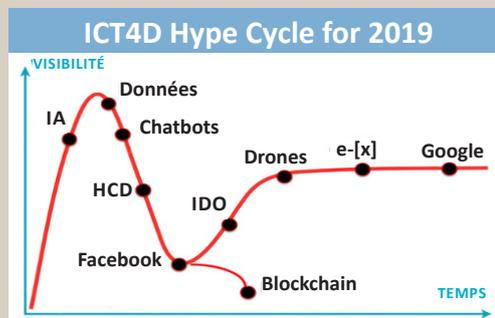


Figure 12 Le cycle de tendance 2019 ICT4D Source: Vota (2019a)



Figure 13 Plateforme mobile SourceTrace

CLUSTER 13

BÉNÉFICES DE L'AGRICULTURE INTELLIGENTE POUR LES UTILISATEURS FINAUX

Technologies	Intelligence artificielle, Apprentissage machine, GPS, Applications, Sites web
Étapes de la chaîne de valeur	Utilisateurs finaux, Toutes les étapes de la chaîne de valeur de la production au consommateur
Cas d'utilisation	Traçabilité, Agriculture de précision

Description

Pour remédier aux problèmes de famine, de malnutrition et du gaspillage alimentaire, la demande doit être analysée et comprise. Si la bonne quantité de produit peut être fournie aux marchés au moment et à l'endroit requis, les pertes pourront être minimisées et la fraîcheur des produits maximisée. Des algorithmes d'IA et d'apprentissage machine permettent de créer des modèles prédictifs qui contribuent à l'estimation des schémas de consommation, afin que les consommateurs reçoivent les produits les plus frais possibles.

Les produits agricoles ne peuvent être produits comme dans une usine, ils ont besoin de temps pour pousser et arriver à maturation. La demande des clients finaux influence dès lors le comportement de production des agriculteurs. L'intelligence agricole peut permettre d'optimiser les différents processus de production, de récolte, de traitement, de transport et de marketing, mais aussi la traçabilité tout au long de la chaîne de valeur.

Exemples

[Aibono](#) est le premier agrégateur d'aliments frais alimenté par l'IA d'Inde, jouant un rôle de pionnier avec la plateforme [Seed-To-Plate](#) qui synchronise en temps réel la production avec la consommation de fruits et légumes hautement périssables à l'aide d'analyses prédictives, de l'agriculture de précision et de récoltes au temps opportun. Il permet aux communautés ou agriculteurs de réaliser deux fois plus de rendement, deux fois plus de revenus et deux fois moins de déchets. Ceci en offrant des connaissances précises dérivées de l'IA et des informations pour l'exploitation agricole sur ce qu'il faut produire et la manière de le faire. Cette approche permet également aux détaillants et consommateurs d'acheter des produits agricoles de prime fraîcheur tout au long de l'année auprès de sources agrégées et traçables.

[Ajaoko Agritech](#) (Nigeria) est une plateforme de renforcement de capacités et de marketing agroalimentaire en ligne qui permet aux consommateurs finaux d'obtenir des produits directement auprès d'agriculteurs, tout en offrant à ces derniers un accès rapide et simple à des intrants, à des services agricoles professionnels, une formation sur mesure et les dernières informations de recherche vulgarisées.

Exemples

[FoodPrint](#) est une plateforme numérique de gestion de chaîne d'approvisionnement du champ à l'assiette destinée aux petits producteurs et leurs clients en Afrique. Les agriculteurs s'enregistrent sur FoodPrint et font pousser leurs cultures. Une fois la récolte effectuée, ils l'enregistrent dans le système. Le produit est ensuite transporté vers un courtier/marché et stocké dans une chambre froide. Tout est suivi à l'aide de la technologie blockchain pour garantir la transparence de l'origine et de la chaîne du froid. Les clients finaux peuvent scanner le code QR lié au fruit ou au légume (ou bac qui les contient) et consulter toutes les informations, à commencer par l'exploitation agricole d'origine.

La création de plateformes d'agri-intelligence compte parmi les développements les plus complexes de la D4Ag. Ces plateformes peuvent combiner différentes sortes de technologies et de cas d'utilisation. Le terme intelligence agricole peut également être appliqué à des solutions plus simples, comme des solutions de suivi introduisant la traçabilité.

Il n'existe pas de produits prêts à l'emploi, et les solutions d'intelligence agricole doivent être adaptées au contexte spécifique. Cette adaptation nécessite des niveaux d'expertise élevés et une compréhension détaillée de la chaîne de valeur ainsi que des marchés.

Installation et déploiement

La plupart des solutions qui profitent aux clients commencent au niveau de l'agriculteur, que ce soit par le biais de codes QR pour la facilité d'utilisation par le consommateur ou de la modélisation de demandes de marchés traduites en recommandations de plantation pour l'agriculteur. Les technologies intelligentes avec IA et ML peuvent être utilisées pour créer des modèles prédictifs. De tels systèmes fonctionnent généralement mieux si un système consultatif dans lequel les agriculteurs ont confiance a déjà été mis en place. Ces systèmes permettent la création de liens entre agriculteurs et clients et profitent aux deux parties. Des mécanismes de feed-back bidirectionnels sont nécessaires pour optimiser les services.

Coût

La mise en place de tels services nécessite des capacités en développement IT élevées, une connexion Internet stable et une équipe expérimentée, tout ceci nécessite des dépenses élevées. Cependant, dans la plupart des cas, il n'est pas nécessaire d'investir dans des équipements, capteurs ou machines onéreux. Une fois le système développé et mis en place, les coûts opérationnels seront normalement minimes.

**Capacité
d'intégration du
numérique des
utilisateurs cibles**

La plupart des services nécessitent que les clients aient accès à l'Internet pour obtenir des mises à jour, entrer en liaison avec des agriculteurs, passer des commandes et les suivre et laisser des avis. Certaines solutions pourraient nécessiter un smartphone avec données mobiles et capacité à scanner des codes QR. La fonctionnalité GPS du smartphone peut permettre de relier les agriculteurs avec leurs marchés les plus proches, réduisant les coûts de transport et augmentant la fraîcheur des produits.

**Capacité
d'intégration du
numérique de
l'organisation/
de l'entreprise
assurant la mise en
œuvre**

Une vaste expertise IT est requise pour le développement et la mise en place de tels systèmes. Des coûts continus en découlent, vu que le suivi des produits nécessite des matériaux comme des code-barres sur étiquettes autocollantes, des scanners, une connexion à Internet et des serveurs dans le cloud.

Défis

La fourniture d'informations aux consommateurs repose en large mesure sur un accès à un smartphone ou ordinateur doté d'une connexion stable à Internet, qui pourrait être problématique dans certains endroits. De telles solutions ciblent logiquement les consommateurs de zones urbaines plus développées

4. TENDANCES TECHNOLOGIQUES

4.1 Intelligence artificielle

L'intelligence artificielle approche un sommet d'attentes parfois exagérées. Les organisations, bailleurs de fonds et prestataires veulent tous incorporer l'IA dans leurs solutions AgriTech. USAID (2018b) a publié un guide intitulé « Artificial intelligence in Global Health »; CTA (2019b) a dédié une édition de son bulletin Spore à cette technologie ; et un grand nombre d'articles commentent l'avenir de l'IA pour l'agriculture. Cependant, dans la réalité, la plupart des solutions affirmant utiliser l'IA ne font que de l'apprentissage machine avancé, voire des analyses statistiques sous un nom plus vendeur.

La vraie IA ne donne pas de recommandations aux décideurs - l'IA prend des décisions, ce qui la rend différente d'un système d'aide à la décision ou d'un système d'information de base. Mais l'IA ne devrait pas être considérée comme un moyen de remplacer des décisions humaines, elle devrait plutôt autonomiser les êtres humains et améliorer la durabilité de leur vie.

4.2 Blockchain

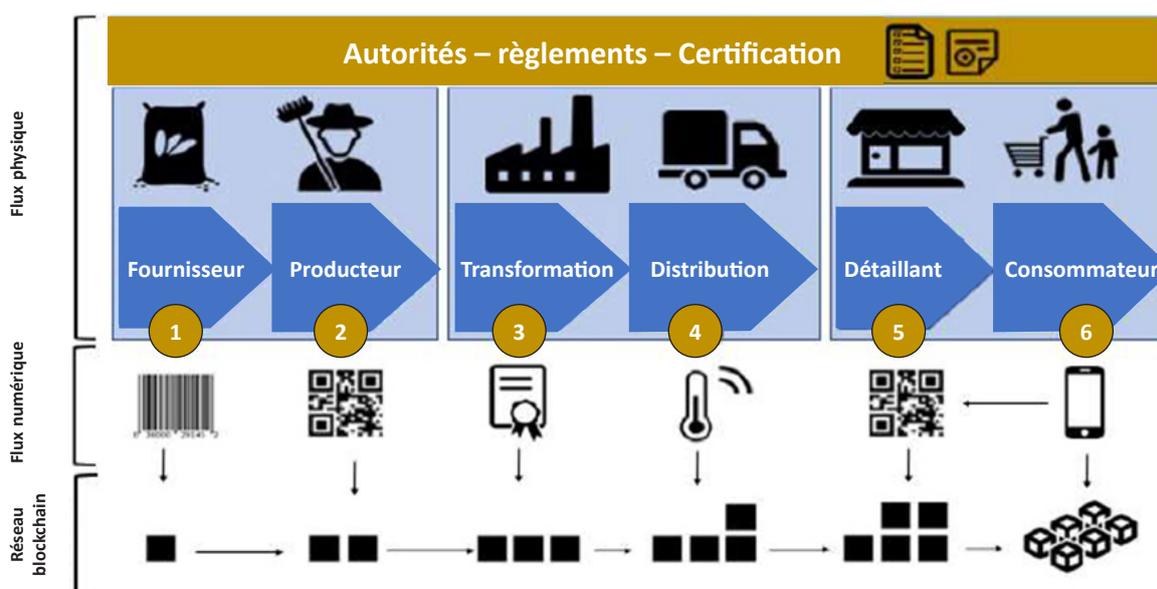


Figure 14 L'utilisation de la technologie blockchain dans la chaîne de valeur. Source: Kamilaris et al. (2019)

La blockchain est sur toutes les lèvres et présentée comme une technologie prometteuse depuis quelques années maintenant. L'ICT Update Bulletin 2018 de CTA était dédié à cette technologie.

Alors qu'elle recèle de véritables opportunités pour la finance et la loi, la blockchain est rarement une bonne solution pour l'agriculture, et surtout dans les PRFM où l'accès à l'électricité, internet et la technologie est souvent compliqué.

4.3 Chatbots

Les chatbots, comme la célèbre Alexa d'Amazon, sont le compagnon idéal des services d'extension en ligne. Les plateformes de développement de chatbot comme [WotNot](#), [ChatFuel](#) et [Gupshup](#) permettent d'assez facilement créer un chatbot à partir de rien. Même si l'emballage s'est estompé,

les aspects pratiques émergent à peine, avec une portée simple et transparente pour les projets cherchant à intégrer cette technologie. Mais la qualité de la base de données fait la qualité du chatbot.

Les chatbots Facebook constituent une façon populaire de répondre à des questions de base ou aider les agriculteurs à demander des services de soutien gouvernementaux. Les chatbots par SMS peuvent aider des sociétés du secteur privé à mettre au point de nouvelles pistes commerciales et faire connaître leurs services à des agents d'extension.

Du côté des utilisateurs, les chatbots ont généralement besoin d'un smartphone, mais des bots basés sur la voix peuvent également être utilisés à l'aide de téléphones simples. Cependant, l'utilisation de chatbots dans l'agriculture nécessite toujours l'acceptation de cette nouvelle technologie par les agriculteurs (Vota, 2019b).

4.4 Big data, données ouvertes, données en temps réel et tableaux de bord

Sans données, ICT4Ag, SmartTech4Ag ou D4Ag ne peuvent exister. Les technologies IA et ML reposent en large mesure sur les données, et des capteurs remplissent automatiquement les bases de données. Les prévisions météorologiques locales, les assurances basées sur l'index et la détection des nuisibles ne fonctionneraient pas sans le big data.

La promotion de données ouvertes a été la clé de succès dans nombre de pays (Alais, 2016) et donné lieu à des résultats positifs (Verhulst and Young, 2018). Certaines données satellite pertinentes pour l'agriculture peuvent être gratuitement téléchargées. Le FAO Water Productivity Open-access Portal (WaPOR, <https://wapor.apps.fao.org>) est par exemple utilisé dans de nombreuses solutions SmartTech visant la production, comme l'application [Nuru](#) de PlantVillage. Le projet WaPOR reconnaît qu'il existe des obstacles à l'utilisation par certaines parties prenantes : par exemple, les agriculteurs doivent être en mesure d'adopter des pratiques novatrices sur la base des TIC utilisées par le portail et être prêts à le faire. L'environnement propice à la réception d'informations et de suggestions fournies par WaPOR détermine la réussite ultime du projet (FAO, 2021).

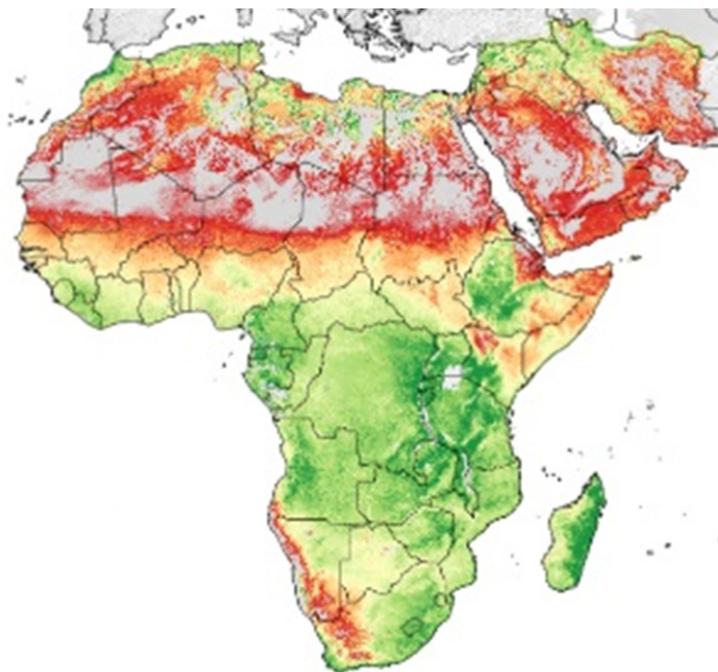


Figure 15 La base de données WaPOR de la FAO

À l'heure actuelle, les décideurs souhaitent disposer de tableaux de bord sous forme d'interface personnalisable. Un tableau de bord offre des résumés rapides ou des visualisations de données (hors graphiques) ou des indicateurs clés de performance ou rapports d'avancement. Il y est souvent accédé par le biais d'un navigateur Web et il est généralement lié à des sources de données actualisées. Ce type de front-end permet aux utilisateur de réaliser de manière rapide et interactive des analyses statistiques basées sur une grande quantité de données.

4.5 Drones

Le potentiel d'application des drones pour l'agriculture reste élevé. Mais cette technologie est développée dans des pays à hauts revenus et est seulement en train d'être lentement adoptée par l'agriculture dans les PRFM. On sait désormais exactement quand et comment les drones peuvent servir à l'agriculture. Cependant, nombre d'États ACP n'appliquent aucune réglementation sur les drones, ce qui se traduit dans la pratique par une interdiction des drones (Figure 16).

L'utilisation de drones, et tout particulièrement l'analyse d'informations issues de drones, nécessite une grande expertise technique. Les applications de drone les plus réussies dans l'agriculture permettent de réaliser une modélisation par types de culture, de la demande en eau et de la santé des cultures.

Enfin, l'épandage de pesticide ou fongicides au moyen de drones reste difficile à concrétiser étant donné que pour la majorité, la capacité de charge reste très limitée.

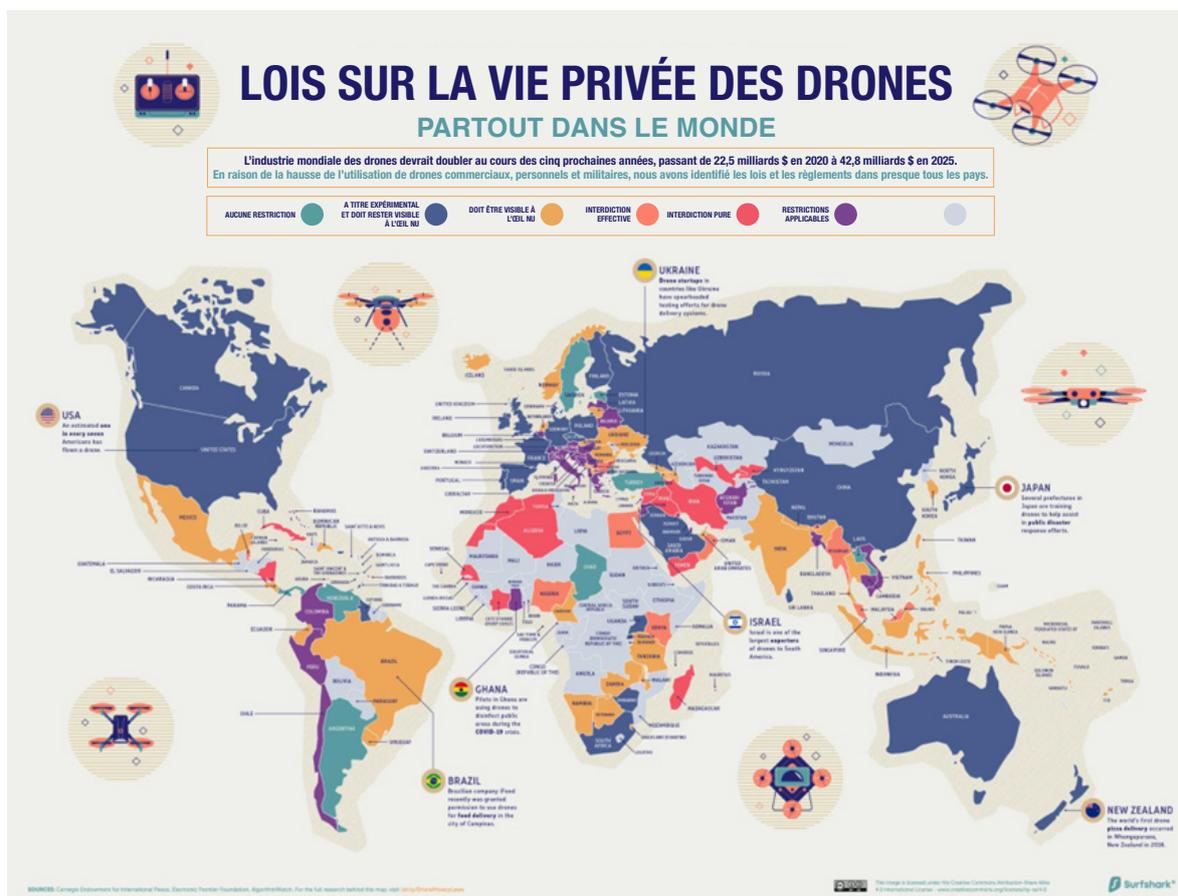


Figure 16 Lois relatives la protection de la vie privée en lien avec l'utilisation des drones dans le monde.

Source: Carnegie Endowment for International Peace, in Visual Capitalist (2020)

4.6 Télédétection

La télédétection reste l'un des domaines les plus intéressants pour l'agriculture. Des capteurs basés sur le sol ainsi que des drones et satellites offrent des données continues, précises à propos des variations spatiales de différents paramètres. Des capteurs spécialisés comme le radar, le LIDAR et NIR peuvent contribuer à déceler l'humidité du sol, les différences au niveau de la santé des végétaux et des modèles altimétriques numériques précis. La possibilité d'automatiquement répéter des vols de drone, et le bas prix voire la gratuité de l'accès à l'imagerie par satellite accélèrent la vitesse de développement de ce marché. Les nouveaux cas d'utilisation sont en train de connaître un développement à un rythme effréné. La télédétection pour l'agriculture est donc considérée comme un domaine très prometteur. La technologie des SIG est généralement nécessaire pour les produits basés sur la télédétection.

4.7 Internet des Objets

L'IdO est un domaine technologique très prometteur pour l'agriculture, surtout pour la production, le traitement, le transport et le stockage. La traçabilité peut être réalisée à l'aide de dispositifs basés sur l'IdO recueillant toutes les informations nécessaires. Les dispositifs IdO constituent également la base de toutes les solutions ML et IA. Tous les processus automatisés et basés sur des données ont besoin de l'installation de capteurs, et s'ils transmettent des données à des serveurs, les dispositifs peuvent être qualifiés de basés sur l'IdO.

Cependant, selon le Programme Internet des Objets de GSMA, la couverture actuelle par l'IdO du continent africain reste pratiquement nulle (Figure 17).



Figure 17 Carte du déploiement de l'IdO mobile. Source: GSMA (2020b)

4.8 Réseaux sociaux

Il y a 10 ans, Facebook débarquait en Afrique. Quelques années plus tard, la communauté a réalisé qu'il y avait des problèmes de sécurité des données (Woodard, 2016), le problème du colonisateur digital (Kariuki and Nash, 2017), et le problème des faux comptes (Vota, 2019c), pour ne citer qu'eux. La question est donc : la promotion de Facebook doit-elle se poursuivre ? Devrait-il être accepté car c'est là où les personnes se trouvent (Dumpert, 2018), et où du contenu généré par les utilisateurs voit le jour ? Dans nombre de pays africains, Facebook est la principale application utilisée par les utilisateurs de smartphone. Elle reste donc intéressante pour la diffusion de messages à un grand public. Les auteurs de ces études ont par exemple trouvé qu'au Niger, en 2019, une vidéo agricole partagée par le compte Facebook du service d'extension national avait atteint des milliers d'agriculteurs en une seule journée, et qu'après 3 jours, 10 000 agriculteurs avaient visionné les vidéos téléchargées sur les smartphones de leurs collègues.

En principe, il existe des alternatives à Facebook, mais le problème général est que la force d'une plateforme de communication croît en même temps que son nombre d'utilisateurs.

Un problème de protection des données lié à l'utilisation de WhatsApp a poussé de nombreuses entreprises à interdire à leurs employés d'utiliser ce service de messagerie instantanée sur du matériel d'entreprise (Vota, 2018). Whatsapp reste cependant un canal de communication très important dans les pays ACP.

4.9 Google

Les problèmes susmentionnés s'appliquent également à Google. Mais les produits Google sont pratiquement incontournables, vu qu'ils pénètrent toutes les technologies, tous les cas d'utilisation et la vie de toutes les personnes. Google Android reste le premier système d'exploitation des smartphones ; Google Maps, Gmail, Google Groups, Google Translate sont autant de produits devenus incontournables. Et l'investissement futuriste de Google dans Google Loon a pour but d'introduire l'Internet à haute vitesse partout et gratuitement.

5. PARTIES PRENANTES, PROGRAMMES ET INITIATIVES

Cette section énumère les parties prenantes, les programmes et les initiatives dans les domaines D4Ag, ICT4Ag et SmartTech4Ag. Certains d'entre eux organisent des hackathons, d'autres organisent des incubateurs et accélérateurs, certains mettent en œuvre leurs propres solutions numériques et d'autres financent les développeurs de solutions AgTech.

5.1 Hubs technologiques africains

Depuis 2016, GSMA identifie le nombre de hubs technologiques en Afrique, qu'il décrit comme « l'épine dorsale de l'écosystème technologique d'Afrique ». Sur l'ensemble de ces hubs, la moitié environ sont des incubateurs technologiques, des accélérateurs, des hubs d'innovation universitaires, des makerspaces (« espace de fabrication ») et des parcs technologiques. Environ 25 % des hubs n'offrent que des espaces de coworking.

Cette infrastructure connaît une évolution rapide, et les pays présentant la densité la plus élevée en hubs technologiques affichent généralement le nombre le plus élevé de développeurs et sont dès lors plus avancés sur le plan technologique. La figure 18 indique que dans les régions ACP, le Kenya, le Nigeria et le Ghana sont les pays les plus avancés concernant l'ICT4Ag et D4Ag.

Une liste plus actualisée mais moins détaillée est disponible sur le site Web de GSMA (Giuliani and Ajadi, 2019). Le pays d'Afrique comportant le plus grand nombre de hubs en 2014 reste l'Afrique du Sud avec 59 hubs actifs, suivis par le Nigeria (55), l'Égypte (33) et le Kenya (31).

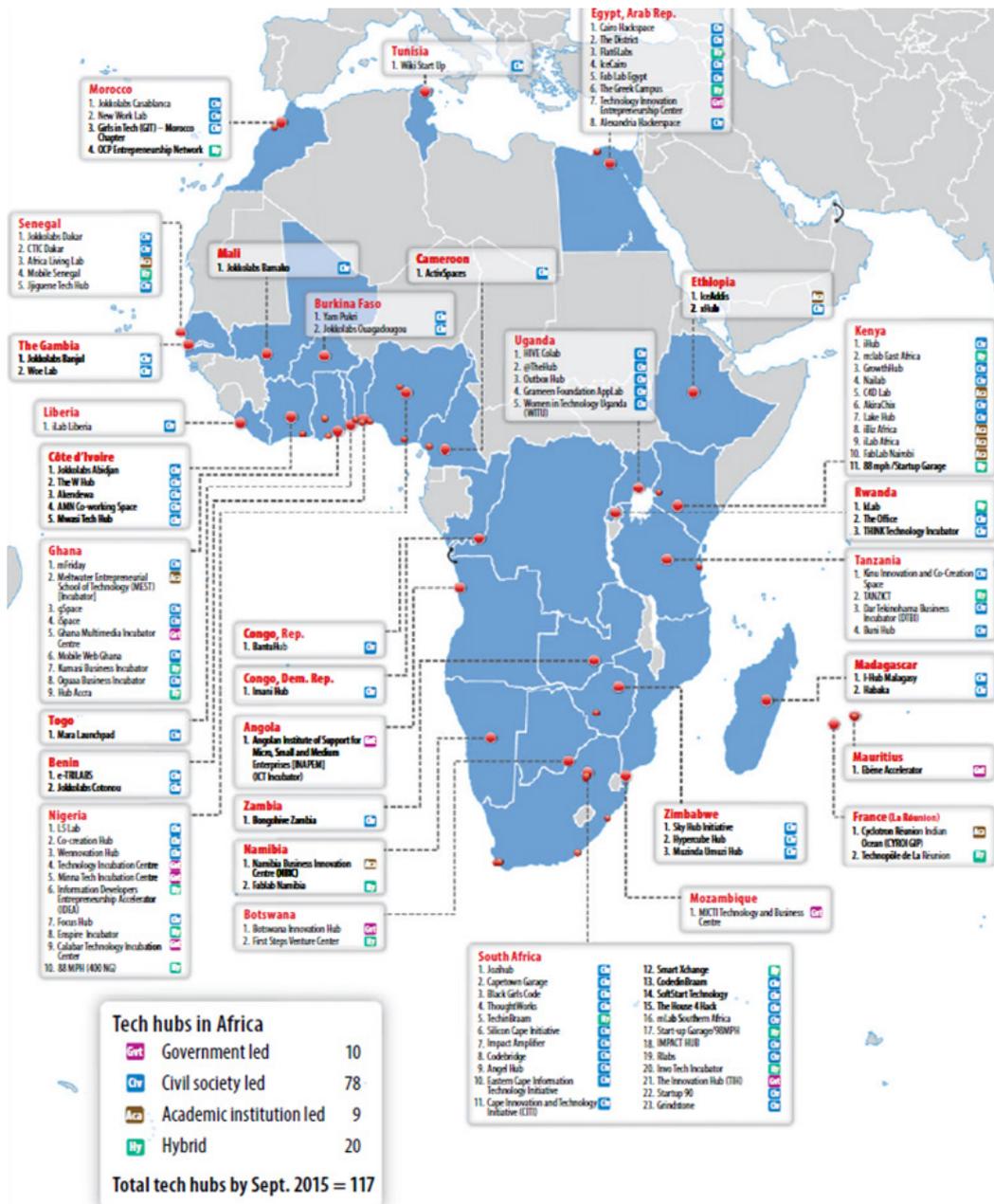


Figure 18 Hubs technologiques africains Source: Banque mondiale (2016), p. 230, Carte 4.3

5.2 Parties prenantes internationales

AFD Digital Africa



Dans le cadre de sa série sur l'innovation partagée, AFD met en avant des programmes novateurs qui ont été créés, développés ou encouragés dans ses pays partenaires.

<https://www.afd.fr/en/actualites/digital-africa-seed-funds-start-ups>



AGRA

AGRA entreprend des interventions basées sur la demande qui visent à obtenir des investissements dans l'agriculture de la part de donateurs du secteur privé et gouvernementaux. La numérisation est l'un de ses domaines d'intervention.

<https://agra.org/grants/>



AGRF Agribusiness Dealroom

Cette plateforme de rencontre facilite les partenariats et investissements dans l'agriculture africaine. Elle soutient les gouvernements et entreprises dans l'accès à la finance et aux opportunités de partenariats. La Dealroom devrait attirer pas moins de 200 sociétés, 15 délégations gouvernementales et 50 investisseurs publics et privés explorant un large éventail d'opportunités d'investissement.

<https://agrif.org/dealroom/>



AI4AI Initiative – Artificial Intelligence for Agricultural Innovation

La plateforme offre une introduction non technique au domaine de l'IA, présentant du contenu qui expose les utilisateurs au monde captivant de l'IA pour préparer l'avenir, dans lequel l'IA sera la force motrice de nombreux secteurs.

<https://www.ai4ai.net/>



Bill & Melinda Gates Foundation

La fondation investit dans des outils et technologies qui visent les besoins spécifiques des agriculteurs en Afrique sub-saharienne et Asie du Sud. Les services numériques aux agriculteurs représentent l'un des principaux sujets et elle offre des subventions aux propositions de solutions novatrices.

<https://www.gatesfoundation.org/our-work/programs/global-growth-and-opportunity/agricultural-development>



BioVision

BioVision fait la promotion des innovations agroécologiques et de leur diffusion en coopération avec des institutions de recherche locales et le secteur privé ; du transfert de connaissances et de la consolidation des compétences des communautés et organisations locales ; et réunit différents acteurs dans un dialogue politique pour changer les conditions du cadre.

<https://www.biovision.ch>



CABI – Centre for Agriculture and Biosciences International

CABI est une organisation internationale, intergouvernementale sans but lucratif active dans le domaine de la santé des cultures, des espèces invasives, des chaînes de valeur et du commerce. Elle fait la promotion de développements numériques pour mettre des connaissances agricoles basées sur la science à la disposition de millions de petits producteurs, contribuant à l'accroissement de leur rendement. Le [PRISE Pest Risk Information Service](https://www.cabi.org/what-we-do/digital-development/) utilise une combinaison entre technologie d'observation de la terre, observations du terrain en temps réel et des cycles de vie des ravageurs des végétaux afin d'offrir un service basé sur la science en Afrique sub-saharienne. La facilitation de l'accès aux données et connaissances est le principal objectif des outils mis au point.

<https://www.cabi.org/what-we-do/digital-development/>



CGIAR – Consultative Group on International Agricultural Research

Parmi les nombreux domaines de recherche, le big data est un sujet clé. Pour plus d'exemples, voir <https://www.cgiar.org/annual-report/performance-report-2020/cgiar-digital-strategy/>



CTA – Technical Centre for Agricultural and Rural Co-operation

CTA a vu le jour en 1983, dans le cadre de la Convention de Lomé entre le Groupe d'États ACP et les États membres de l'Union européenne, et a fermé ses portes à la fin de son mandat en 2021. L'un de ses principaux objectifs était de mettre en avant la numérisation de l'agriculture. Par exemple, son initiative **AgriHack Talent** avait pour but de soutenir l'innovation et l'entrepreneuriat TIC dans l'**agriculture** dans les pays ACP, visant les jeunes entrepreneurs âgés entre 18 et 35 ans. Des documents et ressources utiles sont archivés sur son site Web.

<https://www.cta.int/fr/digitalisation>



ENABEL Wehubit – Boosting Digital Social Innovation

Grâce au programme [Wehubit](https://www.enabel.be/fr/one-page?destination=content/digital-development-what-enabel-), Enabel finance des initiatives digitales originaires du secteur privé, d'organisations sans but lucratif ou du secteur public dans les pays partenaires de l'Agence belge de développement. Wehubit soutient la mise à échelle et la réplique d'initiatives du « numérique pour le développement » par le biais d'aides, de prêts et de participations. Des appels à propositions sont souvent lancés sur le site Web de Wehubit.

<https://www.enabel.be/fr/one-page?destination=content/digital-development-what-enabel->



EU H2020

Development Smart Innovation through Research in Agriculture. Les programmes de financement ont démarré en 2014 et ont pris fin en 2020. Certaines activités sont toujours en cours

<https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/home>



EU DeSIRA – Development Smart Innovation through Research in Agriculture

L'initiative DeSIRA repose sur trois piliers : Innovation dans l'agriculture ; infrastructures de recherche menant à l'innovation ; et connaissances et preuves alimentant les politiques de développement. DeSIRA a pour but d'apporter plus de science au développement tout en partant du principe que les solutions visant la réalisation des ODD doivent être spécifiques au contexte.

https://ec.europa.eu/international-partnerships/programmes/desira_en



FtMA - Farm To Market Alliance

Une alliance composée de six organisations axées sur l'agriculture (AGRA, Bayer, Rabobank, Syngenta, WPF, YARA) travaillant avec des acteurs locaux du secteur privé pour offrir un large éventail de produits et services adaptés aux besoins des agriculteurs du Kenya, du Rwanda, de la Tanzanie et de la Zambie.

<https://ftma.org/>



FAO Global Alliance for Climate-Smart Agriculture

GACSA est une plateforme inclusive, volontaire et orientée action composée de plusieurs parties prenantes portant sur l'agriculture intelligente face au climat (CSA). Elle a pour but d'analyser et de contribuer à la création de partenariats transformationnels pour encourager des actions qui sont le reflet d'une approche intégrée des trois piliers du CSA.

<http://www.fao.org/gacsa/en/>



GIZ MakeIT in Africa

Cette initiative de Digital for Agriculture (2017–2020) a offert un support à des start-ups AgTech au Nigeria, au Kenya, au Rwanda, en Tunisie et au Ghana en améliorant l'accès au marché de solutions AgTech, étendant les opportunités, construisant des capacités, développant des modèles d'entreprise et instaurant des partenariats.

<https://africa.make-it-initiative.org/>



GIZ: SAIS – Scaling digital agriculture innovations through start-ups

SAIS vise les start-ups en Afrique qui offrent des solutions numériques novatrices aux secteurs agroalimentaires, mais qui n'ont pas encore été mises à échelle. Les start-ups sélectionnées seront soutenues par le biais de mesures individuelles pour l'expansion ou le développement d'entreprises.

Cet appui passera notamment par le développement de capacités organisationnelles, financières et technologiques pour augmenter la disposition à investir des entreprises partenaires et des investisseurs.

<https://www.giz.de/en/worldwide/83909.html>

GODAN – Global Open Data for Agriculture and Nutrition



La mission de ce réseau de partenaires est d'éradiquer la faim, d'améliorer la nutrition et d'atteindre la sécurité alimentaire de millions de personnes dans le monde grâce à la technologie et aux données ouvertes.

<https://www.godan.info/>

GSMA – Groupe Speciale Mobile Association – AgriTech Programme



L'AgriTech de GSMA réunit et soutient le secteur mobile, des parties prenantes du secteur agricole, des innovateurs et investisseurs de l'espace AgriTech pour lancer, améliorer et étendre l'utilisation de solutions numériques à impact et commercialement viables pour les petits producteurs dans les pays en développement.

<https://www.gsma.com/mobilefordevelopment/agritech/>

Horizon Europe



Horizon Europe est le principal programme de financement de l'UE pour la recherche et l'innovation doté d'un budget de 95,5 milliards d'euros jusqu'en 2027. Il se concentre sur le changement climatique, la réalisation des Objectifs de développement durable et la stimulation de la compétitivité et de la croissance de l'UE.

https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe_en

Horticulture Research Center



Le centre offre des aides pour les solutions novatrices dans l'horticulture. Il n'est pas vraiment axé sur la numérisation.

<https://www.hriresearch.org/>



ICARDA – Digitalisation of Research-for-Development

ICARDA est une organisation du CGIAR. Observation de la terre, big data et géomatique sont quelques-uns de ses domaines de recherche. Le service GeoAgro offre des géodonnées librement disponibles sur des indicateurs de cultures agricoles.

<https://www.icarda.org/research/cross-cutting-theme/digitalisation-research-development>



IFAD – International Fund for Agricultural Development

Les projets soutenus par l'IFAD mettent en liaison des populations rurales pauvres avec des marchés et services pour qu'elles puissent cultiver davantage et donc gagner davantage. Les projets soutenus ont pour but de transformer les communautés rurales sur les plans économique et social et font la promotion de l'égalité hommes-femmes et de l'inclusivité. Les projets de numérisation soutenus visent principalement l'inclusion financière.

<https://www.ifad.org/en/>



MercyCorps AgriFin

AgriFin tire profit de la force de la technologie numérique, des données et d'un réseau global de partenaires pour construire un avenir meilleur pour les petits producteurs et les personnes qu'ils nourrissent. Il conçoit, teste et met à échelle des services et produits numériques pour booster leur productivité et leurs revenus et construire leur résilience face au changement climatique

www.mercycorpsagrifin.org



MasterCard Foundation - Centre for Innovative Teaching and Learning in ICT

La Fondation lance des initiatives pour numériser les chaînes de valeur africaines et améliorer les aptitudes numériques des jeunes africains.

<https://mastercardfdn.org/all/centre-for-innovative-teaching-and-learning-in-ict/>

PRIDA – Policy and Regulation Initiative for Digital Africa



Cette initiative conjointe de l'Union africaine, de l'Union européenne et de l'Union internationale des télécommunications permet au continent africain profiter de la numérisation en traitant diverses dimensions de la demande en large bande passante et en approvisionnement en Afrique, et en renforçant les capacités des États membres de l'Union africaine dans le domaine de la gouvernance de l'internet. L'objectif global de PRIDA est de favoriser l'accès universel et abordable à une large bande passante sur le continent afin de débloquer les futurs avantages des services basés sur l'internet.

<https://www.itu.int/en/ITU-D/Projects/ITU-EC-ACP/PRIDA/Pages/default.aspx>

SNV – Digital Transformation of SMEs



SNV cherche à réaliser une mise en correspondance efficace entre PME clientes et fournisseurs de solutions numériques, afin de permettre aux PME d'exploiter les opportunités qu'offrent l'évolution de la numérisation.

<https://snv.org/update/digital-transformation-smes>

USAID D2FTF – Digital Development for Feed The Future



Cette collaboration de trois ans entre le US Global Development Lab et le Bureau for Food Security avait pour but de faire progresser l'ICT4D dans le domaine de l'agriculture. D2FTF était axé sur quatre catégories d'outils numériques : agriculture de précision (y compris les capteurs), les services financiers numériques, l'agriculture basée sur les données numériques et l'extension basée sur les TIC.

<https://www.usaid.gov/digitalag>

VC4A – Venture Capital for Africa



VC4A consolide la communauté mondiale de start-ups en mettant en contact des entrepreneurs créant des entreprises novatrices et évolutives avec les connaissances, le réseau et le financement dont elles ont besoin pour réussir.

<https://vc4a.com>



World Bank ID4D

Cette initiative soutient la réalisation des ODD en aidant les pays à réaliser des systèmes d'identification adaptés à l'ère numérique. Ils fournissent des normes techniques, des lignes directrices pour les praticiens, l'approvisionnement et les diagnostics, ainsi qu'une boîte à outils pour la recherche qualitative.

<https://id4d.worldbank.org/>



World Food Programme Innovation Accelerator

Le WFP Innovation Accelerator approvisionne, soutient et met à l'échelle des solutions à potentiel élevé pour mettre fin à la famine dans le monde. WFP offre aux entrepreneurs, start-ups, sociétés et ONG un accès à du financement, du mentorat, un support pratique et un accès aux opérations mondiales du WFP. Par le biais de l'Innovation Accelerator, WFP tire profit d'avancées sans précédent au niveau de l'innovation numérique, comme la technologie mobile, l'intelligence artificielle, les big data et la blockchain.

<https://innovation.wfp.org/>

6. RISQUES ET DÉFIS

6.1 Risques sociaux

C'est généralement dans la tranche la plus pauvre de la population des pays ACP que la disponibilité et l'accès à la technologie numérique sont les plus faibles. Des services de base tels que l'électricité, l'accès au réseau téléphonique et Internet sont mieux développés dans les zones urbaines, tandis que dans les zones éloignées, où l'agriculture à petite échelle est omniprésente, ils le sont à peine voire pas du tout. Si des TIC sont disponibles, le saut technologique est encore intimidant et une grande partie de la population sera incapable d'utiliser la technologie à son plein potentiel. Tous les agriculteurs n'ont pas un téléphone portable ou ne sont pas en mesure de lire et comprendre des messages texte. Dans ce cas, l'introduction des TIC peut conduire à une marginalisation supplémentaire si elle n'est pas faite correctement. L'intention de «n'abandonner personne» reprise dans l'Agenda 2030 pour le développement durable risque d'être manquée.

Les populations vivant dans les zones rurales, en particulier les agriculteurs des pays en développement, sont confrontés à un «triple écart». En plus de la fracture numérique et de l'écart urbain-rural (services, réseaux, infrastructures), il y a le fossé existant entre les hommes et les femmes, qui a pour effet de reléguer les femmes des populations rurales à la position la plus marginalisée en matière d'accès et d'utilisation des TIC. Le Gender in Agriculture Sourcebook (Banque mondiale, 2009) souligne le potentiel des TIC, lorsqu'elles sont utilisées de manière sensible à l'égalité des genres, pour aider à combler ces écarts et à faire progresser les processus d'inclusion sociale, avec des résultats tangibles, y compris un rétrécissement du fossé économique et social entre hommes et femmes (Figure 19).

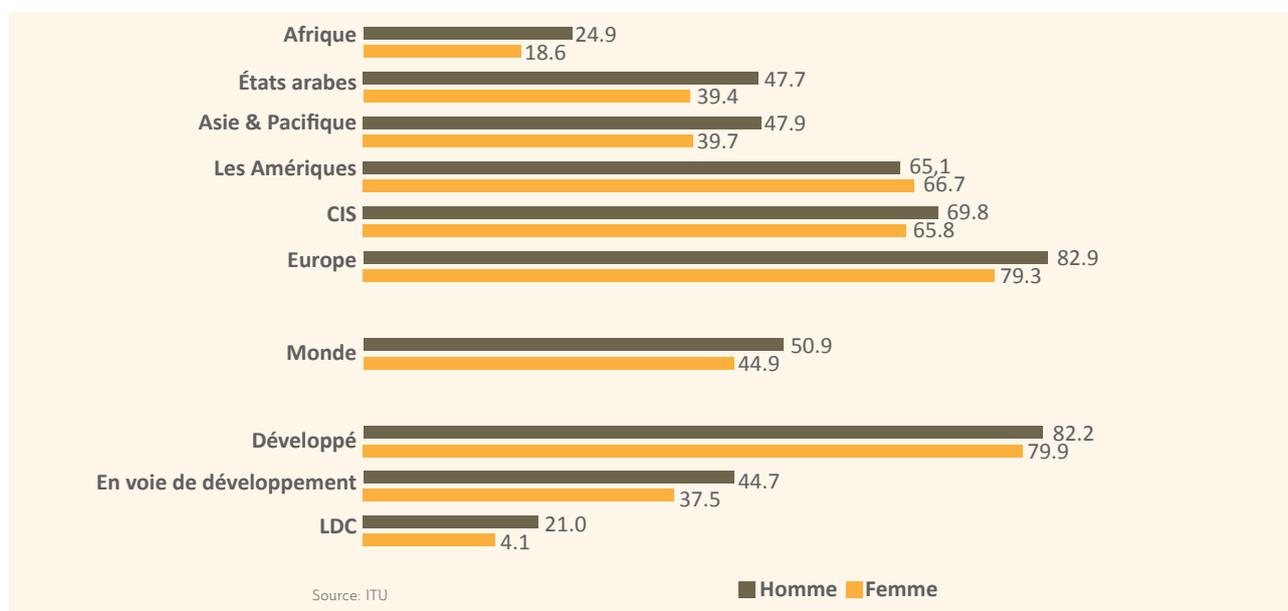


Figure 19 Taux de pénétration d'Internet estimé pour les hommes et les femmes en 2017. Source: FAO (2018a)

Les technologies des TIC, comme la radio communautaire, jouent encore un rôle très important dans la sensibilisation des plus pauvres. Mais les TIC ne peuvent pas remplacer complètement les visites sur le terrain ni les sessions de formation sur les pratiques de gestion agricole. Elles restent

un instrument important pour obtenir des informations, en particulier lorsqu'il s'agit d'expliquer des sujets complexes. L'apprentissage en ligne peut être un bon moyen de permettre aux gens d'accéder à la connaissance, mais il n'est équitable que si chacun y a accès.

Des capacités technologiques et logistiques sont nécessaires au sein du groupe cible pour le fonctionnement des solutions TIC et l'interprétation des données afin de prendre les bonnes décisions. Les agriculteurs doivent être correctement formés, ce qui peut s'avérer difficile s'ils sont analphabètes. Les méthodes traditionnelles comme les agriculteurs chefs de file et/ou les services consultatifs peuvent aider à former les agriculteurs à l'utilisation des TIC.

6.2 Risques technologiques

Les TIC offrent de nombreuses technologies dont le nombre et les performances augmentent de façon exponentielle. Il existe généralement plusieurs solutions techniques potentielles à un problème donné. Les technologies blockchain, RFID et LIDAR apparaissent comme une panacée : les technologies telles que l'IA et l'apprentissage machine peuvent sembler offrir des solutions infaillibles – avec des résultats attrayants et séduisants – mais en réalité, elles sont souvent inadaptées à la résolution des problèmes de l'agriculture. Les très hautes technologies sont particulièrement difficiles à comprendre, à mettre en œuvre et à gérer. Alors que dans le passé, de nombreuses solutions SmartAg ont été annoncées à coup de mots à la mode tels que blockchain, IA ou ML, dans la pratique, les technologies sous-jacentes sont beaucoup plus simples. Dans de nombreux cas, on pourrait se passer de ces technologies, mais leur usage conduit souvent les investisseurs et les clients à croire que la solution est moderne et innovante. En Asie du Sud-est en particulier, et aussi au Nigeria, les termes sont souvent utilisés à outrance.

De nombreuses solutions numériques nécessitent une disponibilité adéquate d'Internet et semblent fonctionner parfaitement dans un environnement pilote, mais une mise à l'échelle ultérieure révèle la faiblesse de la conception. Le streaming vidéo, par exemple, nécessite des bandes passantes Internet élevées, et même l'ouverture d'un site Facebook dans un navigateur peut s'avérer une tâche fastidieuse et gourmande en données.

Le développement d'applications cible souvent la dernière version des systèmes d'exploitation, tandis que les agriculteurs possèdent généralement d'anciens téléphones qui ne peuvent pas être mis à jour. Pour être utilisables par un grand groupe cible, les applications doivent pouvoir être exécutées sur d'anciennes versions d'Android et sur des smartphones à faibles ressources.

Le travail agricole implique généralement de la poussière, de la saleté et de l'eau, un environnement qui n'a rien d'idéal pour une technologie de pointe. Bien que des dispositifs robustes soient disponibles pour une utilisation en extérieur, ils sont généralement trop chers pour les petits exploitants.

La maintenance des logiciels est coûteuse et des coûts continus peuvent découler de l'exploitation d'un helpdesk et de la résolution de bogues. En outre, un logiciel sera développé pour une certaine version d'un système d'exploitation ou service Web donné, et doit être mis à jour pour les prochaines versions afin de rester compatible. Une société de logiciels doit disposer des capacités financières (un modèle d'entreprise réalisable et évolutif) et d'une équipe compétente pour garantir la durabilité de ses produits.

6.3 Risques financiers

L'acquisition de technologies numériques est souvent associée à des coûts élevés pour les acteurs des chaînes de valeur horticoles. Le fonctionnement des réseaux de capteurs et de transmission, l'acquisition de données par satellite ou l'achat de puces RFID est onéreux. Le nombre d'exemples où le coût des services numériques fournis est entièrement couvert par les agriculteurs est faible. Des modèles commerciaux existent principalement pour les logiciels qui ciblent les plus grandes entreprises d'horticulture commerciales. De nombreuses solutions techniquement réussies ne sont financièrement pas viables et ne fonctionnent que pendant la durée du projet de développement. Le paysage des applications numériques actuellement disponibles pour le secteur horticole montre que les services doivent être très bon marché, voire gratuits, pour que les petits exploitants puissent en bénéficier.

6.4 Faible niveau d'expertise en TIC

Contrairement aux logiciels standard tels que les logiciels de traitement de texte ou les tableurs, le secteur horticole nécessite généralement des solutions numériques hautement adaptées. La diversité des chaînes de valeur, les différences culturelles régionales, le climat, les sols et les menaces des ravageurs/maladies et des catastrophes naturelles nécessitent tous des solutions sur mesure. La diversité des langues utilisées dans les pays ACP et les différents systèmes horticoles compliquent encore la fourniture de solutions techniques normalisées. Le développement de nouvelles solutions techniques, ou l'adaptation de solutions existantes à un contexte spécifique, nécessite une expertise informatique, qui n'est souvent pas encore suffisante dans les régions cibles. La plupart des experts informatiques locaux travaillent pour des entreprises de télécommunications et le secteur bancaire, le secteur agricole étant considéré comme un domaine d'activité moins attrayant. En général, les populations des pays pauvres vont à l'école et à l'université pour échapper à l'agriculture, et il est nécessaire de les convaincre de l'attrait et du potentiel de l'agriculture.

En outre, il ne faut pas sous-estimer les difficultés rencontrées dans la plupart des zones rurales ACP pour obtenir du matériel informatique et des consommables connexes, ainsi que la maintenance nécessaire. Mais d'un autre côté, le développement de logiciels par des entreprises internationales comporte le risque de dépendance et de coûts élevés, et entraîne souvent un faible niveau d'adoption locale.

Sans l'expertise nécessaire, il est difficile de développer des applications TIC qui s'intègrent de manière transparente dans les chaînes de valeur agricoles. L'expérience de l'auteur dans de nombreux projets internationaux révèle que les idées les plus innovantes pour les solutions D4Ag africaines proviennent de diplômés africains des TIC qui ont grandi dans les communautés agricoles. Ils connaissent les besoins des agriculteurs et leur façon de penser, et sont les plus aptes à prédire leur comportement. La mise en œuvre de solutions TIC exige une sensibilité culturelle et une compréhension profonde de la perspective des utilisateurs, qui peuvent être des petits agriculteurs analphabètes ou des agronomes diplômés.

6.5 Risque d'utilisation abusive des données

Les technologies des TIC collectent, stockent, analysent et partagent des données. Ces données peuvent contenir des informations sensibles relatives à la confidentialité et donc d'une certaine

valeur. Elle doivent être protégées et ne pas être partagées avec des tiers, sauf accord approprié. L'utilisation abusive des données par les gouvernements, le secteur privé ou même les ONG doit être évitée par le biais de cadres réglementaires appropriés. De nombreux pays disposent aujourd'hui de réglementations ; pour les pays dépourvus de lois et de directives régissant l'utilisation des données, des principes simplifiés peuvent être appliqués (voir encadré 2).

Directives et règlements sur la protection des données

Voici quelques exemples de sources d'évaluation de la situation d'un pays en matière de protection des données :

- Directives générales (voir la section 2 ; p. ex. GIZ Responsible Data Principles: GIZ, n.d.; 2019)
- Réglementations en vigueur pour les véhicules aériens télépilotés/drones (FSD, 2017 ; FAO, 2018)
- Réglementations en vigueur en matière de confidentialité des données (Africa Data Security conclave, 2020 ; CNUCED, 2022)
- Réglementations en vigueur en matière de cybersécurité (AU, 2014 ; ITU, 2017)
- Disponibilité des équipes d'intervention en cas d'incident de cybersécurité (ITU, n.d.)
- Indice mondial de l'innovation (OMPI, 2021)

Il existe également des indices de préparation numérique par pays, provenant de diverses sources. Le plus complet est l'indice GSMA Global Mobile Connectivity Index (GSMA, n.d. .b), dont toutes les données sont téléchargeables au format Excel. Smart Africa regroupe les pays de l'Afrique sub-saharienne selon leur état de préparation numérique (SmartAfrica,

6.6 Environnements peu favorables

Les technologies numériques peuvent aider les agriculteurs africains à accroître leur rentabilité et à réduire leur impact sur l'environnement. Cependant, le développement de ce secteur a besoin d'un soutien par le biais de politiques publiques. Une approche descendante (« top-down ») est dangereuse ici : la transformation du secteur doit être intrinsèque et ne peut être forcée par les gouvernements. Cependant, les gouvernements peuvent stimuler ce développement en créant l'espace nécessaire pour qu'il se produise, et des environnements favorables sont la clé du succès. Les solutions numériques fonctionnent de manière plus efficace dans le contexte agricole lorsqu'il existe un réseau mobile fiable, des systèmes de paiement électronique accessibles et des politiques de confidentialité des données et des réglementations sur les drones en place. Le prix des données mobiles en Inde, par exemple, est beaucoup plus bas que la moyenne africaine, l'utilisation des données y est dès lors plus élevée et le marché des solutions D4Ag mieux développé. L'éducation joue également un rôle : au Ghana, un bon exemple de réussite du marché D4Ag, les TIC sont un sujet obligatoire dans les écoles secondaires. La non-disponibilité de hubs technologiques (incubateurs, accélérateurs, makerspaces et, dans une certaine mesure, des espaces de coworking) constitue un autre obstacle au développement du secteur. La figure 18 montre les pays africains ainsi que le nombre de hubs technologiques disponibles en 2019. Le nombre de professionnels de l'informatique nationaux suit ce schéma, de sorte que le processus de numérisation est plus avancé dans ces pays.

Le tableau 2 donne une idée de la modernité de la technologie par région. La carte de la figure 7-2 complète cette information par le score d'indice de connectivité mobile. Il s'agit du pourcentage de personnes ayant une connexion mobile. Dans le contexte agricole, ces valeurs doivent être prises avec prudence, car elles varient considérablement entre zones urbaines et rurales. GSMA Intelligence, Index Mundi et/ou la Banque mondiale fournissent des bases de données qui répertorient ces données et d'autres données ventilées par pays. D'autres sources d'évaluation de la préparation numérique d'un pays sont énumérées dans l'encadré 2.

Pourcentage de connexions mobiles dans les LMIC, par technologie, par région			
Région	Technologie	2019	2025
Afrique subsaharienne	2G	45%	12%
	3G	46%	58%
	4G	10%	27%
	5G	0%	3%
Asie-Pacifique (Asie du Sud et du Sud-est)*	2G	27%	7%
	3G	25%	14%
	4G	48%	68%
	5G	0%	11%
Amérique latine et Caraïbes	2G	17%	5%
	3G	35%	21%
	4G	47%	67%
	5G	1%	7%
Moyen-Orient et Afrique du Nord	2G	31%	10%
	3G	40%	36%
	4G	29%	48%
	5G	0%	6%

Source : GSMA Intelligence, 2020 *Les chiffres incluent l'Australie
Remarque : Les chiffres ayant été arrondis, les totaux ne correspondent pas toujours exactement à la somme de leurs composantes.

Tableau 2 pourcentage des connexions mobiles dans les PRFM, par technologie et par région.

Source : GSMA in Phatty-Jobe (2020) p. 18

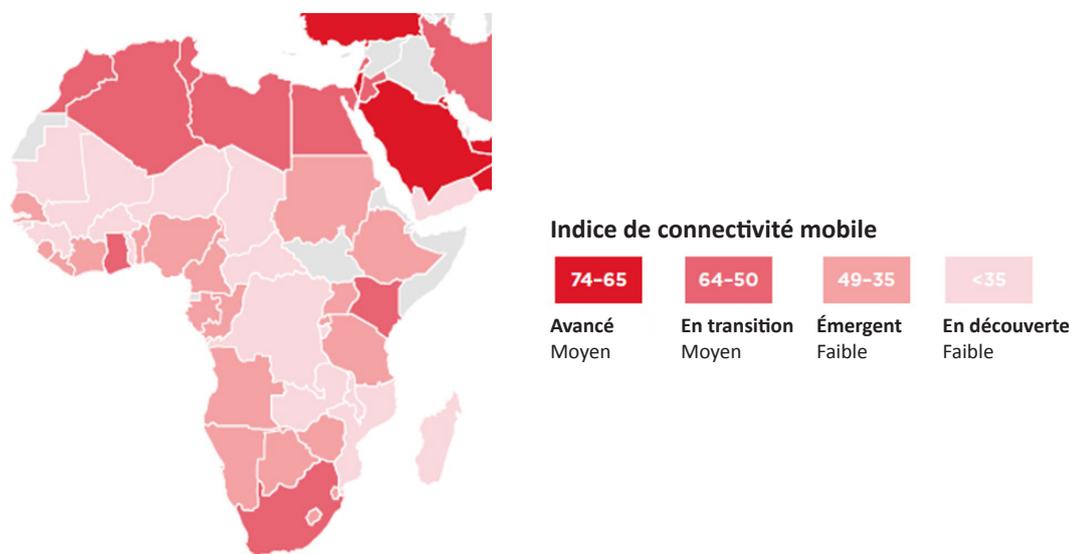


Figure 20 Connexions mobiles dans les PRFM , 2018. Source : GSMA in Phatty-Jobe (2020) p. 19

7. CLÉS DU SUCCÈS

Les TIC offrent un large éventail de technologies, et il existe quasiment toujours une solution technique appropriée pour un problème donné. Toutefois, pour trouver la technologie la plus appropriée, de nombreux facteurs doivent être pris en compte : l'accès de l'utilisateur final aux services de base tels que le réseau électrique et l'Internet, son niveau d'alphabétisation, l'accès à la technologie et aux savoir-faire connexes, ainsi que la disponibilité des ressources financières et l'accès aux services financiers. Une solution destinée aux petits exploitants agricoles en tant qu'utilisateur nécessite un niveau de technologie plus simple et moins cher qu'une solution de traçabilité pour toute une chaîne de valeur. La transition vers la digitalisation d'une entreprise nécessite généralement la création et la mise en œuvre d'un service informatique. Un personnel bien formé est la clé du succès, mais cette ressource peut être difficile à trouver, en particulier dans les zones rurales.

Le sujet des modèles économiques est beaucoup discuté dans ce contexte. On trouve rarement des modèles économiques classiques pour les solutions ciblant les petits exploitants agricoles. Les modèles d'entreprise de type « direct-to-farmer » pourraient avoir un potentiel de viabilité financière en raison de l'importante clientèle potentielle et des modèles de paiement à l'utilisation. Mais les agriculteurs africains peinent déjà souvent à couvrir le coût d'un smartphone ou de données, de sorte que les frais de licence supplémentaires ou les coûts liés aux transactions deviennent un véritable obstacle. Un meilleur accès au financement peut permettre aux agriculteurs d'investir dans la technologie et de bénéficier de nouveaux développements dans le secteur.

Quelques clés générales de la réussite sont données ci-dessous. Elles s'appliquent non seulement à l'introduction de solutions fondées sur les TIC pour la chaîne de valeur horticole, mais aussi à d'autres domaines de l'agriculture. La prise en compte de ces « clés du succès » augmentera la probabilité de mise en œuvre de solutions TIC réussies. Elles sont dérivées d'un grand nombre de projets, de documents et de rapports d'autres organisations, ainsi que de l'expérience personnelle de l'auteur.

- **Garder les choses simples pour l'utilisateur final.** Les solutions TIC doivent être aussi simples et conviviales que possible. Les solutions TIC les plus réussies sont celles que tout le monde peut utiliser. Il n'est pas nécessaire que les utilisateurs comprennent la technologie sous-jacente. La technologie GPS, par exemple, est utilisée par tous les propriétaires de smartphones, mais ils ne connaissent pas tous les orbites satellites et la théorie de la relativité. Les solutions, en particulier les applications, doivent être explicites : peu d'utilisateurs lisent un didacticiel de plusieurs pages avant d'utiliser une application. L'expérience utilisateur (UX) est un nouveau domaine scientifique qui aborde la conception d'applications de manière intuitive pour l'utilisateur (itCraft, 2019; DesignKit, n.d.).
- **Sélectionner la technologie adéquate.** Les TIC sont un moyen de fournir de meilleurs services et de rationaliser les processus existants. Les TIC offrent un large éventail de technologies, et il existe généralement plusieurs approches qui produisent le même résultat. La technologie de pointe n'est pas toujours l'option la plus efficace. L'agriculture a souvent lieu dans les régions éloignées où la couverture de service pour les téléphones mobiles n'est pas complète, ou l'alphabétisation des agriculteurs n'est pas assez élevée. Dans la plupart des cas, une combinaison de technologies constitue la clé. Par exemple, la technologie de télédétection et l'apprentissage machine peuvent modéliser les alertes météorologiques, tandis que le message localisé reste transféré à l'agriculteur par SMS.

- **Créer des solutions durables et abordables.** Il est peu probable que les agriculteurs adoptent des services numériques coûteux. Les services gratuits, cependant, sont souvent perçus comme ayant moins de valeur. Dans la mesure du possible, les services de base devraient être offerts gratuitement, tandis que les niveaux de service avancés ne devraient pas être gratuits. Les TIC sont un moyen idéal pour atteindre un grand nombre d'intervenants, ce qui réduit le coût pour l'utilisateur individuel. Pour les PME, l'investissement initial dans la numérisation, comme la traçabilité, peut sembler élevé, mais l'augmentation potentielle de l'efficacité, l'accès à de nouveaux marchés et l'augmentation des revenus associés peuvent couvrir rapidement ces coûts.
- **Prendre en compte le contexte local.** Lors de la conception d'une application numérique pour un groupe cible spécifique, son accès aux services de base, son niveau d'alphabétisation et les langues locales doivent être pris en compte. Pour l'utilisateur, il est essentiel que le logiciel ou le service soit fourni dans sa propre langue. Si les connaissances sont faibles parmi les utilisateurs, la technologie de messagerie vocale, les pictogrammes et les photos peuvent offrir une solution.
- **Attirer les jeunes dans l'agriculture moderne.** Les technologies modernes peuvent inciter les jeunes à rester dans les zones rurales et à s'engager dans des activités qui favorisent le développement de la chaîne de valeur horticole. Les taux d'alphabétisation et l'affinité technique sont généralement plus élevés chez les jeunes générations. L'accès à des technologies intelligentes peut déclencher la transformation du secteur agricole.
- **Mobiliser les capacités TIC locales.** Une capacité TIC peut être trouvée, développée et mobilisée dans toutes les capitales et grandes villes du monde entier. La mondialisation donne accès à un savoir-faire de pointe en matière de TIC qui stimule l'émergence d'écosystèmes informatiques locaux. Ce processus peut être lancé et accéléré par le biais de hackathons locaux ou régionaux et de concours informatiques et de programmation. L'un des problèmes est que, bien que le savoir-faire se trouve surtout dans les zones urbaines, le besoin en ICT4Ag se pose dans les zones rurales. Une des clés du développement est la décentralisation des connaissances et des capacités, et D4Ag peut en être le moteur.
- **Utiliser des solutions existantes lorsque possible.** Il existe de nombreux exemples de projets TIC réussis dans le secteur de l'horticulture. Les enseignements tirés des projets réussis sont précieux, tout comme les enseignements tirés des échecs. Parfois, un logiciel facilement disponible peut être la solution la plus appropriée. Il est moins cher que le développement d'un produit personnalisé et empêche l'exécutant de répéter les erreurs et de créer des solutions trop complexes. Dans la mesure du possible, le développement de logiciels spécifiques doit être évité. Si le développement informatique est inévitable (par exemple pour la traçabilité ou le développement de bases de données), la coopération avec les entreprises informatiques locales peut améliorer sa durabilité. Lorsque le client et le fournisseur de services informatiques travaillent en étroite collaboration, un résultat positif est plus probable. Une entreprise informatique ayant des connaissances et de l'expérience en agriculture est plus susceptible de trouver une solution appropriée.
- **Utiliser des produits locaux à l'aide d'un support local.** Pour des raisons de développement durable, le matériel et les logiciels doivent être achetés localement dans la mesure du possible. Il existe des fournisseurs internationaux de logiciels agricoles hautement spécialisés, et le risque que des revendeurs locaux existent et dominent le marché est élevé. Les projets de développement doivent soutenir le développement informatique local dans la mesure du possible. Au Nigeria et au Kenya, par exemple, où on trouve des solutions D4Ag, le nombre de développeurs de logiciels est relativement élevé, tout comme le niveau des salaires (figures 21 et 22). Au bas de la liste des 17 principaux pays de développement de logiciels en Afrique se trouve l'Éthiopie, avec seulement 72 développeurs par million d'habitants. Logiquement, il y a plus de 40 pays africains en dénombrant encore moins.

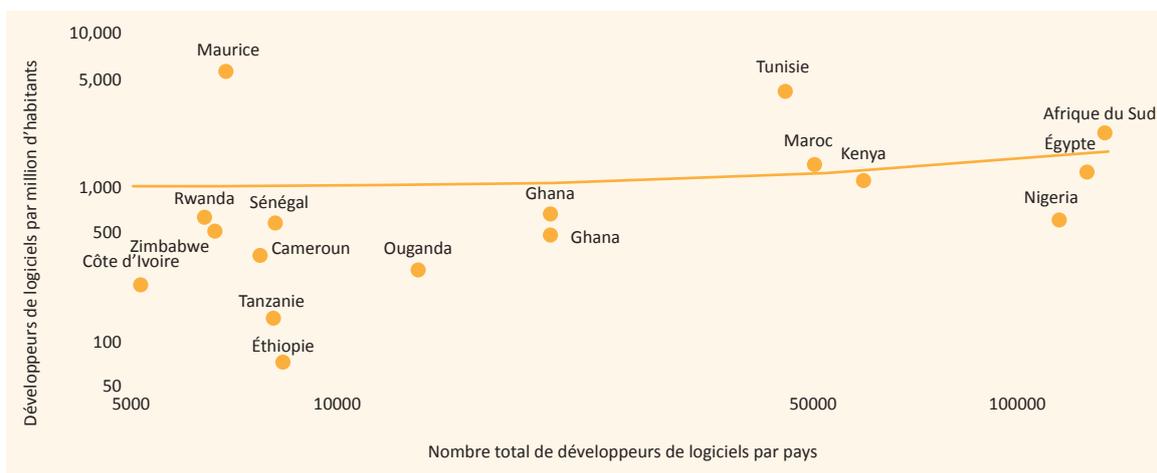


Figure 21 Le paysage des développeurs en Afrique : les 17 premiers pays en terme de développement de logiciels en Afrique

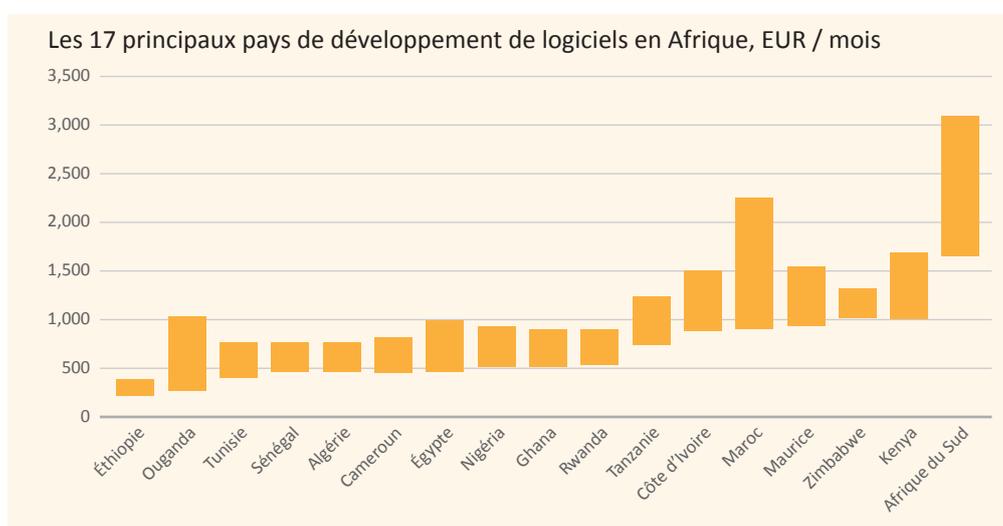


Figure 22 Fourchettes salariales pour les ingénieurs logiciels des 17 premiers pays africains (EUR/mois)

- **Développer un modèle commercial réalisable.** Pour l'élaboration d'un modèle commercial viable, une analyse complète de divers facteurs est nécessaire. Si la solution TIC cible la partie la plus pauvre et la plus marginalisée de la population, les modèles d'affaires communs ne fonctionneront que si un grand nombre d'utilisateurs peuvent être attendus, ou si des tiers paient pour le service. Si les PME sont les clientes, différents modèles d'affaires sont alors réalisables tant que la solution SmartTech crée des effets positifs qui améliorent les revenus. Dans tous les cas, les deux parties doivent être prises en compte dans la recherche d'un modèle d'entreprise approprié : le client ainsi que le fournisseur de services/solutions. En général, le commerce électronique, l'accès au financement et à l'assurance, la mise en relation pour l'accès au marché et la mise en commun des machines sont des cas d'utilisation du digital dans l'agriculture où les modèles d'affaires durables peuvent être facilement trouvés.
- **Trouver et créer des synergies.** La promotion des services financiers et l'amélioration connexe des connaissances dans ce domaine dans les zones rurales peuvent bénéficier de l'introduction des TIC, et vice versa. De même, les entreprises informatiques locales bénéficieront d'investissements dans les TIC. Des moyens de subsistance plus durables dans les zones rurales permettront des investissements publics et privés dans l'infrastructure de ces régions, car les communautés pourront payer les services. Un système d'agriculture contractuelle avec des milliers de producteurs pourrait intéresser des prestataires de services financiers en tant que source de clients.

8. RÉFÉRENCES ET BIBLIOGRAPHIE

8.1 Références

- Adhikari, R. and Nemali, K. (2020) A novel method for estimating nitrogen stress in plants using smartphones. *Horticulturae* 6(4): 74. <https://doi.org/10.3390/horticulturae6040074>
- Africa Data Security Conclave (2020) Personal data protection and cybersecurity laws in jurisdictions in Africa: Encouraging the best. <https://africadpconclave.com/2020/10/05/personal-data-protection-and-cybersecurity-laws-in-jurisdictions-in-africa-encouraging-the-best/>
- Africa Goes Digital (2022) Main drone service providers in Africa. <http://www.afgoesdigital.com/members/>
- Alais, O. (2016) The status of open data initiatives in West Africa. ICT Works, 29 June. <https://www.ictworks.org/the-status-of-open-data-initiatives-in-west-africa/#.YkxJbylQlz8>
- AU (2014) AU Convention on Cyber Security and Personal Data Protection. Addis Ababa: African Union. https://au.int/sites/default/files/treaties/29560-treaty-0048_-_african_union_convention_on_cyber_security_and_personal_data_protection_e.pdf
- Cable.co.uk (n.d.) Worldwide mobile data pricing 2021: Interactive map. <https://www.cable.co.uk/mobiles/worldwide-data-pricing/>
- CSIRO (n.d.) Chameleon soil water sensor. Canberra: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation. <https://www.csiro.au/en/research/plants/crops/Farming-systems/Chameleon-soil-water-sensor>
- CTA (2018) Unlocking the potential of blockchain for agriculture. *ICT Update* 88. https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/97525/ICTUpdate_88EN.pdf
- CTA (2019) Artificial Intelligence. Spore, October/November. <https://spore.cta.int/en/dossiers/article/artificial-intelligence-matching-food-demand-and-supply-sid082fb8395-30f5-44f8-96a0-96f11ede4ece>
- DesignKit (n.d.) The field guide to human centered design: <https://www.designkit.org/resources/1>
- Dumpert, J. (2018) How to stop content death in Facebook groups and save critical program knowledge. ICT Works, 2 August. <https://www.ictworks.org/scrape-facebook-groups-program-knowledge/#.YkxUmilQlz8>
- EC (n.d.) Policy and Regulation Initiative for Digital Africa (PRIDA). Brussels: European Commission. https://ec.europa.eu/international-partnerships/programmes/policy-and-regulation-initiative-digital-africa-prida_en
- ECA (2022) ECA set to launch Africa's first AI Research Centre in Brazzaville Congo, with focus on technology and innovation. Addis Ababa: United Nations Economic Commission for Africa. <https://uneca.org/stories/eca-set-to-launch-africa%E2%80%99s-first-ai-research-centre-in-brazzaville-congo%2C-with-focus-on>
- Elsaesser, R. (2017) ICT Toolbox for Contract Farming Professionals. Bonn and Eschborn, Germany: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). <https://www.giz.de/en/downloads/giz2018-en-toolbox-for-contract-farming-professionals.pdf>

- Elsaesser, R. (2020) ICT for Small-Scale Irrigation: A market study. Bonn and Eschborn, Germany: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). https://toolkit-digitalisierung.de/app/uploads/2020/11/ICT_for_Small_Scale_Irrigation_-_A_market_study.pdf
- Elsaesser, R. (2022) The African Union Digital Agriculture Strategy – The Situation Analysis Report (AUC 2022).
- ESA (2016) CCI Land Cover - S2 Prototype Land Cover 20M Map of Africa. Paris: ESA. <http://2016africallandcover20m.esrin.esa.int/>
- FAO (2018) African Union embraces drones technology for agriculture. e-Agriculture News, 5 February. <http://www.fao.org/e-agriculture/news/african-union-embraces-drones-technology-agriculture>
- FAO (2021) Climate-smart Agriculture Case Studies 2021 – Projects from Around the World. Rome: Food and Agriculture Organization. <http://www.fao.org/3/cb5359en/cb5359en.pdf>
- Ferris, L. and Rahman, Z. (2016) Responsible Data in Agriculture. Wallingford, UK: Global Open Data for Agriculture & Nutrition (GODAN), CABI. https://www.godan.info/sites/default/files/documents/Godan_Responsible_Data_in_Agriculture_Publication_lowres.pdf
- FSD (2017) Global Drones Regulations Database. Geneva: Fondation Suisse de Déminage. <https://www.droneregulations.info>
- Giuliani, D. and Ajadi, S. (2019) 618 active tech hubs: The backbone of Africa's tech ecosystem. GSMA blog post, 10 July. <https://www.gsma.com/mobilefordevelopment/blog/618-active-tech-hubs-the-backbone-of-africas-tech-ecosystem/>
- GIZ (n.d.) GIZ's Responsible Data Principles. Poster. Bonn and Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. <https://nethope.app.box.com/s/53gzmk43vx0ppftvrc9d7nq5slwvp96c>
- GIZ (2019) Toolkit 2.0 – Digitalisation in Development Cooperation. German Federal Ministry for Economic Cooperation and Development (BMZ). www.giz.de/expertise/downloads/Toolkit-2.0-Digitalisation-in-Development%20Cooperation.pdf
- Green Innovation Centre India (2020) Soil nutrient testing using a smartphone. Newsletter #4, May: 7. <https://snrd-asia.org/wp-content/uploads/2019/05/4th-GIC-Newsletter-India.pdf>
- GSMA (2019) State of the Mobile Money Industry in Sub-Saharan Africa 2018. London: GSM Association. <https://www.gsma.com/mobilefordevelopment/wp-content/uploads/2019/07/GSMA-Sub-Saharan-Africa-SOTIR-presentation.pdf>
- GSMA (2020a) Digital Agriculture Maps. London: GSM Association. <https://www.gsma.com/mobilefordevelopment/resources/digital-agriculture-maps/>
- GSMA (2020b) GSMA Internet of Things Programme. London: GSM Association. <https://www.gsma.com/iot/wp-content/uploads/2020/01/GSMA-Welcome-CES2020.pdf>
- GSMA (n.d.a) AgriTech Deployment Tracker. London: GSM Association. <https://www.gsma.com/mobilefordevelopment/m4d-tracker/magri-deployment-tracker/>
- GSMA (n.d.b) GSMA Mobile Connectivity Index. London: GSM Association. <https://www.mobileconnectivityindex.com/#year=2019>
- He, H. (2020) Building a blockchain in .net core – basic blockchain. C# Corner, 28 May. <https://www.c-sharpcorner.com/article/blockchain-basics-building-a-blockchain-in-net-core/>

- Intersoft Consulting (n.d.) General Data Protection Regulation, GDPR. Hamburg, Germany: Intersoft Consulting Services. <https://gdpr-info.eu/>
- itCraft (2019) 10 awesome tips for developing user friendly apps. <https://itcraftapps.com/blog/10-awesome-tips-to-developing-user-friendly-apps/>
- ITU (2017) Global Cybersecurity Index 2017: Africa. Geneva: International Telecommunication Union. https://www.itu.int/en/ITU-D/Cybersecurity/Documents/Africa_GCIV2_report.pdf
- ITU (n.d.) National Computer Incident Response Teams (CIRTs) world-wide. Geneva: International Telecommunication Union. https://www.itu.int/en/ITU-D/Cybersecurity/Documents/CIRT_Status.pdf
- Kamilaris, A., Fonts, A. and Prenafeta-Boldu, F.X. (2019) The rise of blockchain technology in agriculture and food supply chains. Unpublished. <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Rise-of-Blockchain-Technology-in-Agriculture-Kamilaris-Fonts/6eaa13d48cb21d8435f0e5a16b2a781d46a6b53>
- Kariuki, P. and Nash, B. (2017) The technology aristocracy is the problem. ICT Works, 2 February. <https://www.ictworks.org/the-technology-aristocracy-is-the-problem/#.YkxVDCIQIz8>
- Kuner, C. and Marelli, M. (2017) Handbook on Data Protection in Humanitarian Action. Geneva: International Committee of the Red Cross. https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/4305_002_Data_protection_and_humanitarian_action.pdf
- Oxfam (2015) Oxfam Responsible Program Data Policy. Nairobi: Oxfam. <https://policy-practice.oxfam.org/resources/oxfam-responsible-program-data-policy-575950/#>
- Phatty-Jobe, A. (2020) Digital Agriculture Maps: 2020 state of the sector in low and middle-income countries. GSMA AgriTech Programme. www.idhsustainabletrade.com/uploaded/2020/10/GSMA-Agritech-Digital-Agriculture-Maps.pdf
- PIM (n.d.) Framework for Data Sharing in Practice. Geneva: Protection Information Management Initiative, ICT4Peace. <http://pim.guide/wp-content/uploads/2018/05/Framework-for-Data-Sharing-in-Practice.pdf>
- Responsible Data (n.d.) What is Responsible Data? <https://responsibledata.io/about/>
- Rodrigo, S. (2019) Responsible Data Guidelines. Montpellier: CGIAR Platform for Big Data in Agriculture. <https://bigdata.cgiar.org/responsible-data-guidelines/>
- Runde, D. (2015) M-Pesa and the rise of the global mobile money market. Forbes, 12 August. <https://www.forbes.com/sites/danielrunde/2015/08/12/m-pesa-and-the-rise-of-the-global-mobile-money-market/?sh=77e0ba4e5aec>
- Schnetzer, J. and Pluschke, L. (2017) Solar-Powered Irrigation Systems. Global Alliance for Climate-Smart Agriculture and Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/3/bt437e/bt437e.pdf>
- Sentinel Hub (n.d.) EO Browser. Ljubljana Sinergise Laboratory. <https://www.sentinel-hub.com/explore/eobrowser/>
- Simon, M. (2019) This App Lets Kenya's Farmers Monitor Crops From Eyes in the Sky. Wired, 28 January. <https://www.wired.com/story/app-lets-farmers-monitor-crops-from-the-sky/>
- Smart Africa (2020) AgriTech Blueprint for Africa. Kigali: Smart Africa. <https://smartafrica.org/knowledge/agritech-blueprint-for-africa/>

- Swiss Re Foundation (2020) A cool solution to food spoilage. Zurich: Swiss Re Foundation. <https://www.swissrefoundation.org/what-we-do/projects/natural-hazard-and-climate-risk-management/a-cool-solution-to-food-spoilage.html>
- Tsan, M., Totapally, S., Hailu, M. et al. (2019) The Digitalisation of African Agriculture Report, 2018–2019. Wageningen, The Netherlands: CTA and Dalberg Advisors.
- UN OCHA (2019) Data Responsibility Guidelines. New York: United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs, Centre for Humanitarian Data. <https://centre.humdata.org/wp-content/uploads/2019/03/OCHA-DR-Guidelines-working-draft-032019.pdf>
- UNCTAD (2022) Data protection and privacy legislation worldwide. Geneva: United Nations Conference on Trade and Development. <https://unctad.org/page/data-protection-and-privacy-legislation-worldwide>
- USAID (2018a) Considerations for Using Data Responsibly at USAID. Washington, DC: United States Agency for International Development. <https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/15396/USAID-UsingDataResponsibly.pdf>
- USAID (2018b) Artificial intelligence in Global Health: Defining a Collective Path Forward. Washington, DC: USAID. https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/1864/AI-in-Global-Health_webFinal_508.pdf
- Verhulst, S. and Young, A. (2018) The evidence that open government data improves developing economies. ICT Works, 18 June. <https://www.ictworks.org/the-evidence-that-open-government-data-improves-developing-economies/>
- Visual Capitalist (2020) Drone Privacy Laws around the World. Vancouver and New York: Visual Capitalist. <https://www.visualcapitalist.com/wp-content/uploads/2021/01/Drone-Privacy-Laws-Fullsize.html>
- Vota, W. (2018) 1.5 billion reasons you need a WhatsApp business strategy for your programs. ICT Works, 21 February. <https://www.ictworks.org/whatsapp-business-strategy-international-development/#.YkxXUCIQIz8>
- Vota, W. (2019a) ICT4D Hype Cycle for 2019: AI, Blockchain, Chatbots, Data, And... ICTworks, 15 August. https://www.ictworks.org/ict4d-hype-cycle-2019-blockchain/#.YPfn_OBCRhE
- Vota, W. (2019b) FarmChat: Using Chatbots to Answer Farmer Queries in India. ICTworks, 2 January. <https://www.ictworks.org/farmer-chatbot-india/#.YkCTtCIQIz9>
- Vota, W. (2019c) How to spend \$800,000 on Facebook to influence African elections. ICT Works, 30 May. <https://www.ictworks.org/facebook-influence-african-elections/#.YkxVUyIQIz8>
- Welfle, D.A., Chingaira, S., & Kassenov, A. (2020) Decarbonising Kenya’s domestic & industry sectors through bioenergy: An assessment of biomass resource potential & GHG performances. Biomass and Bioenergy, 142: 105757. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2020.105757>
- WIPO (2021) Global Innovation Index (GII) 2021. Geneva: World Intellectual Property Organization. <https://www.globalinnovationindex.org/Home>
- Witte, W. (2018) Why NDVI? IAS, blog post. <https://iasystems.co.za/why-ndvi/>
- WMO (2020) WMO Hydrological Observing System (WHOS) web services and supported tools. Geneva: World Meteorological Organization. <https://community.wmo.int/whos-web-services-and-supported-tools>

- Woodard, J. (2016) How Facebook values personal data from developing countries. ICT Works, 24 November. <https://www.ictworks.org/how-facebook-values-personal-data-from-developing-countries/#.YkxUzCIQIz8>
- World Bank (2009) Gender in Agriculture Sourcebook. Washington, DC: World Bank. <http://elibrary.worldbank.org/doi/pdf/10.1596/978-0-8213-7587-7>
- World Bank (2016) World Development Report 2016: Digital Dividends. Washington, DC: World Bank, p. 230. <https://www.worldbank.org/en/publication/wdr2016>

Further reading

- Addom, B. and Enghild, A. (2018) 'Attracting private sector investment to digitalise African farming'. CTA blog post, 7 December. www.cta.int/en/digitalisation/article/attracting-private-sector-investment-to-digitalise-african-farming-sid053a6cbed-475f-46fe-bc5d-a5feb137495c
- AGRA (2015) Africa Agriculture Status Report: Youth in agriculture in Sub-Saharan Africa. Nairobi: Alliance for a Green Revolution in Africa. https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/100862/1888_PDF.pdf
- CIP (2014) Creating a community of practice in Sub-Saharan Africa to utilize unmanned aerial vehicle-based tools for agricultural development. Blog post, 18 November. Lima: International Potato Center. <https://cipotato.org/regions/sub-saharan-africa/creating-practice-sub-saharan-africa-unmanned-aerial-vehicle-based-tools-agricultural-development/>
- CTA (n.d.) An ICT Agripreneurship Guide: A path to success for young ACP entrepreneurs. Wageningen, The Netherlands: CTA. https://publications.cta.int/media/publications/downloads/1984_PDF_2YAJVKe.pdf
- Dlodlo, N. and Kalezhi, J. (2015) The internet of things in agriculture for sustainable rural development. Conference paper presented at the International Conference on Emerging Trends in Networks and Computer Communications, Windhoek, Namibia, 17–20 May 2015. www.researchgate.net/publication/277713549_The_Internet_of_Things_in_Agriculture_for_Sustainable_Rural_Development
- EC (2019) Agriresearch Factsheet: Digital Transformation in Agriculture and Rural Areas. Brussels: European Commission. https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/food-farming-fisheries/farming/documents/factsheet-agri-digital-transformation_en.pdf
- Ehui, S. (2018a) How can digital technology help transform Africa's food system? Digital Development blog post, 16 July. Washington, DC: World Bank. <https://blogs.worldbank.org/digital-development/how-can-digital-technology-help-transform-africa-s-food-system>
- Ehui, S. (2018b) Why technology will disrupt and transform Africa's agriculture sector—in a good way. Voices blog post, 7 February. Washington, DC: World Bank. <https://blogs.worldbank.org/voices/why-technology-will-disrupt-and-transform-africa-agriculture-sector-good-way>
- FAO (2016) E-Agriculture Strategy Guide. Rome: Food and Agriculture Organization. www.fao.org/documents/card/en/c/24f624ea-7891-45e8-9b24-66cbf13f004d/
- FAO (2017) E-Agriculture in Action. Rome: Food and Agriculture Organization. www.fao.org/documents/card/en/c/9de549bb-4c16-432d-8451-3c8254aac8f7/

- FAO (2018a) Gender and ICTs: Mainstreaming gender in the use of information and communication technologies (ICTs) for agriculture and rural development. Rome: Food and Agriculture Organization. www.fao.org/3/i8670en/i8670EN.pdf
- FAO (2018b) E-Agriculture in Action: Drones for Agriculture. Rome: Food and Agriculture Organization. www.fao.org/3/i8494en/i8494en.pdf
- FAO (2021) Synergies and Trade-offs In Climate-Smart Agriculture. Rome: Food and Agriculture Organization. www.fao.org/3/cb5243en/cb5243en.pdf
- GIZ and SNRD Africa (2016) *Use of ICT for Agriculture in GIZ projects – Status quo, opportunities and challenges*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit and Sector Network Rural Development, Africa. www.snrd-africa.net/wp-content/uploads/2017/04/study-useofictforagricultureingizprojectsgizsnrdafrica-160609104357-1.pdf
- GIZ and SNRD Africa (2018) *Harnessing the chances of digitalisation for rural development: Lessons-learned in German-funded rural development projects*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit and Sector Network Rural Development, Africa. www.snrd-africa.net/wp-content/uploads/2018/08/180807_Harnessing-A4.pdf
- Gray, B., Babcock, L., Tobias, L. et al. (2018) *Digital Farmer Profiles: Reimagining Smallholder Agriculture*. USAID/Feed The Future. www.usaid.gov/sites/default/files/documents/15396/Data_Driven_Agriculture_Farmer_Profile.pdf
- IFC (2020) *e-Conomy Africa 2020 – Africa’s \$180 billion internet economy future*. Washington, DC: International Finance Corporation. www.ifc.org/wps/wcm/connect/publications_ext_content/ifc_external_publication_site/publications_listing_page/google-e-conomy
- IFPRI (2014) *AgriTech Toolbox*. Rome: International Food Policy Research Institute. <https://ebrary.ifpri.org/digital/collection/p15738coll2/id/128027>
- ITU (2018) *Measuring the Information Society Report 2018*. Geneva: International Telecommunication Union. www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/publications/misr2018.aspx
- Jat, D.S., Limbo, A.S. and Singh, C. (2019) Internet of things for automation in smart agriculture: A technical review. In Poonia, R.C., Gao, X.-Z., Raja, L. et al. (eds) *Smart Farming Technologies for Sustainable Agricultural Development*, Chapter 5. Hershey, PA: IGI Global. www.researchgate.net/publication/332909770_Internet_of_Things_for_Automation_in_Smart_Agriculture_A_Technical_Review
- Jeanneret, C. and Rambaldi, G. (2016) *Drone Governance: A Scan of Policies, Laws and Regulations Governing the Use of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) in 79 ACP Countries*. Working Paper 16/12. Wageningen, The Netherlands: CTA. https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/90121/1971_PDF.pdf
- Kim, J., Shah, P., Gaskell, J.C. et al. (2020) *Scaling Up Disruptive Agricultural Technologies in Africa*. Washington, DC: World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/33961/9781464815225.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Krishnan, A., Banga, K. and Mendez-Parra, M. (2020) *Disruptive Technologies in Agricultural Value Chains: Insights from East Africa*. London: Overseas Development Institute. https://cdn.odi.org/media/documents/disruptive_agritech_-_5_mar_2020_-_final_draft.pdf
- Loukos, P. and Javed, A. (2018) *Opportunities in Agricultural Value Chain Digitisation: Learnings from Ghana*. GSMA mAgri Programme. www.gsma.com/mobilefordevelopment/wp-content/uploads/2018/01/Opportunities-in-agricultural-value-chain-digitisation-Learnings-from-Ghana.pdf

- McNaughton, M. and Soutar, D. (2015) *Agricultural Open Data in the Caribbean: Institutional perceptions, key issues and opportunities*. Working Paper 15/02. Wageningen, The Netherlands: CTA. https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/75489/1843_PDF.pdf
- OECD (2019a) *The Digital Transformation of the Agriculture and Food System*. Paris: Organisation for Economic Cooperation and Development. https://issuu.com/oecd/publishing/docs/the_digital_transformation_of_the_a
- OECD (2019b) *Digital Opportunities for Better Agricultural Policies*. Paris: Organisation for Economic Cooperation and Development. www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/digital-opportunities-for-better-agricultural-policies_571a0812-en
- Soesilo, D. and Rambaldi, G. (2018) *Drones in Agriculture in Africa and other ACP countries: A Survey on Perceptions and Applications*. Working Paper 18/02. Wageningen, The Netherlands: CTA. https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/96918/2026_PDF.pdf
- USAID/Feed the Future (n.d.) *Digitising the Agriculture Value Chain*. www.usaid.gov/sites/default/files/documents/15396/Why_Where_and_How_Digital_Tools_Impact_the_Value_Chain.pdf
- WIPO (2020) *Global Innovation Index 2020*. Geneva: World Intellectual Property Organization. www.wipo.int/global_innovation_index/en/2020/
- World Bank (2015) *Big Data Solutions: Innovative approaches to overcoming agricultural challenges in developing nations by harnessing the power of analytics*. Washington, DC: World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/26436/114098-WP-P152206-PUBLIC.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- World Bank (2018) *The Role of Digital Identification in Agriculture: Emerging applications*. Washington, DC: World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/31216/The-Role-of-Digital-Identification-in-Agriculture-Emerging-Applications.pdf?sequence=5&isAllowed=y>



GROWING PEOPLE