Cahiers
#Costech

Mehdi Jaber
Michel J.-F. Dubois
Davide Rizzo
Jérôme Dantan
Fatma Fourati-Jamoussi

Retour d'expérience d'un bootcamp dédié à l'innovation ouverte centrée sur les agriculteurs



> #Numéro 2
> Evolution agrotechnique contemporaine
> Working papers
> Agriculture et technologie - > Biocontrôle - > Invention, innovation

Citer cet article

Jaber, Mehdi., Dubois, Michel J.-F.., Rizzo, Davide., Dantan, Jérôme., Fourati-Jamoussi, Fatma. "Retour d'expérience d'un bootcamp dédié à l'innovation ouverte centrée sur les agriculteurs.", 14 janvier 2019, *Cahiers Costech*, numéro 2.
URL https://www.costech.utc.fr/CahiersCostech/spip.php?article69

Résumé

Le numérique révolutionne les pratiques agricoles et les processus d'innovation associés. L'une des clés du succès d'une telle révolution est la maîtrise des innovations technologiques par tous les acteurs et parties prenantes du secteur agricole. Nous décrivons ici un travail pluridisciplinaire basé sur des projets open source de fabrication d'objets connectés, avec des problématiques centrées autour des agriculteurs, les mettant ainsi au cœur du processus d'innovation. Lors du bootcamp – atelier intensif et participatif – organisé par l'équipe d'Agrilab® en novembre 2017 à UniLaSalle (Beauvais), des groupes projets impliquant des agriculteurs, des étudiants et des experts en numérique et IoT (Internet of Things) ont été réunis durant trois jours afin de produire un cahier des charges, prototyper des objets connectés et enfin développer des outils d'aide à la décision et des interfaces répondant aux besoins métiers des agriculteurs.

Mots-clefs (auteur) : Agriculture numérique, capteurs, Hauts-de-France, objets connectés.

Auteur(s)

Jérôme Dantan, enseignant-chercheur en informatique à UniLaSalle, ingénieur de l'Ecole Nationale Supérieure de l'Electronique et de ses Applications et titulaire d'un doctorat en informatique du Conservatoire National des Arts et Métiers, membre de l'unité de recherche InTerACT (UP 2018.C102). Il mène des travaux dans les domaines de la prise de décision en environnement incertain, des objets connectés, de l'analyse de données massives, et plus généralement dans l'ingénierie des systèmes complexes appliquée au cadre des systèmes agro-environnementaux.

Davide Rizzo, enseignant-chercheur en agronomie, data scientist à UniLaSalle, titulaire d'un doctorat en sciences agronomiques de la Scuola Superiore Sant'Anna de Pise. Il est membre de la Chaire Agro-Machinisme et Nouvelles Technologies et de l'unité de recherche InTerACT (UP 2018.C102).

Fatma Fourati-Jamoussi, enseignant-chercheur en marketing et intelligence stratégique à UniLaSalle, titulaire d'un doctorat en sciences de gestion, membre de l'unité de recherche InTerACT (UP 2018.C102). Ses travaux de recherche portent sur l'intelligence économique et la veille stratégique, le développement durable et l'innovation dans la formation d'ingénieurs.

Michel J.-F. DUBOIS, ingénieur agronome, docteur en biologie et titulaire d'une HDR en philosophie, il a fait sa carrière dans les filières agro-alimentaires en recherche et développement. Contribuant au dépôt de plusieurs brevets, il a reçu le prix de l'innovation du SIAL 2006 et a été nominé au prix de l'ingénieur de l'année 2008. Directeur de la spécialité Agriculture de l'Institut UniLaSalle de 2010 à 2015, il y est expert référent en sciences de l'agriculture, enseignant-chercheur HDR en philosophie et membre de l'unité de recherche InTerACT. Auteur d'ouvrages sur la transition énergétique et la transformation de l'esprit scientifique dans la société contemporaine, ses thèmes de recherche sont le développement durable et la relation

humain-technique-vivant. Il est chercheur associé au LIED (Paris VII).

Mehdi Jaber, responsable AgriLab® et chargé de mission innovation numérique à UniLasalle.

Plan

Introduction
État de l'art
Organisation du bootcamp
Résultats
Conclusion et perspectives
Remerciements
Bibliographie

Introduction

L'agriculture est confrontée à des changements importants qui obligent les agriculteurs à approfondir leurs connaissances pour maîtriser les innovations agricoles récentes telles que le contrôle de machines enrichies de capteurs embarqués et la gestion des données massives. Grâce à la réduction des coûts et à la miniaturisation des technologies de pointe, les agriculteurs pourront passer de pratiques agricoles basées sur l'observation directe et l'intuition à des pratiques basées sur des outils automatisés d'aide à la décision ainsi que le contrôle des intrants chimiques, de la génétique et des conditions environnementales (Bencini et al. 2012 ; Aqeel-ur-Rehman et al. 2014). L'augmentation des capacités de collecte de données et de surveillance répond en effet à la nécessité d'une meilleure utilisation des ressources naturelles, répondant ainsi aux attentes de la société en matière de développement durable.

Cependant, le volume croissant de données récoltées reste largement inexploité car les principaux concernés, c'est-à-dire les agriculteurs, sont peu impliqués dans le traitement de ces données pour leur prise de décision. De notre point de vue, l'innovation dans les programmes de formation ainsi que les nouvelles formes de transfert des connaissances permettront de remédier à cela.

Cet article a pour objectif de caractériser les processus d'innovation qui modifient le mode de production agricole, en mettant l'accent sur les

impacts et les attentes en matière de nouvelles technologies dans l'agriculture.

État de l'art

Le développement des technologies de l'information et de la communication ont conduit à l'émergence de nombreuses approches nouvelles associant des connaissances agronomiques à des compétences en informatique, permettant à l'agriculture d'être plus précise et intelligente. L'émergence de telles tendances se traduit tout d'abord par la publication de recommandations et d'observations d'acteurs et de spécialistes du domaine de l'agriculture (Lejeune, Brun, et Villain 2016 ; Séronie, 2016) : la manière dont les technologies liées au Big Data agricole peuvent transformer le métier d'agriculteur ainsi que celui des entreprises du secteur. De plus, cela se traduit par la création de nombreuses start-ups depuis 2010 et par le développement de nouvelles applications et plateformes (Damave 2017 ; Isaac et Pouyat 2015 ; Spohr 2017). Toutes les étapes de l'activité agricole sont désormais transformées par l'utilisation d'outils numériques. L'association « La ferme digitale » en fédère certains et organise chaque année une réunion intitulée « LFDay » (http://lfday.fr) afin de promouvoir la mise en réseau des acteurs concernés.

Cependant, ces startups peuvent-elles apporter des solutions aux problèmes des agriculteurs ? Une telle question est intéressante car, selon une enquête récente réalisée aux États-Unis et au Canada (Stratus Ag Research 2016), seulement 41% des agriculteurs sont satisfaits de leurs méthodes actuelles d'analyse et d'interprétation de leurs données agronomiques pour la prise de décision, malgré le développement de l'interopérabilité entre les systèmes d'information, par exemple via des normes ouvertes et des formats d'échange de données interopérables (Sonnen 2017). Il semble que les solutions proposées, techniquement très avancées, impliquent que les agriculteurs ne sont que des utilisateurs et non pas des acteurs du processus d'innovation.

Notre vision est différente : nous avons exploré la recherche de solutions aux problèmes des agriculteurs sur le principe de l'innovation ouverte (open innovation). L'innovation ouverte est un concept qui s'est développé au début des années 2000 (Chesbrough 2003). L'idée est la suivante : pour innover, une entreprise ne peut plus compter uniquement sur son département R&D ; elle doit également faire appel à de nouveaux

profils externes (étudiants, développeurs, startups, grand public) et internes (employés, tous services confondus). Jusqu'à présent, le principe de l'innovation ouverte a été rarement ou nul appliqué à l'agriculture.

Enfin, les solutions actuelles proposées par les entreprises ne sont pas satisfaisantes pour les agriculteurs :
(1) Ces solutions reposent majoritairement sur des avancées technologiques externes à l'agriculture. La participation des agriculteurs au processus d'innovation et l'adaptation de la technologie à leurs besoins semble ainsi assez limitée. Les agriculteurs risquent donc non seulement de perdre le contrôle des données (confidentialité et propriété des données) mais aussi le contrôle du processus de décision (aspect « boîte noire ») des outils d'aide à la décision (American Farm Bureau Federation 2018).
(2) Les agriculteurs doivent généralement s'adapter à des solutions standard conçues pour la plus grande part de marché. Par conséquent, ces solutions ne répondent pas pleinement aux besoins agricoles locaux, qui sont hétérogènes à cause des spécificités agropédoclimatiques. Cependant, faire réaliser des solutions personnalisées coûterait trop cher.
(3) Le rôle des agriculteurs dans le processus d'innovation n'est pas clairement défini : les solutions proposées (logiciels, traitement de données et décisions via une « boîte noire ») sont souvent propriétaires. Dans ce cas, l'agriculteur est moins considéré comme un acteur de l'innovation que comme un utilisateur final, ce qui a pour principale limite d'évacuer la prise en compte de la complexité de leur processus de décision (Douthwaite et Hoffecker 2017).
(4) La collaboration entre agriculteurs concernant le matériel, les données, le partage des connaissances et l'aide à la décision est encore faible. En effet, les fournisseurs centralisent à la fois les données et les outils de décision, avec une moindre ou nulle collaboration sur cet axe entre agriculteurs d'une même région. En outre, les agriculteurs sont de plus en plus conscients et préoccupés par l'accès et par l'utilisation des données de leur exploitation (American Farm Bureau Federation 2016 ; Kritikos 2017, 41).

Dans notre approche, nous avons exploré la construction de solutions autour des questions des agriculteurs sur la culture du partage des connaissances (initiatives open source). Pour relever de tels défis, UniLaSalle a terminé la construction de la plateforme AgriLab®,

laboratoire de « nouvelle génération » début 2018. AgriLab® contient, entre autres, une plateforme de prototypage rapide dans les technologies numériques (robotique, plateformes de collaboration, outils de traitement de données et d'aide à la décision) et dans les équipements agricoles. Cette plateforme, dédiée à l'innovation ouverte, promeut la culture du partage des connaissances et fait partie du mouvement mondial d'échange gratuit de connaissances pour une agriculture plus durable.

Dans la suite de cet article, nous présenterons et discuterons les principaux résultats d'un premier bootcamp (« camp d'entraînement »), événement centré sur les agriculteurs et sur les IoT (Internet of Things – Internet des objets) open source pour une agriculture intelligente.

Organisation du bootcamp

Le coût et le manque de connaissances sont largement identifiés comme les deux principaux obstacles que les agriculteurs doivent surmonter pour intégrer les nouvelles technologies (Doye et al. 2000 ; Reichardt et al. 2009 ; Pignatti, Carli, et Canavari 2015). Nous plaçons les agriculteurs au cœur de l'innovation en leur proposant des outils peu coûteux et à réaliser par soi-même comme démarche pour (re)maîtriser l'innovation.

S'appuyant sur la mission éducative d'UniLaSalle, une équipe de chercheurs et d'enseignants a proposé un environnement d'apprentissage ouvert à des agriculteurs expérimentés, leur permettant ainsi d'explorer de nouvelles technologies. L'objectif était de créer un environnement favorable pour surmonter les éventuels obstacles au savoir grâce à une approche basée sur l'apprentissage par la pratique (« learning by doing ») et pour faciliter l'échange d'expériences et la capitalisation des connaissances.

Le bootcamp a réuni 6 agriculteurs volontaires membres des coopératives UNEAL, NORIAP et Agora, 39 élèves ingénieurs (dont la plupart en agronomie) et 10 encadrants experts en technologies numériques et en agronomie. Le sujet de ce premier atelier était le développement de capteurs connectés pour une agriculture intelligente. L'équipe d'AgriLab® a organisé l'atelier en collaboration avec la Chaire Agro-Machinisme et Nouvelles Technologies. La Région Hauts-de-France a soutenu l'initiative dans le cadre du programme régional pour l'innovation numérique et sociale INS'Pir (http://www.hautsdefrance.fr/inspir/). Enfin, les entreprises Wolfram et

RS Components ont apporté leur expertise technologique.

Les agriculteurs ont été incités à répondre à leur principal besoin actuel pour la gestion de leur exploitation, notamment en explorant l'utilisation de capteurs connectés pour améliorer le suivi des variables physiques environnementales et pour mieux éclairer leur prise de décision. Ils étaient équipés des derniers outils technologiques open source à bas coût : capteurs, Arduino1, antennes LoRaWAN2, une imprimante 3D, etc. Ils avaient en outre accès à un système de stockage de données sur le cloud3, ainsi qu'à des outils d'analyse des données sur le cloud utilisant les logiciels Wolfram (Mathematica). De plus, le premier bootcamp visait aussi la création d'une base de connaissances libre et ouverte partagée sous licence Creative Commons afin de faciliter les expérimentations des agriculteurs.

L'atelier s'est déroulé sur deux jours et demi (24-26 novembre 2017). Le premier après-midi, les participants ont présenté divers projets et exemples pratiques traitant de l'IoT et du Big Data en agriculture. CongDuc Pham (Université de Pau, LIUPPA, France) a fourni un large éventail d'exemples concernant l'utilisation de la technologie de réseau étendu de faible puissance et à faible coût pour l'IoT dans les applications rurales (Pham et al. 2017), tiré du projet de recherche WaziUp H2020 (http://www.waziup.eu). Ensuite, chaque agriculteur a été associé à un groupe d'environ 10 étudiants pour formaliser son besoin actuel auquel pourraient répondre des capteurs connectés. Les quatre projets qui ont été identifiés seront présentés au point suivant (partie "Résultats"). Le deuxième jour, chaque groupe a exploré les besoins de l'agriculteur avec une méthode de réflexion conceptuelle. Ensuite, les groupes se sont concentrés sur l'apprentissage et le développement d'un prototype en exploitant les ressources en ligne, la conception 3D et l'électronique, avec le soutien de l'équipe d'experts. Le dernier jour, chaque groupe a présenté ses résultats et une première version du capteur connecté. L'atelier s'est terminé par une table ronde d'agriculteurs et de l'équipe organisatrice sur la planification des étapes et des ateliers à venir.

Le schéma suivant illustre l'architecture technique générale des projets, depuis l'acquisition de données physiques par des capteurs jusqu'au système d'aide à la décision :

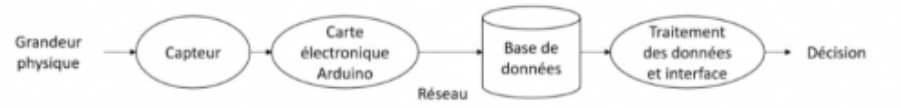


Figure 1 : architecture technique générale des projets

Certains éléments de cette architecture commune peuvent évoluer en fonction des besoins de chaque projet. En effet, les variables physiques peuvent être une température, le CO2, l'humidité, une distance, etc. Les capteurs sont directement connectés à une carte électronique programmable (Arduino) qui acquiert des données et les envoie à une base de données en réseau câblé ou sans fil (LoRaWAN). La base de données et les processus d'exploration de données peuvent être installés localement ou dans le cloud.

Résultats

Quatre projets open source de capteurs connectés ont été réalisés par et pour les agriculteurs. Les solutions développées ont été prototypées et testées en environnement simulé. Les projets4 sont présentés dans la suite de ce chapitre.

Projet « iPatate »

Tableau 1. Présentation du projet « iPatate » du bootcamp de novembre 2017

Projet « iPatate »		
Objectif		Suivi à distance de la qualité des pommes de terre stockées dans un bâtiment.
Cahier des charges	Quantités physiques en entrée	Température, CO_2, humidité et phytohormones (Suttle 2004).
	Sorties	Intervention de l'operateur.
Résultats	Réalisé	Implémentation des capteurs d'humidité, de température, de CO_2. Acquisition des données toutes les 5 minutes, moyennées ensuite sur 30 minutes. Affichage des données issues des capteurs sur 24 heures.
	En cours de réalisation	Nécessité d'un relais pour communiquer les données vers l'extérieur (bâtiment isolé). Analyses de données pour envoyer des alertes en fonctions de seuils prédéfinis.

Projet « SiloTeam »

Tableau 2. Présentation du projet « SiloTeam » du bootcamp de novembre 2017

Projet « SiloTeam »		
Objectif		Suivi à distance du stock restant d'aliments à base de volaille dans des silos (18 à 35 m^3).
Cahier des charges	Quantités physiques en entrée	Hauteur de la nourriture restant dans le silo.
	Sorties	Volume et tonnage exact de nourriture restant dans les silos.
Résultats	Réalisé	Définition des capteurs nécessaires, compatibles avec les exigences et les contraintes de chaque silo. Définition du placement de deux capteurs de distance utilisant la technologie laser : l'un au centre du silo et l'autre à son bord. Algorithme calculant le taux de remplissage du silo. Affichage comparatif du remplissage de chaque silo de la ferme (voir la figure 2).
	En cours de réalisation	Implémentation des capteurs.

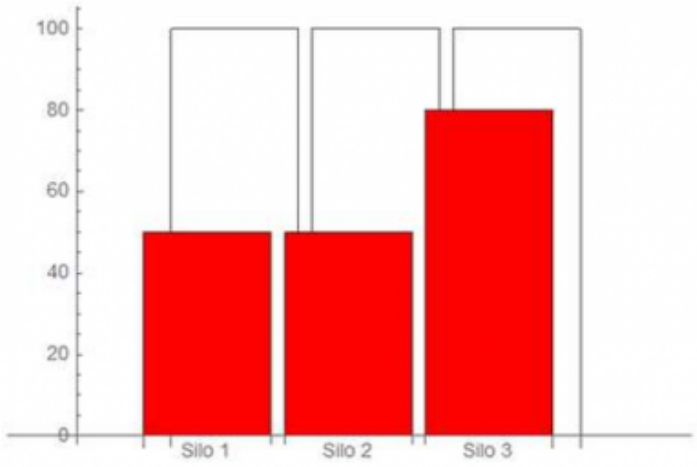


Figure 2 : affichage comparatif du remplissage des silos (Projet « SiloTeam »)

Projet « VegData »

Tableau 3. Présentation du projet «VegData » du bootcamp de novembre 2017

Projet « VegData »		
Objectif		Prévention de la pourriture dans les salades en agriculture biologique, liée soit à un parasite (champignon botrytis), soit à l'humidité, soit les deux.
Cahier des charges	Quantités physiques en entrée	Température de l'air et du sol et humidité de l'air et du sol à trois endroits différents (voir figure 3).
	Sorties	Conduite de l'irrigation : avertir l'agriculteur lorsque l'humidité atteint un seuil nécessitant une irrigation.
Résultats	Réalisé	Implémentation et protection des capteurs. 3 capteurs de température et d'humidité (atmosphère et sol). Affichage des données sous forme de tableau (voir tableau 3).
	En cours de réalisation	Algorithme prédictif prenant en compte les données de gestion de l'irrigation et celles récupérées par les capteurs pour réaliser un bilan hydrique et prédire l'apparition de la maladie. Alimentation d'une base de données via le réseau sans fil LoRaWAN.

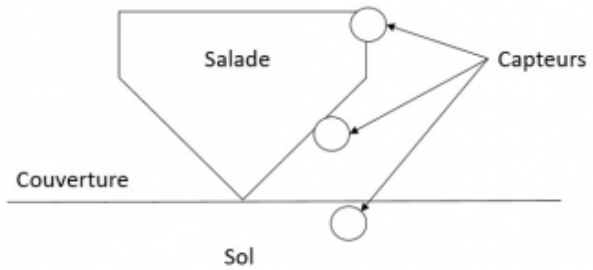


Figure 3 : emplacement des capteurs sur la salade et sous terre (projet « VegData »)

Tableau 4. Tableau d'affichage des données des capteurs (projet « VegData »)

Numéro de capteur, date, heure	Température	% humidité
#1 jj/mm/aaa, 00:00		
#1 jj/mm/aaa, 1:00		
#1 jj/mm/aaa, 2:00		
...		
#1 jj/mm/aaa, 23:00		
Moyenne		

Projet « Decisio »

Tableau 5. Présentation du projet «Decisio » du bootcamp de novembre 2017

Projet « Decisio »		
Objectif		Surveillance de l'humidité du sol pour remplir 2 objectifs : (1) une meilleure gestion des semis de lin et (2) une surveillance des cultures de pomme de terre en vue de leur récolte.
Cahier des charges	Quantités physiques en entrée	Humidité et température du sol, humidité et température de l'air, développement foliaire et précipitations (paramètres indirects pour déterminer par exemple la matière sèche de la pomme de terre).
	Sorties	Définition d'une chaîne de traitement des données du capteur à la décision (voir figure 4) : (1) concernant le lin, connaître la meilleure période pour le semis ; (2) concernant la pomme de terre, prévoir l'arrêt de la croissance de la végétation et donc la récolte.
Résultats	Réalisé	Solutions en réalité adaptables à de nombreuses cultures (lin, pomme de terre, blé, etc.). Implémentation des capteurs de température et d'humidité du sol, mesurés toutes les 15 minutes. Stockage des données dans une base de données dans le cloud. Calcul et affichage de la moyenne moyenne des variables physiques des dernières 24 heures. Affichage de l'ensemble des données sur smartphone ou ordinateur via Internet.
	En cours de réalisation	SMS d'alerte. Combinaison des données avec celles de stations météorologiques collectant les précipitations, la température et l'humidité de l'air, ainsi qu'avec des images satellites pour mesurer le développement foliaire. Développement à long terme, grâce aux données recueillies sur plusieurs années, d'un modèle prédictif pour avertir les agriculteurs du moment optimal de vérification de la teneur en matière sèche des pommes de terre.

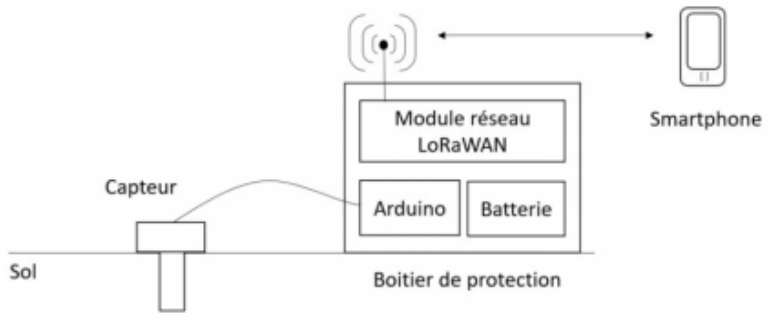


Figure 4 : du capteur à la décision (projet « Decisio »)

Conclusion et perspectives

Ce modèle novateur ouvert, centré sur les agriculteurs, a bénéficié de la participation d'étudiants et d'experts en agronomie et en technologies numériques. Les participants au bootcamp ont convenu qu'il est relativement facile de concevoir et de réaliser des solutions connectées

adaptées aux besoins des agriculteurs. Ce processus montre que les agriculteurs peuvent être impliqués dans l'agriculture numérique, et qu'ils peuvent même participer à une approche de résolution de problèmes pour élargir leurs compétences. De plus, mettre les étudiants, dans le cadre de cette approche, en formation grâce à un apprentissage par projet, leur permet d'avoir davantage confiance en leurs capacités à acquérir de nouvelles connaissances et à réaliser de nouvelles solutions.

Le numérique révolutionne les pratiques agricoles et les processus d'innovation associés. Nous pensons que l'une des clés du succès d'une telle révolution est la maîtrise des innovations technologiques par tous les acteurs et parties prenantes du secteur agricole. L'IoT open source est un moyen d'y parvenir. En effet, grâce à notre approche, les agriculteurs ont conçu des prototypes personnalisés et à faible coût. En outre, les participants ont souligné l'intérêt d'utiliser l'IoT open source pour favoriser les aspects collaboratifs. En conclusion, nous pouvons résumer les apports et les futures opportunités liés au bootcamp selon trois axes :
(1) Un axe agronomique : des capteurs à faible coût devraient permettre aux agriculteurs de mieux surveiller l'environnement, facilitant une compréhension plus fine des phénomènes agronomiques ainsi que la mise en œuvre d'une agriculture de précision. Enfin, les agriculteurs ont été aidés à cibler leurs besoins afin de clarifier leurs attentes vis-à-vis des nouveaux fournisseurs et conseillers en technologies numériques.
(**2) Un axe économique :** la numérisation apporte de la valeur ajoutée (meilleurs rendements tout en économisant les intrants, par exemple). Cette approche de l'innovation conduit à un large éventail de nouveaux modèles économiques, parmi lesquels la création d'une start-up ne constitue qu'une des nombreuses possibilités permettant aux acteurs impliqués de créer une nouvelle activité. Par exemple, les prototypes basés directement sur les besoins des agriculteurs peuvent être adoptés par des industries déjà établies en vue d'améliorer leurs propres solutions. La mise en œuvre de la plateforme AgriLab® peut jouer un rôle dans l'adoption et la diffusion des nouvelles technologies par les agriculteurs.
(3) Un axe technologique : les indicateurs proposés sont toujours des données descriptives. Il sera nécessaire de développer des modèles prédictifs, ce qui nécessitera de plus grands ensembles de données collectées sur plusieurs années.

Les défis à venir consistent à créer un prototype de réseau LoRaWAN,

puis à déployer un système de gestion de bases de données sur le cloud, en regroupant ensuite les quatre projets de capteurs dans des clusters de serveurs. La perspective à moyen terme serait d'utiliser la plateforme AgriLab® pour réitérer des ateliers pratiques afin d'explorer le rôle des capteurs et de l'IoT dans les différentes composantes des systèmes agricoles, de la gestion des cultures à la gestion dynamique des machines agricoles.

Remerciements

Les auteurs souhaitent remercier Bernard De Franssu - cogestionnaire d'AgriLab® et directeur développement durable à UniLaSalle, les collègues enseignant-chercheur UniLaSalle : Narges Bahi-Jaber, Nathalie Schnuriger et Carolina Ugarte, ainsi que Pedro Fonseca (SUEZ) et Dorian Birraux (Wolfram inc.) pour leur contribution à la conception et à la réalisation du premier bootcamp. Merci enfin aux agriculteurs et aux étudiants qui ont participé au premier bootcamp Agrilab®.

Le bootcamp a été organisé en avant-première, animé et porté par Agrilab®, futur centre d'innovation ouverte et libre pour le monde agricole.

Ce travail a également été soutenu par la Chaire Agro-Machinisme et Nouvelles Technologies, portée par UniLaSalle avec le soutien financier de la Fondation d'Entreprise Michelin, d'AGCO Massey-Ferguson, du Conseil Régional des Hauts-de-France et du Fonds européen de développement régional (FEDER).

Bibliographie

American Farm Bureau Federation. 2016. « Highlights of the Farm Bureau Big Data Survey ». 2018. « Data Privacy ». American Farm Bureau Federation. https://www.fb.org/issues/technology/data-privacy/.

Aqeel-ur-Rehman, Abu Zafar Abbasi, Noman Islam, et Zubair Ahmed Shaikh. 2014. « A review of wireless sensors and networks' applications in agriculture ». *Computer Standards & Interfaces* 36 (2) : 263-70. https://doi.org/10.1016/j.csi.2011.03.004.

Bencini, L., S. Maddio, G. Collodi, D. Di Palma, G. Manes, et A. Manes.

2012. « Development of Wireless Sensor Networks for Agricultural Monitoring ». In *Smart Sensing Technology for Agriculture and Environmental Monitoring*, 157-86. Lecture Notes in Electrical Engineering. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-27638-5_9.

Chesbrough, Henry William. 2003. *Open Innovation*. Harvard Business Press.

Damave, Marie-Cécile. 2017. *Tous acteurs de la transition numérique agricole*. SAF agr'idées. https://www.agridees.com/download/publications/Note-Transition-numerique-agricole-aout-2017.pdf.

Douthwaite, Boru, et Elizabeth Hoffecker. 2017. « Towards a complexity-aware theory of change for participatory research programs working within agricultural innovation systems ». *Agricultural Systems* 155 (juillet) : 88-102. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.04.002.

Doye, Damona, Robert Jolly, Rob Hornbaker, Tim Cross, Robert P. King, William F. Lazarus, et Anthony Yeboah. 2000. « Case studies of farmers' use of information systems ». *Review of Agricultural Economics* 22 (2) : 566–585.

Isaac, Henri, et Marine Pouyat. 2015. « Les défis de l'agriculture connectée dans une société numérique ». Livre blanc. Renaissance Numérique. http://www.renaissancenumerique.org/publications/les-defis-de-l-agriculture-connectee-dans-une-societe-numerique.

Kritikos, Mihalis. 2017. « Precision agriculture in Europe. Legal, social and ethical considerations ». PE 603.207. European Parliamentary Research Service.

Lejeune, Violaine, François Brun, et Francis Villain. 2016. *L'accès aux données pour la Recherche et l'Innovation en Agriculture : position des Instituts Techniques Agricoles.* Paris : ACTA, Les Instituts Techniques Agricoles. http://www.acta.asso.fr/fr/actualites/communiques-de-presse/articles-et-communiques/detail/a/detail/livre-blanc-0591.html.

Pham, Congduc, Fabien Ferrero, Mamour Diop, Leonardo Lizzi, Ousmane Dieng, et Ousmane Thiaré. 2017. « Low-cost Antenna Technology for LPWAN IoT in Rural Applications ». In *Proceedings of the 7th IEEE International Workshop on Advances in Sensors and Interfaces (IWASI'17)*. Vieste (ITA). http://cpham.perso.univ-pau.fr/Paper/IWASI17.pdf.

Pignatti, Erika, Giacomo Carli, et Maurizio Canavari. 2015. « What really matters ? A qualitative analysis on the adoption of innovations in agriculture ». *Agrárinformatika/Journal of Agricultural Informatics* 6 (4) : 73–84.

Reichardt, M., C. Jürgens, U. Klöble, J. Hüter, et K. Moser. 2009. « Dissemination of Precision Farming in Germany : Acceptance, Adoption, Obstacles, Knowledge Transfer and Training Activities ». *Precision Agriculture* 10 (6) : 525. https://doi.org/10.1007/s11119-009-9112-6.

Séronie, Jean-Marie. 2016. *Vers un big bang agricole ? : Révolution numérique en agriculture*. Editions France Agricole. http://univ.scholarvox.com/catalog/book/docid/88838125?searchterm=Vers%20un%20big%20bang%20agricole%E2%80%AF.

Sonnen, Johannes. 2017. « Simple and Secure Data Exchange for Farmers ». http://www.dke-data.com/en/der-agrirouter-kommt/.

Spohr, Claire. 2017. « [AgTech] 40 start-up françaises qui font passer l'agriculture à l'heure du digital ». *FrenchWeb.fr* (blog). 1 mars 2017. https://www.frenchweb.fr/agtech-40-start-up-francaises-qui-font-passer-lagriculture-a-lheure-du-digital/281907.

Stratus Ag Research. 2016. « DYNAMICS OF DATA IN AGRICULTURE ». Stratus Ag Research. http://www.stratusresearch.com/solutions/dynamics-of-data-in-agriculture.

Suttle, J.C. 2004. « Physiological regulation of potato tuber dormancy ». *American Journal of Potato Research*, 81:253. https://doi.org/10.1007/BF02871767.

---

1 Microcontrôleur programmable permettant d'analyser et de produire des signaux électriques provenant de capteurs, de manière à effectuer des tâches très diverses

(pilotage de robots, communication de données, etc.)

2 Long Range Wide-area network ou réseau étendu à longue portée ; protocole de télécommunication permettant la communication à bas débit, par radio, d'objets à faible consommation électrique (Internet des objets)

3 Le « cloud computing » consiste à exploiter la puissance de calcul et/ou l'espace de stockage de serveur informatiques distants via un réseau (par exemple Internet)

4 Pour plus de détails, consulter le wiki du bootcamp :
http://agrilab.unilasalle.fr/projets/projects/open-iot-in-smartfarming/wiki