

# Digitalisation des exploitations agricoles – Déterminants et impacts de l’adoption des innovations numériques

## Digitalization of farms – Determinants and impacts of the adoption of digital innovations

Isabelle Piot-Lepetit<sup>1</sup>, Mauro Florez<sup>2</sup>, Karine Gauche<sup>3</sup>

<sup>1</sup> MoISA, Univ Montpellier, INRAE, Montpellier, France, isabelle.piot-lepetit@inrae.fr

<sup>2</sup> Montpellier Research in Management, Université de Montpellier, Montpellier, France, mauro.florez@umontpellier.fr

<sup>3</sup> MoISA, Univ Montpellier, Institut Agro Montpellier, France, karine.gauche@supagro.fr

**RÉSUMÉ.** Afin de mieux comprendre les déterminants et les impacts de l’adoption des technologies numériques dans le secteur agricole, cet article met en place une double revue de la littérature, pour explorer les cadres théoriques permettant d’appréhender l’adoption de nouvelles technologies et proposer un cadre d’analyse – le modèle Technological Adoption and Appropriation (T2A) – décrivant le processus d’adoption selon 3 étapes : (1) une phase de découverte, (2) une phase d’adoption et (3) une phase d’usage et d’appropriation. Ces étapes sont caractérisées par 4 déterminants : individuel, organisationnel, technologique et contextuel. Le processus d’adoption se déploie dans le temps, avec une mise en place qui peut être poursuivie ou stoppée à chacune des étapes considérées. La seconde revue de la littérature illustre l’importance des facteurs individuels et organisationnels à chaque étape du processus d’adoption en agriculture, conduisant à des trajectoires de digitalisation variées. Les facteurs individuels et technologiques influencent l’étape 1 (découverte), alors que les étapes 2 (adoption) et 3 (usage) sont aussi influencées par les facteurs organisationnels et contextuels.

**ABSTRACT.** In order to better understand the determinants and impacts of the adoption of digital technologies in the agricultural sector, this article features a double literature review. The first review is an exploration of the theoretical frameworks that would allow for the adoption of new technologies, and proposes an analysis framework – the Technological Adoption and Appropriation (T2A) model – describing the adoption process in 3 stages: (1) a discovery phase, (2) an adoption phase, and (3) a use and appropriation phase. These stages are characterized by 4 determinants: individual, organizational, technological, and contextual. The adoption process unfolds over time, and can be continued or stopped at any stage. The second literature review illustrates the importance of the individual and organizational factors at each stage of the adoption process in agriculture, leading to a variety of digitalization trajectories. Individual and technological factors influence stage 1 (discovery), while stages 2 (adoption) and 3 (use) are also impacted by organizational and contextual factors.

**MOTS-CLÉS.** Digitalisation, adoption, usage, appropriation, innovations technologiques, technologies numériques, agriculture, T2A model.

**KEYWORDS.** Digitization, adoption, use, appropriation, technological innovations, digital technologies, agriculture, T2A model.

## 1. Introduction

Le développement de la production agricole est porté par des innovations dont l’adoption a conduit à plusieurs révolutions agricoles. Aujourd’hui, la transition numérique des systèmes de production est promue par les pouvoirs politiques [MIN 19] et les organisations internationales [FAO 17] comme une alternative pour sortir du modèle conventionnel et développer une production plus respectueuse de l’environnement, plus résiliente aux aléas climatiques, moins dépendante des intrants chimiques et plus rémunératrice [BEL 21]. Afin de mieux comprendre les déterminants et les impacts de l’adoption des technologies numériques dans le secteur agricole, cet article met en place une double revue de la littérature.

La première revue de la littérature a pour objectif d'explorer les cadres théoriques permettant d'appréhender l'adoption de nouvelles technologies. Ne se limitant pas aux publications sur le secteur agricole, l'objectif est de résumer et structurer les différentes perspectives théoriques et de développer un cadre d'analyse permettant de caractériser les déterminants et impacts des innovations numériques. Le cadre proposé, appelé modèle Technological Adoption and Appropriation (T2A), identifie trois étapes dans ce processus d'adoption : (i) une phase de découverte de l'innovation, (ii) une phase d'adoption et (iii) une phase d'usage et d'appropriation. Ces étapes se développent de manière différenciée selon une combinaison de quatre déterminants reposant sur des facteurs individuels, organisationnels, technologiques et contextuels. Les principales variables utilisées dans la littérature pour caractériser ces déterminants sont présentées. Concernant les impacts, le cadre proposé met en évidence la dimension temporelle du processus d'adoption. Chaque étape s'inscrit dans le temps et peut être poursuivie ou stoppée en fonction de l'évolution des quatre déterminants du modèle T2A.

Ensuite, une deuxième revue de la littérature est proposée, identifiant des articles qui traitent de l'adoption des technologies numériques dans le secteur agricole et présentant les variables déjà étudiées pour décrire les déterminants du processus d'adoption. Les résultats obtenus mettent en évidence l'importance de la dimension individuelle et organisationnelle à chaque étape, quelle que soit l'innovation considérée. Plus précisément, les facteurs individuels et technologiques influencent l'étape 1 (phase de découverte), alors que les étapes 2 (phase d'adoption) et 3 (phase d'usage et appropriation) sont aussi impactées par les facteurs organisationnels et contextuels. Selon la situation initiale des exploitations agricoles, il apparaît que l'adoption des innovations numériques s'inscrit dans le temps en lien avec une transformation des structures productives et un ajustement au contexte dans lequel elles se mettent en place.

## 2. Exploration de la littérature sur les modèles d'adoption d'innovations technologiques

Différents modèles et théories ont été développés afin d'identifier et mieux comprendre les facteurs influençant le processus d'adoption de nouvelles technologies, tant au niveau individuel qu'au niveau des organisations [VEN 12]. Pour étudier l'adoption d'innovation au niveau individuel, il est possible d'utiliser la théorie des actions raisonnées (TRA) [FIS 75], la théorie du comportement planifié (TPB) [AJZ 85], le modèle d'acceptation technologique (TAM) [DAV 89], le modèle d'acceptation de la technologie (TAM2) [VEN 00] ou la théorie unifiée de l'acceptation et de l'utilisation de la technologie (UTAUT) [VEN 03]. Pour étudier l'adoption d'innovations dans les organisations, la littérature mobilise principalement la théorie de la diffusion des innovations (DOI) [ROG 95] et le cadre technologie-organisation-environnement (TOE) [TOR 90]. Malgré un grand nombre d'approches possibles, les théories et modèles d'adoption sont souvent issus du travail précurseur de [ROG 95], avec des facteurs explicatifs qui se recoupent [BAK 11]. Par exemple, le modèle TPB est une extension du modèle TRA, et le modèle TAM est considéré comme une adaptation du modèle TRA.

Dans le contexte de notre étude, nous avons plus particulièrement exploré la théorie DOI [ROG 95], le cadre TOE [TOR 90] et le modèle TAM [DAV 89]. En effet, le cadre TOE permet d'étudier l'adoption de l'innovation dans les organisations, alors que le modèle TAM permet de comprendre l'adoption de l'innovation par les individus. De plus, le modèle TAM, initialement développé pour prédire l'adoption d'une nouvelle technologie par son utilisateur, permet aussi de caractériser son acceptation et d'anticiper son utilisation réelle.

La **théorie de la Diffusion des Innovations** (DOI) [ROG 95] permet d'expliquer comment, pourquoi et à quelle vitesse de nouvelles idées et technologies se propagent tant au niveau des individus que des organisations. Cette théorie permet notamment de classer les utilisateurs d'innovations en cinq groupes distincts : innovateurs, adoptants précoces, première majorité

d'adoptants, majorité d'adoptants tardifs, retardataires. Concernant le processus d'adoption des innovations dans les organisations, l'étude du phénomène est beaucoup plus complexe. En effet, il concerne un groupe d'individus, comprenant tout à la fois des partisans et des opposants aux nouvelles idées, chacun jouant un rôle dans le processus décisionnel d'adoption des innovations. Ainsi, [ROG 95] identifie trois groupes d'éléments à considérer : (i) les caractéristiques individuelles ou du leader, (ii) les caractéristiques internes de la structure organisationnelle et (iii) les caractéristiques externes de l'organisation. Par ailleurs, [ROG 03] note qu'il existe cinq attributs perçus de l'innovation qui impactent sa diffusion et expliquent en moyenne 50% du taux d'adoption, avec des variations autour de cette moyenne qui sont dépendantes des secteurs étudiés. Ces attributs sont : (i) l'avantage relatif, (ii) la compatibilité avec les technologies existantes, (iii) la complexité de la technologie, (iv) la possibilité de faire des essais et (v) la possibilité d'observer la technologie.

Le cadre **Technology-Organisation-Environnement (TOE)** [TOR 90] est une approche qui capture trois aspects du contexte d'une entreprise influençant le processus d'adoption d'une innovation technologique : (i) le contexte technologique, (ii) le contexte organisationnel et (iii) le contexte environnemental. Le contexte technologique décrit les technologies internes et externes pertinentes pour une entreprise, c'est à dire les pratiques et équipements déjà intégrés à l'entreprise et l'ensemble des technologies disponibles sur le marché, mais non utilisées dans l'entreprise [OLI 11]. Les technologies existantes d'une entreprise sont importantes dans le processus d'adoption parce qu'elles limitent les possibilités de changement qu'une entreprise peut entreprendre [COL 88]. Le contexte organisationnel fait référence à la structure, aux ressources et au fonctionnement de l'entreprise. Le contexte environnemental se concentre sur le contexte dans lequel une entreprise exerce ses activités, tels que sa structure industrielle, la présence ou absence de fournisseurs de services et les interactions avec le gouvernement, mais aussi l'infrastructure de l'entreprise et la disponibilité de main-d'œuvre qualifiée en interne ou via des consultants et autres prestataires [BAK 11]. Les trois contextes influencent la façon dont une entreprise identifie son besoin, recherche de nouvelles technologies et décide ou non de les adopter. Le cadre TOE met l'accent sur les caractéristiques individuelles et les caractéristiques internes et externes de l'organisation en tant que moteurs de l'adoption de l'innovation, en conformité avec la théorie DOI. Toutefois, elle propose une nouvelle composante qui est l'environnement productif de l'entreprise et qui décrit les contraintes et opportunités quant au choix d'adopter ou non une innovation technologique. Comme noté par [HSU 06], le cadre TOE permet à la théorie DOI d'expliquer la diffusion de l'innovation intra-entreprise. Parmi les principales critiques du cadre TOE, on trouve son manque de robustesse et son besoin de s'ancrer dans des théories existantes, du fait de concepts définis sous forme de taxonomie et des variables pour les expliquer souvent dépendantes du contexte dans lequel le cadre est appliqué [DED 03]. Cela conduit le cadre TOE à expliquer, en général, moins de 50 % du taux d'adoption [GAN 14].

Le **Technology Acceptance Model (TAM)** [DAV 89] permet de comprendre les déterminants des processus d'adoption et d'acceptation de l'innovation technologique. Ainsi, le modèle TAM permet de capturer l'intention des individus quant à l'utilisation d'une nouvelle technologie [AUT 10] en s'intéressant à deux déterminants de l'adoption qui sont : (i) l'utilité perçue (PU), ou la probabilité subjective perçue par l'utilisateur potentiel que l'utilisation de l'innovation augmentera ses performances professionnelles dans le contexte de son organisation [DAV 89], et (ii) la facilité d'utilisation perçue (PEU), ou le degré d'effort perçu par l'utilisateur potentiel quant à la mise en place de l'innovation. [SCH 05] notent que PEU influence PU, car les technologies faciles à utiliser sont très souvent considérées comme plus utiles. Les deux déterminants du modèle TAM expliquent environ 40% de l'intention des individus à utiliser une technologie [AUT 10]. Le modèle TAM contient un nombre restreint de déterminants [WU 11] et offre donc une possibilité d'explications limitée [LEG 03]. [GAN 14] met en avant le besoin d'intégrer le modèle TAM avec d'autres approches de l'adoption d'innovations, en particulier celles qui incluent des variables liées aux

processus de changements individuels et collectifs, tel que le cadre TOE, afin d'améliorer son applicabilité.

### 3. Le Technological Adoption and Appropriation (T2A) model

Dans la littérature, les chercheurs ont préconisé l'intégration du modèle TAM et du cadre TOE, afin d'améliorer le pouvoir prédictif du modèle résultant et surmonter certaines limites des ces deux approches [GAN 14]. C'est l'exercice que nous avons réalisé, afin de développer un modèle nous permettant de comprendre et d'appréhender tant l'adoption que l'usage et l'appropriation d'innovations technologiques, au niveau des individus concernés mais aussi des organisations dans lesquelles ils déploient leurs activités.

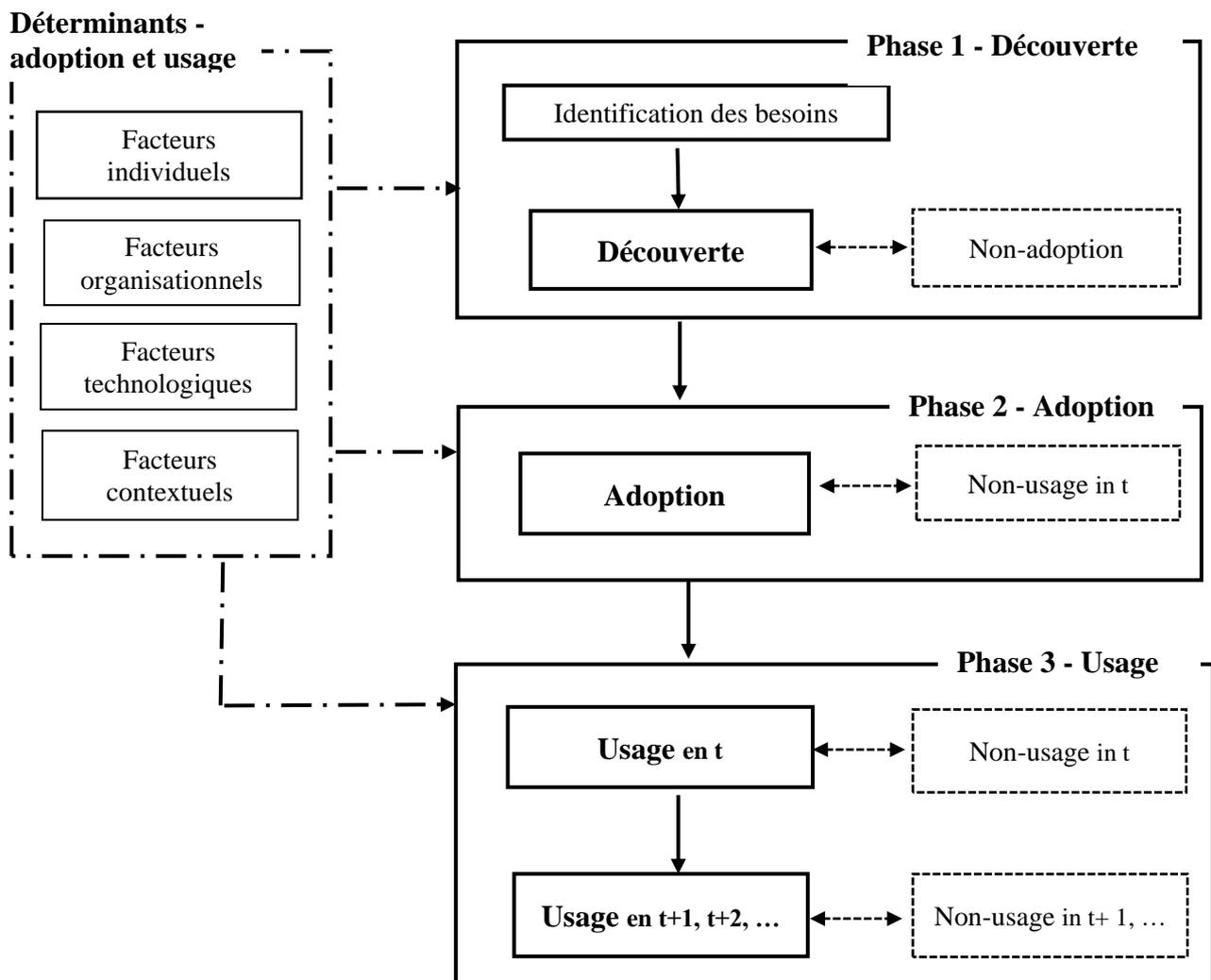
Le modèle que nous proposons est décrit dans la Figure 1. Il repose sur quatre grands déterminants de l'adoption et de l'usage des innovations technologiques : les facteurs individuels, organisationnels, technologiques et contextuels. Les facteurs contextuels décrivent le contexte ou environnement dans lequel une organisation déploie ses activités et capturent les effets des réglementations, de l'état de l'économie, de l'environnement productif, mais aussi des considérations relatives au fonctionnement des chaînes de valeur, des stratégies de la concurrence ou aux attentes en matière de responsabilité sociale des entreprises, d'investissements ESG (environnement, social et gouvernance) ou de développement durable.

Ensuite nous avons essayé de décrire les différentes étapes du processus d'adoption en nous référant à la littérature. La plupart des études considèrent trois étapes: la découverte, l'adoption et la mise en œuvre de l'innovation technologique. Ces trois phases sont influencées par les quatre groupes de facteurs de manière différenciée en fonction des structures, de l'historique, de la culture, de la stratégie et du secteur d'activité de l'entreprise. La première étape, ou **Phase de découverte**, consiste à définir les besoins de l'entreprise et des individus en matière d'innovation. Pour les utilisateurs potentiels, elle leur permet d'entrer en contact avec les technologies identifiées, par le biais d'essais, d'expérimentations, d'observations ou d'expertises. Pour l'organisation, elle implique de réfléchir à l'intégration de l'innovation dans l'infrastructure existante et d'anticiper les changements à mettre en place. L'étape de découverte est limitée par les technologies disponibles et peut évoluer au fil du temps lorsque de nouveaux outils ou solutions deviennent disponibles. Cette phase permet, tout à la fois, de faire connaissance avec les possibilités existantes et aussi d'évaluer l'adéquation de l'innovation aux besoins de l'entreprise. Si aucune innovation ne convient alors il y a non-adoption, et le processus de recherche/découverte est à renouveler ultérieurement lorsque de nouvelles innovations seront disponibles ou lorsque certains déterminants de l'adoption et de l'usage auront évolués pour permettre l'intégration de l'innovation technologique dans la structure de l'entreprise et son organisation. Cette phase s'inscrit donc dans le temps.

La deuxième étape, ou **Phase d'adoption**, est possible lorsque la décision d'adopter a été prise. Cette décision peut être datée et marque un moment précis de la vie des entreprises. Ensuite, des efforts sont déployés pour intégrer la technologie en vue de pouvoir l'utiliser. Cette phase s'inscrit aussi dans le temps avec des dates précises de déploiement, de formation, de démonstration... Si les efforts d'intégration ne sont pas suffisants ou adaptés à l'entreprise alors l'innovation technologique peut ne pas dépasser le stage de l'adoption, c.à.d. qu'elle n'est pas utilisée dans les activités de l'entreprise, même si elle est présente et disponible. L'entrée de la technologie dans une entreprise implique le plus souvent un changement dans le fonctionnement de celle-ci qui peut prendre du temps à mettre en place.

Lorsque la technologie est adoptée et en place, la troisième étape, ou **Phase d'usage**, renvoie à son utilisation continue dans le temps, c.à.d. l'utilisation de l'innovation à une période donnée ( $t$ ) et la maturation de la technologie au sein de l'entreprise au cours du temps (en  $t+1$  et au-delà) [CRU 19]. Cette étape est influencée par les besoins des individus et de l'entreprise selon les quatre

déterminants de l'adoption et de l'usage identifiés. Une fois la technologie adoptée et utilisée, la phase suivante est l'**appropriation**, c.a.d. l'utilisation de l'innovation technologique dans les pratiques et routines des individus et des organisations, et aussi parfois son adaptation ou utilisation pour des fins non prévues par les concepteurs mais développées par les utilisateurs lorsqu'il deviennent de plus en plus familiers avec la technologie. Cette phase fait partie de la phase d'usage et inscrit l'utilisation de l'innovation dans le temps.



**Figure 1.** Le modèle T2A (*Technological Adoption-Appropriation*)

#### 4. Les déterminants de l'adoption et de l'usage des innovations technologiques

Si le modèle T2A donne un aperçu du processus d'adoption, d'utilisation et d'appropriation des innovations technologiques, il montre également que les différentes étapes peuvent être expliquées par quatre groupes de déterminants identifiés lors de notre revue de la littérature. La question est maintenant de savoir quelles variables peuvent être utilisées pour décrire chaque facteur. Dans cette section, nous allons décrire les variables les plus souvent mobilisées dans la littérature.

##### 4.1. Facteurs individuels

Concernant les facteurs individuels, les variables utilisées sont : l'utilité perçue, la facilité d'utilisation perçue, l'âge de l'utilisateur, son éducation, sa capacité d'innovation, son expérience antérieure, le risque perçue et l'observabilité de la technologie.

- **L'utilité perçue** est définie comme le degré de croyance que les utilisateurs potentiels ont de l'amélioration de leurs conditions de travail et/ou de leur productivité pouvant être générée par l'innovation technologique [DAV 89].
- **La facilité d'utilisation perçue** est définie comme le degré de croyance que les utilisateurs ont d'une utilisation « sans effort » de l'innovation technologique. La facilité d'utilisation est un soutien important à l'adoption, car elle influence l'attitude envers la nouvelle technologie et contribue à son utilisation [ZHU 03]. A l'inverse, la difficulté d'utilisation d'une technologie inhibe la décision d'adoption [ROG 03].
- **L'âge de l'utilisateur**. En matière de technologie, les adoptants précoces sont souvent jeunes [ZHU 03]. L'âge de l'utilisateur a un impact direct sur l'utilité perçue et la performance lors de l'utilisation de la nouvelle technologie [CHA 07].
- **L'éducation de l'adoptant** influence sa capacité d'innovation personnelle, ses systèmes de croyances/valeurs, sa prise de risque, ses préférences cognitives et sa réceptivité face à une innovation. Un faible niveau d'éducation est souvent lié à une aversion au risque et au changement, tandis que des niveaux d'éducation plus élevés fournissent les compétences nécessaires pour expérimenter de nouvelles technologies [MCB 03].
- **La capacité d'innovation**. La propension des utilisateurs potentiels à rechercher et essayer des nouveautés, en particulier leur attitude envers les nouvelles technologies qui ne sont pas encore complètement explorées, peut influencer l'adoption [THO 99].
- **L'expérience informatique antérieure** a été soulignée comme un facteur important d'acceptation des nouvelles technologies [ZMU 79]. Une expérience favorable avec des technologies nouvelles influence l'adoption de technologies similaires ou connexes. En effet, les personnes ayant une expérience préalable des nouvelles technologies sont plus habiles et peuvent simplifier les complexités, ce qui augmente leur utilité perçue.
- **Le risque perçu**. L'incertitude quant à la qualité des nouvelles innovations technologiques crée de l'anxiété et fait obstacle à la décision d'adoption [OZA 01]. Ce risque peut être approché par la perte sociale ou économique attendue suite à l'adoption de l'innovation. Des risques faibles ont un impact positif sur l'intention d'adoption des utilisateurs potentiels.
- **L'observabilité** caractérise la possibilité d'observer le fonctionnement et les résultats de l'utilisation de l'innovation technologique. Elle favorise l'adoption de l'innovation. Si l'innovation est facilement observable, sa diffusion est plus rapide. Cependant, l'impact potentiel de certaines innovations doit être démontré, quelle que soit leur visibilité. Toutefois, la visibilité encourage la discussion entre pairs, ce qui contribue à atteindre un meilleur taux d'adoption [ROG 03].

## **4.2. Facteurs organisationnels**

Les variables les plus souvent utilisées sont : le périmètre d'activité et la taille de l'entreprise.

- **Le périmètre de l'activité**. Plus l'activité est diversifiée, plus une entreprise est susceptible d'adopter une innovation technologique [ZHU 03], surtout lorsque l'on considère que la digitalisation des opérations peut permettre une réduction des coûts de coordination interne et de complexités administratives, améliorant ainsi le traitement de l'information.
- **La taille de l'entreprise**. L'adoption des innovations technologiques est plus lente dans les entreprises de petites et moyennes taille, que dans les grandes [OEC 00], et cela en raison d'une plus grande résistance au changement, d'un manque de compétences et d'expertise concernant la nouvelle technologie, de problèmes de sécurité, d'incertitude quant aux avantages réels de la technologie et d'un manque d'avantage en termes d'économie d'échelle [ZHU 03].

### 4.3. Facteurs technologiques

Les variables que nous avons trouvées sont : le coût de l'innovation, l'adaptabilité, la compatibilité et la confiance.

- **Le coût de l'innovation.** L'adoption est plus élevée lorsque des subventions sont accordées pour l'achat d'innovations technologiques [ROS 16].
- **L'adaptabilité.** Si les innovations technologiques s'intègrent facilement dans les routines de l'utilisateur potentiel et dans l'infrastructure d'une organisation, leur adoption est facilitée. L'habitude est un facteur important affectant l'utilisation et peut freiner ou entraver l'adoption de nouvelles idées, en particulier de nouvelles technologies [ROS 16]. Ce n'est pas que l'utilisateur potentiel ne peut pas apprendre à faire les choses d'une nouvelle manière, mais il peut avoir une aversion à essayer de nouvelles choses, au moins au début.
- **La compatibilité** caractérise le degré avec lequel une innovation est perçue comme étant cohérente avec les valeurs existantes, les expériences passées et les besoins des adoptants et des utilisateurs potentiels [ROG 03]. Plus la nouvelle technologie est compatible avec les procédés et pratiques de travail existants, plus elle est pertinente pour l'individu et l'organisation [COM 07].
- **La confiance** dans la nouvelle technologie ou ses fournisseurs impacte grandement l'utilisation ou non d'une innovation technologique dans la pratique [ROS 16].

### 4.4. Facteurs contextuels

Sur la base de notre revue de littérature, nous avons identifié les variables suivantes : possibilité de faire des essais, adoption volontaire, interactions sociales et disponibilité des ressources

- **La possibilité de faire des essais.** Lorsque les individus ont la possibilité d'essayer l'innovation avant de l'adopter et ainsi de la découvrir, le processus d'adoption est favorisé [ROG 03]. Cela permet de développer une sorte d'expérience avec la nouvelle technologie.
- **L'adoption volontaire.** Les innovations introduites sur une base volontaire ont tendance à recevoir plus d'acceptation que celles qui surviennent suite à une demande réglementaire [AUB 01]. Les adoptions d'innovations obligatoires ont tendance à accroître la résistance à l'adoption. Ici, il est important de ne pas évaluer l'adoption volontaire réelle, mais la perception d'une adoption volontaire, puisque c'est cette dernière qui influence le comportement d'adoption [MOO 91].
- **L'interaction sociale et l'échange d'informations** peuvent jouer un rôle essentiel dans la promotion d'une innovation et la motivation des individus à l'adopter. Être membre d'un groupe (coopératives, réseaux...) ou d'un système social (famille, village...) crée un sentiment d'appartenance et faire partie de certaines activités (salons professionnels, réseaux sociaux...) devient une norme [OZA 01].
- **La disponibilité des ressources.** Les petites entreprises ont plus de mal générer des économies d'échelle ou de diversification, conduisant à une moindre disponibilité de ressources financières, ce qui peut limiter ou retarder la possibilité d'investir dans de nouvelles technologies [THO 99].

## 5. Adoption et usage du numérique dans le secteur agricole

Afin de mieux comprendre l'adoption et l'usage du numérique dans le secteur agricole, nous avons conduit une seconde revue de la littérature [PAR 15] visant à identifier les facteurs influençant le processus d'adoption pour chacune des étapes du modèle T2A (voir Figure 1). Les articles sélectionnés ici sont des études empiriques, réalisées dans les pays développés, qui étudient l'adoption de technologies numériques en agriculture. Nous avons restreint notre recherche aux pays développés pour deux raisons. Tout d'abord, ils sont moins étudiés que les pays en développement et le besoin d'approfondir la compréhension du processus d'adoption pour ces pays a été mis en

avant tant par les scientifiques [DAN 12] que par les organisations internationales [FAO 17]. Ensuite, les technologies numériques mises en place dans les pays développés et en développement sont, en général, très différentes et il est préférable d'étudier ces deux catégories de pays séparément [TRE 19]. Après la mise en place d'un processus de sélection suivant les recommandations de [PAR 16], nous avons identifiés 22 articles, que nous allons maintenant décrire<sup>1</sup>.

### 5.1. Brève présentation des articles identifiés

Les approches et modèles théoriques suivis pour étudier le processus d'adoption sont :

- Le Technology Acceptance Model (TAM) : [ADR 05] [HAY 14],
- La théorie de la Diffusion of Innovation (DOI) : [KUT 11] [HAY 14] [KER 04] [VER 15] [WAR 02], DOI avec la théorie du capital social et du capital humain [HAN 15], DOI avec la théorie comportementale de l'entreprise et la théorie du comportement planifié (TPB) [TAR 10], DOI avec le modèle de maximisation de l'utilité [WAL 16],
- TAM et DOI : [AUB 12],
- La Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) [ROS 16],
- Le modèle d'utilité aléatoire [LAR 08],
- La maximisation de l'utilité [WAL 08], et
- L'utilité attendue [WAT 14].

La majorité des articles (20) étudient uniquement les agriculteurs. Seuls deux articles étendent leur analyse : aux agriculteurs et à leurs conseillers [ROS 16] et aux agriculteurs, commerçants et entreprises [VER 15].

Les articles étudient des exploitations agricoles produisant des céréales et oléagineux pour 13 d'entre eux [ADR 05] [AUB 12] [DAN 12] [ISG 08] [JOC 07] [KUT 11] [LAR 08] [PAU 16] [TAR 10] [VER 15] [WAL 08] [WAL 10] [WAT 14], des exploitations laitières et d'élevage [EDW 15] [HAN 15] [HAY 14] [JAG 13] [KER 04], des exploitations mixtes (céréales et animaux) [LÄP 15] [ROL 03] [ROS 16] [WAR 02], et des exploitations horticoles [TAR 10] [VER 15].

Concernant les pays étudiés, huit articles présentent des résultats de recherche sur l'Amérique du nord, avec sept articles sur les États-Unis [ADR 05] [DAN 12] [ISG 08] [LAR 08] [WAL 08] [WAL 10] [WAT 14] et un article sur le Canada [AUB 12]. Pour la région Australasie, quatre articles s'intéressent à l'Australie [HAY 14] [JOC 07], [KER 04] [ROL 03], un article à la Nouvelle Zélande [EDW 15] et un article aux deux pays [JAG 13]. En ce qui concerne l'Europe, les articles étudient la Norvège [HAN 15], l'Irlande [LÄP 15], l'Allemagne [PAU 16], le Royaume-Uni [ROS 16] [WAR 02], la Belgique [TAR 10] et les Pays-Bas [VER 15], alors l'article de [KUT 11] s'intéressent à plusieurs pays : Allemagne, Danemark, Grèce et République Tchèque.

Les technologies numériques étudiées sont l'agriculture de précision pour onze articles [ADR 05] [AUB 12] [DAN 12] [ISG 08] [JOC 07] [KUT 11] [LAR 08] [PAU 16] [WAL 08] [WAL 10] [WAT 14], l'élevage de précision [EDW 15] [HAN 15] [HAY 14] [JAG 13], les logiciels proposés aux agriculteurs [KER 04], [ROS 16] [VER 15] et enfin les services numériques, tel que l'accès à Internet et les équipements informatiques [LÄP 15] [ROL 03] [TAR 10] [WAR 02].

---

<sup>1</sup> Équation de recherche utilisée pour identifier les articles : 'Information Technology' \* OR IT\* OR \* OR "Information Technology Communication" \*) AND (Adoption OR Acceptation) AND (Barriers OR Determinants OR Factors) AND (Agriculture OR Farms).

## 5.2. Facteurs influençant la phase de découverte (étape 1) des technologies numériques en agriculture

Parmi les articles qui étudient la phase 1 du processus d'adoption du modèle T2A (voir Figure 1), les facteurs identifiés sont uniquement de type individuel et technologique.

Concernant les **facteurs individuels**, les auteurs montrent que l'éducation (niveau et type) [AUB 12] [DAN 12] [EDW 15] [KUT 11] [LÄP 15] [PAU 16] [ROL 03] [ROS 16] [TAR 10] [VER 15] [WAL 08] [WAL 10] [WAR 02], la facilité d'utilisation perçue [ADR 05] [AUB 12] [HAN 15] [JOC 07] [ROS 16] [VER 15], le bénéfice perçu [ADR 05] [AUB 12] [DAN 12] [JAG 13] [KUT 11] [VER 15] [WAT 14] et la confiance accordée par l'agriculteur [AUB 12] [WAR 02] influencent l'utilité perçue (PU) de l'innovation technologique et encouragent à son adoption. Les facteurs individuels identifiés impactant la facilité d'utilisation perçue (PEU) sont, quant à eux, l'expérience antérieure avec les technologies numériques [AUB 12] [DAN 12] [EDW 15] [ISG 08] [HAY 14] [ISG 08] [KER 04] [LAR 08] [PAU 16] [WAR 02] [WAT 14], la qualité de l'assistance perçue [AUB 12] et la confiance accordée par l'agriculteur [AUB 12] [WAR 02].

Parmi les **facteurs technologiques** identifiés qui influence l'utilité perçue (PU), nous avons uniquement l'information fournie [AUB 12] [JAG 13] [JOC 07] [ROS 16], alors que la compatibilité de la technologie avec les infrastructures existantes [AUB 12] [HAN 15] [JAG 13] [KER 04] [KUT 11] [LÄP 15] [LAR 08] [VER 15] [WAR 02] et l'information fournie [AUB 12] [JAG 13] [JOC 07] [ROS 16] impactent la facilité d'utilisation perçue (PEU).

Les résultats obtenus confirment le cadre d'analyse proposé par le modèle T2A, en ce qui concerne la phase de découverte de l'innovation, précédant l'adoption ou non de cette dernière, qui met en relation les besoins des individus et les technologies. Le besoin d'accéder à de l'information, mais aussi de percevoir l'utilité et le bénéfice de la technologie, sont des éléments qui inscrivent l'étape de découverte dans un processus de réflexion avec une temporalité qui peut être plus ou moins longue selon le niveau de formation et les expériences préalables des individus concernés.

## 5.3. Facteurs influençant la phase d'adoption (étape 2) des technologies numériques en agriculture

Comme l'ensemble des articles de notre revue de littérature s'intéresse à la phase 2 du processus d'adoption du modèle T2A, les déterminants favorisant ou non l'adoption sont nombreux et s'inscrivent dans les quatre groupes de facteurs : individuel, organisationnel, contextuel et technologique.

Les **facteurs individuels** peuvent être organisés en deux sous-groupes : les déterminants socio-démographiques qui caractérisent les agriculteurs et les facteurs plus personnels, liés à la perception des caractéristiques de l'innovation technologique. Concernant le premier sous-groupe sur les **caractéristiques socio-démographiques** des agriculteurs, les différents articles montrent que l'âge [AUB 12] [DAN 12] [EDW 15] [ISG 08] [KUT 11] [LÄP 15] [PAU 16] [ROS 16] [TAR 10] [WAL 08] [WAL 10] [WAR 02] [WAT 14], l'éducation (niveau et type) [AUB 12] [DAN 12] [EDW 15] [KUT 11] [LÄP 15] [PAU 16] [ROL 03] [ROS 16] [TAR 10] [VER 15] [WAL 08] [WAL 10] [WAR 02], le niveau de connaissance des technologies numériques [PAU 16], une expérience antérieure avec des technologies numériques [AUB 12] [DAN 12] [EDW 15] [ISG 08] [HAY 14] [ISG 08] [KER 04] [LAR 08] [PAU 16] [WAR 02] [WAT 14], une activité hors exploitation [DAN 12] [ISG 08] [LÄP 15] [PAU 16] [ROL 03] [WAR 02], le rôle de l'exploitant sur l'exploitation [EDW 15], la taille de la famille de l'agriculteur [LÄP 15], son statut marital [LÄP 15], son genre [HAY 14] et les habitudes et routines de l'exploitant [ROS 16] [TAR 10] [WAT 14] ont un impact sur la décision d'adoption d'une innovation technologique. Le second sous-groupe de déterminants s'intéresse plus à la **perception de la technologie numérique** par

l'agriculteur. On trouve comme variables favorisant ou non le choix d'adopter : l'utilité perçue [AUB 12] [JAG 13] [KER 04] [ROL 03] [ROS 16] [VER 15] [WAT 14], la facilité d'utilisation perçue [ADR 05] [AUB 12] [HAN 15] [JOC 07] [ROS 16] [VER 15], le bénéfice perçu [ADR 05] [AUB 12] [DAN 12] [HAY 14] [KUT 11] [VER 15] [WAT 14], la perception d'être « moderne » [HAY 14], l'originalité perçue [VER 15], l'importance perçue de la technologie [DAN 12] [WAT 14], l'attitude de confiance de l'agriculteur par rapport à la technologie [AUB 12], l'attitude innovante de l'agriculteur [AUB 12] [TAR 10] et sa satisfaction [PAU 16].

Les **facteurs organisationnels** qui impactent l'adoption sont la taille de l'exploitation [ADR 05] [AUB 12] [DAN 12] [EDW 15] [HAN 15] [KUT 11] [LAR 08] [TAR 10] [WAL 08] [WAL 10] [WAR 02] [WAT 14], le type d'exploitation [EDW 15] [PAU 16] [ROL 03] [ROS 16], le niveau de revenu de l'exploitant [DAN 12] [LAR 08] [WAL 08] [WAL 10] [WAT 14], son niveau d'endettement [LÄP 15] [WAR 02], ses rendements [ISG 08] [WAL 08] [WAL 10] [WAT 14], l'emplacement de l'exploitation [ISG 08] [LAR 08] [WAL 08] [WAL 10] [WAT 14], la qualité des sols [ISG 08] [PAU 16], la présence d'animaux sur l'exploitation [WAL 08] [WAL 10] [WAT 14], la propriété de l'exploitation [WAL 10] [WAT 14], l'ancienneté de l'exploitation [EDW 15], le mode de prise de décision [VER 15], le style de communication [VER 15] et les spécificités technologiques recherchées dans l'innovation [VER 15].

Les **facteurs contextuels** peuvent être organisés en quatre sous-groupes : les réseaux sociaux, les ressources, la mise en conformité et la proximité. Parmi les déterminants relatifs aux **réseaux sociaux**, les auteurs ont identifiés : les relations avec des consultants [JAG 13] [JOC 07] [LAR 08] [PAU 16] [ROS 16] [WAT 14], les relations avec les fournisseurs de technologies numériques [HAN 15] [JAG 13] [LAR 08] [VER 15] [WAT 14], l'existence de structure de conseil [HAN 15] [JAG 13] [TAR 10] [WAT 14], les relations avec les pairs [KUT 11] [ROS 16] [TAR 10] [WAT 14], le fait d'être adhérent d'une coopérative ou d'un groupement de producteurs, [DAN 12] [HAN 15] [TAR 10], et les prestations de services réalisées [KUT 11]. Pour les **ressources**, l'accès au réseau internet [JOC 07] [ROS 16] [WAR 02] et aux aides financières [AUB 12] [LÄP 15] sont des facteurs qui influencent l'adoption d'innovations technologiques. La **mise en conformité** avec les réglementations ou pour répondre aux attentes du marché [AUB 12] [KUT 11] [ROS 16] joue un rôle prépondérant dans la décision d'adopter. Enfin, le fait d'être dans un contexte de **proximité** d'une zone urbaine [ISG 08] ou des technologies numériques [KUT 11] encouragent l'adoption d'innovations technologiques.

Les **facteurs technologiques** concernent la compatibilité de l'innovation avec les technologies déjà présentes sur l'exploitation [AUB 12] [HAN 15] [JAG 13] [KER 04] [KUT 11] [ROL 03] [ROS 16] [VER 15] [WAR 02], l'interopérabilité des technologies [JOC 07] [KUT 11] [WAR 02], leur performance [JAG 13], la possibilité de les tester avant l'adoption [AUB 12] [ROS 16] [VER 15], la possibilité d'observer l'innovation technologique [AUB 12], son coût [JOC 07] [KUT 11] [ROS 16] [WAR 02], la sécurité des données [KUT 11], l'ancienneté des technologies étudiées [DAN 12] [ROL 03], le changement impliqué par la mise en place de la nouvelle technologie [DAN 12], le degré d'information sur les mises à jour [KER 04], la possibilité d'évaluer les solutions proposées [VER 15] et les technologies déjà en place [EDW 15] [LAR 08] [WAL 10] [WAR 14].

Les résultats concernant les déterminants de la phase 2 dite d'adoption du modèle T2 sont très riches, avec une multiplicité de facteurs explicatifs. Ces facteurs se distinguent selon les contextes productifs dans lesquels se trouvent les exploitations étudiées. Ainsi, il apparaît que la phase d'adoption qui inscrit un choix technologique dans le temps est contingente. En permettant de mettre en exergue cette contingence, le modèle T2A permet la caractérisation de la diversité des trajectoires d'adoption d'innovations technologiques.

#### 5.4. Facteurs influençant la phase d'usage et d'appropriation (étape 3) des technologies numériques en agriculture

A la différence de la phase d'adoption, la phase d'usage et d'appropriation ou phase 3 du processus d'adoption du modèle T2A est encore peu étudiée. Les facteurs l'encourageant sont d'ordre individuel, organisationnel, contextuel et technologique.

Les **facteurs individuels** sont : l'âge de l'exploitant [AUB 12] [DAN 12] [EDW 15] [ISG 08] [KUT 11] [LÄP 15] [PAU 16] [ROS 16] [TAR 10] [WAL 08] [WAL 10] [WAR 02] [WAT 14], l'existence d'une activité hors exploitation [DAN 12] [ISG 08] [LÄP 15] [PAU 16] [ROL 03] [WAR 02], la présence d'un successeur pour reprendre l'exploitation [TAR 10] et les habitudes et routines de l'exploitant [ROS 16] [TAR 10] [WAR 14], mais aussi l'attitude de l'exploitant face aux innovations [AUB 12] [TAR 10] et face aux risques [TAR 10].

Les **facteurs organisationnels** comprennent : la taille de l'exploitation [ADR 05] [AUB 12] [DAN 12] [EDW 15] [HAN 15] [KUT 11] [LAR 08] [TAR 10] [WAL 08] [WAL 10] [WAR 02] [WAT 14] et son type [EDW 15] [PAU 16] [ROL 03] [ROS 16].

Les **facteurs contextuels** identifiés renvoient aux services de conseil disponibles [HAN 15] [JAG 13] [TAR 10] [WAT 14] et à l'appartenance à un groupement de producteurs ou à une coopérative [EDW 15] [HAN 15] [TAR 10].

Les **facteurs technologiques** concernent uniquement l'obsolescence ou non des technologies déjà présentes sur l'exploitation [DAN 12] [ROL 03].

Les résultats obtenus s'insèrent bien dans le cadre d'analyse du modèle T2A, malgré la rareté des articles qui s'intéressent à la phase 3 du processus d'adoption, qui est l'usage et l'appropriation d'une innovation technologique. Cette étape s'inscrit aussi dans une temporalité, et les facteurs qui émergent montrent le besoin d'avoir une vision à long terme des activités de l'exploitation, mais aussi un environnement qui soutient les agriculteurs pour faire face aux imprévus pouvant survenir lors de l'utilisation des technologies numériques au quotidien.

### Conclusion

Afin de mieux comprendre les déterminants et impacts de l'adoption des technologies numériques dans le secteur agricole, cet article a mis en place une double revue de la littérature. Une première revue de la littérature a exploré les cadres théoriques permettant d'appréhender l'adoption de nouvelles technologies et a permis de proposer un cadre d'analyse – le modèle Technological Adoption and Appropriation (T2A) – pour décrire le processus d'adoption d'innovations technologiques en 3 étapes : (1) une phase de découverte, (2) une phase d'adoption et (3) une phase d'usage et d'appropriation. Ces étapes se développent de manière différenciée selon une combinaison de 4 déterminants reposant sur des facteurs individuels, organisationnels, technologiques et contextuels. Concernant les impacts, le cadre proposé met en évidence la dimension temporelle du processus d'adoption. Chaque étape s'inscrit dans le temps et peut être poursuivie ou stoppée en fonction de l'évolution des 4 déterminants du modèle T2A.

Ensuite, une deuxième revue de la littérature a permis d'identifier les articles qui traitent de l'adoption des technologies numériques dans le secteur agricole et de caractériser les déterminants de chaque étape du processus d'adoption. Les résultats obtenus mettent en évidence l'importance de la dimension individuelle et organisationnelle à chaque étape du processus d'adoption en agriculture, résultat pouvant certainement découler du fait que les exploitations agricoles sont souvent des entreprises individuelles où individu et organisation ont des effets imbriqués. Par ailleurs, le travail réalisé montre que les facteurs individuels et technologiques influencent l'étape 1 (la phase de découverte), alors que les étapes 2 (la phase d'adoption) et 3 (la phase d'usage et

d'appropriation) sont aussi impactées par les facteurs organisationnels et contextuels. Ainsi, il apparaît que le processus d'adoption d'innovations technologiques se met en place dans le temps, une fois que la décision d'adopter a été prise par les exploitants, en lien avec une transformation des structures productives et un ajustement en fonction du contexte productif dans lequel l'innovation est adoptée, conduisant à des trajectoires de digitalisation des exploitations variées selon l'importance des 4 déterminants identifiés dans les choix réalisés. Par exemple, certaines exploitations adoptent des innovations technologiques pour se mettre en conformité avec les réglementations et évoluent ensuite vers des systèmes de gestion de l'exploitation plus perfectionnés. D'autres exploitations souhaitent répondre à un besoin technique, comme l'installation d'un système de gestion automatique de l'eau, et ensuite évoluent vers d'autres innovations répondant à d'autres besoins techniques spécifiques. Le besoin et les déterminants initiant l'adoption et l'usage d'innovations technologiques sont donc très divers, conduisant à une pluralité des processus d'adoption dans le secteur agricole.

L'une des limites de cette étude est que de nouveaux articles ont été régulièrement publiés sur le thème de l'agriculture numérique sur les deux dernières années. Cela invite à poursuivre l'analyse réalisée ici en actualisant la seconde revue de la littérature, notamment pour identifier les articles qui traitent des facteurs écologiques liés aux attentes sociétales en matière de durabilité des pratiques en agriculture. Par ailleurs, nous avons identifié des facteurs influençant le processus d'adoption de technologies numériques par les agriculteurs, or d'autres acteurs, tels que les startups ou les collectivités territoriales, peuvent aussi être impliqués dans le processus d'adoption, influençant les choix des agriculteurs. Leur prise en compte permettrait de porter un regard sur la digitalisation des exploitations qui intègre l'écosystème dans lequel elles déploient leurs activités.

## Bibliographie

- [ADR 05] ADRIAN A.-M., NORWOOD S.-H., MASK P.-L., « Producers' perceptions and attitudes toward precision agriculture technologies », *Computers and Electronics in Agriculture*, n°48(3), 2p.°56–271, 2005.
- [AJZ 85] Ajzen I., *From intentions to actions: A theory of planned behavior*, Springer, Berlin, 1985.
- [AUB 12] AUBERT B.-A., SCHROEDER A., GRIMAUDO J., « IT as enabler of sustainable farming: An empirical analysis of farmers' adoption decision of precision agriculture technology », *Decision Support Systems*, n°54(1), p.°510–520, 2012.
- [AUT 10] AUTRY C.-W., GRAWE S. J., DAUGHERTY P. J., & RICHEY R. G., « The effects of technological turbulence and breadth on supply chain technology acceptance and adoption », *Journal of Operations Management*, n°28(6), p.°522–536, 2010.
- [BAK 11] BAKER J., « The Technology-Organization-Environment Framework », dans Y. DWIVEDI, M. WADE, S. SCHNEBERGER (dir.), *Information Systems Theory: Exploring and Predicting our Digital Society*, Springer, New York, n°10, Integrated Series in Information Systems, p. 231-245, 2011.
- [BEL 21] BELLON-MAUREL V., PIOT-LEPETIT I., « Le numérique : levier de l'agriculture durable » dans J.-H. LORENZI. *La France est-elle toujours dans la course technologique ?*, Les Cahiers du Cercle des Economistes, <https://lecercledeconomistes.fr/cahier-france-course-technologique/>, p. 29-35, 2021..
- [COL 88] COLLINS P.-D., HAGE J., HULL F.M., « Organizational and technological predictors of change in automatic », *Academy of Management Journal*, n°31(3), pp. 512-543, 1988.
- [COM 07] COMPEAU D.-R., MEISTER D.-B., HIGGINS C.-A., « From prediction to explanation: Reconceptualizing and extending the perceiver characteristics of innovating », *Journal of the Association for Information Systems*, n°8(8) p. 409-439, 2007.
- [CRU 19] CRUZ-JESUS F., PINHEIRO A., OLIVEIRA T., « Understanding CRM adoption stages: empirical analysis building on the TOE framework », *Computers in Industry*, n°109, p.°1–13. 2019.
- [DAN 12] D'ANTONI J.-M., MISHRA A.-K., JOO H., « Farmers' perception of precision technology: The case of auto-steer adoption by cotton farmers », *Computers and Electronics in Agriculture*, n°87, p.°121–128, 2012.

- [DAV 89] DAVIS F., « Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology », *MIS Quarterly*, n°13(3), p.°319–340, 1989
- [DED 03] DEDRICK J., WEST J., « Why firms adopt open source platforms: A grounded theory of innovation and standards adoption ». *Proceedings of the Workshop on Standard Making: A Critical Research Frontier for Information Systems*, n°8–9(217), p.°236-257, 2003.
- [EDW 15] EDWARDS J.-P., RUE B.-T. DELA JAGO, J-G., « Evaluating rates of technology adoption and milking practices on New Zealand dairy farms », *Animal Production Science*, n°55, p.°702–709, 2015.
- [FAO 17] FAO, IFPRI, OECD., « Information and communication technology (ICT) in agriculture: A report to the G20 agricultural deputies », FAO, <http://www.fao.org/3/a-i7961e.pdf>, 2017
- [FIS 75] FISHBEIN M., AJZEN I., *Belief, Attitude, Intention and Behavior: An introduction to Theory and Research*, Addison-Wesley, Reading, MA, 1975.
- [GAN 14] GANGWAR H., DATE H., RAOOT A. D., « Review on IT adoption: insights from recent technologies », *Journal of Enterprise Information Management*, n°27(4), p.°488–502, 2014.
- [HAN 15] HANSEN B.-G., « Robotic milking-farmer experiences and adoption rate in Jæren, Norway », *Journal of Rural Studies*, n°41, p.°109–117, 2015.
- [HAY 14] HAY R., PEARCE P., « Technology adoption by rural women in Queensland, Australia: Women driving technology from the homestead for the paddock, *Journal of Rural Studies*, n°36, p.°318–327, 2014.
- [HSU 06] Hsu P.-F., Kraemer K.-L., Dunkle D. « Determinants of e-business use in US firms », *International Journal of Electronic Commerce*, n°10(4), p. 9-45, 2006.
- [ISG 08] ISGIN T., BILGIC A., FORSTER D.-L., BATTE M.-T., « Using count data models to determine the factors affecting farmers' quantity decisions of precision farming technology adoption », *Computers and Electronics in Agriculture*, n°62(2), p.°231–242, 2008.
- [JAG 13] JAGO J.-A., EASTWOOD C.-B., KERRISK K.-C., YULE I.-D., « Precision dairy farming in Australasia: adoption, risks and opportunities », *Animal Production Science*, n°53(5), p.°907–916, 2013.
- [JOC 07] JOCHINKE D.-C., NOONON B.-J., WACHSMANN N.-G., NORTON R.-M., « The adoption of precision agriculture in an Australian broadacre cropping system - Challenges and opportunities », *Field Crops Research*, n°104(1–3), p. 68–76, 2007.
- [KER 04] KERR D., « Factors influencing the development and adoption of knowledge-based decision support systems for small, owner-operated rural businesses », *Artificial Intelligence Review*, n°22(10), p.°127–147, 2004.
- [KUT 11] KUTTER T., TIEMANN S., SIEBERT R., FOUNTAS S., « The role of communication and co-operation in the adoption of precision farming », *Precision Agriculture*, n°12(1), p.°2–17, 2011.
- [LAP 05] LAPIERRE J., DENIER A., « ICT adoption and moderating effects of institutional factors on salesperson's communication effectiveness: A contingency study in high-tech industries », *Technovation*, n°25(8), p.°909–927, 2005.
- [LÄP 15] LÄPPLÉ D., RENWICK A., THORNE F., « Measuring and understanding the drivers of agricultural innovation: Evidence from Ireland », *Food Policy*, n°51, p.°1–8, 2015.
- [LAR 08] LARSON J.-A., ROBERTS R.-K., ENGLISH B.-C., LARKIN S.-L., MARRA M.-C., Martin S.-W., et al., « Factors affecting farmer adoption of remotely sensed imagery for precision management in cotton production », *Precision Agriculture*, n°9(4), p.°195–208, 2008.
- [LEG 03] LEGRIS P., INGHAM J., COLLERETTE P., « Why do people use information technology? A critical review of the technology acceptance model », *Information & Management*, n° 40(3), p.°191–204, 2003.
- [MCB 03] MCBRIDE W.-D., DABERKOW S.-G., « Information and the adoption of precision farming technologies », *Journal of Agribusiness*, n°21, p.°21-38, 2003.
- [MIN 19] Ministère de l'Agriculture de l'Agroalimentaire et de la Forêt, « La révolution numérique » ; Alim'Agri, <https://agriculture.gouv.fr/alimagri-la-revolution-numerique>, 2016.
- [MOO 91] MOORE G.-C., BENBASAT I., « Development of an instrument to measure the perceptions of adopting an Information technology innovation », *Information Systems Research*, n°2(3), p. 192-222, 1991.
- [OEC 00] OECD, *Local access pricing and e-commerce: An update on the statistics*, OCDE, Paris, 2000.

- [OLI 11] OLIVEIRA T., MARTINS M.-F., « Literature review of information technology adoption models at firm level », *Electronic Journal of Information Systems Evaluation*, n°14(1), p.°110–121, 2011.
- [PAR 15] PARÉ G., TRUDEL M.-C., JAANA M., KITSIOU S., « Synthesizing information systems knowledge: A typology of literature reviews », *Information and Management*, n°52(2), p.°183–199, 2015.
- [PAR 16] PARÉ G., TATE M., JOHNSTONE D., KITSIOU S., « Contextualizing the twin concepts of systematicity and transparency in information systems literature reviews », *European Journal of Information Systems*, n°25(6), p.°493–508, 2016.
- [PAU 16] PAUSTIAN M., THEUVSEN L., « Adoption of precision agriculture technologies by German crop farmers », *Precision Agriculture*, n°18(5), p.°701–716, 2016.
- [ROG 03] ROGERS E., *Diffusion of Innovation*, Free Press, New York, 2003.
- [ROG 95] ROGERS E., *Diffusion of Innovation*, Free press, New York, 1995.
- [ROL 03] ROLFE J., GREGOR S., MENZIES D., « Reasons why farmers in Australia adopt the Internet », *Electronic Commerce Research and Applications*, n°2(1), p.°27–41, 2003.
- [ROS 16] ROSE D.-C., SUTHERLAND W.-J., PARKER C., LOBLEY M., WINTER M., MORRIS C., et al., « Decision support tools for agriculture: Towards effective design and delivery », *Agricultural Systems*, n°149(9), p.°165–174, 2016.
- [SCH 05] SCHILLEWAERT N., AHEARNE M.-J., FRAMBACH R.-T., MOENAERT R.-K., « The adoption of information technology in the sales force », *Industrial Marketing Management*, n°34(4), p.°323–336, 2005.
- [TAR 10] TARAGOLA N.-M., VAN LIERDE D.-F., « Factors affecting the Internet behaviour of horticultural growers in Flanders, Belgium », *Computers and Electronics in Agriculture*, n°70(2), p.°369–379, 2010.
- [THO 99] THONG J.-Y.-L., « An integrated model of information systems adoption in small businesses », *Journal of Management Information Systems*, n°15(4), p. 187-214, 1999.
- [TOR 90] TORNATZKY L.-G., FLEISHER M., *The Process of Technological Innovation*, Lexington books, Lexington, MA, 1990.
- [TRE 19] TREDOV, N. M., VARAS, S., & ZENG, M., « Technologies numériques dans le secteur agricole et dans les zones rurales », FAO, <http://www.fao.org/3/ca4887fr/ca4887fr.pdf>, 2019.
- [VEN 00] VENKATESH V., DAVIS F.-D., « A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies », *Management Science*, n° 46(2), pp. 186-204, 2000.
- [VEN 03] VENKATESH V., MORRIS M.-G., DAVIS G.-B., DAVIS F.-D., « User acceptance of information technology: Toward a unified view », *MIS Quarterly*, n°27(3), p.°425–478, 2003.
- [VEN 12] VENKATESH V., BALA H., « Adoption and impacts of interorganizational business process standards: Role of partnering synergy », *Information Systems Research*, n°23(4), p.°1131–1157, 2012.
- [VER 15] VERDOUW C. N., ROBBEMOND R.-M., WOLFERT J., « ERP in agriculture: Lessons learned from the Dutch horticulture », *Computers and Electronics in Agriculture*, n°114, p.°125–133, 2015.
- [WAL 08] WALTON J.-C., LAMBERT D.-M., ROBERTS, R.-K., LARSON J.-A., ENGLISH B.-C., LARKIN S.-L., et al., « Adoption and abandonment of precision soil sampling in cotton production », *Journal of Agricultural and Resource Economics*, n°33(3), p.°428-448, 2008.
- [WAL 10] WALTON J.-C., ROBERTS R.-K., LAMBERT D.-M., LARSON J.-A., ENGLISH B.-C., LARKIN S.-L., et al., « Grid soil sampling adoption and abandonment in cotton production », *Precision Agriculture*, n°11(2), p.°135–147, 2010.
- [WAR 02] WARREN M., « Adoption of ICT in agricultural management in the United Kingdom: the intra-rural digital divide », *Agricultural Economics*, n°2002(1), p.°1–8, 2002. 48, 2002 (1): 1–8 1
- [WAT 14] WATCHARAANANTAPONG P., ROBERTS R.-K., LAMBERT D.-M., LARSON J.-A., VELANDIA M., ENGLISH B.-C., et al., « Timing of precision agriculture technology adoption in US cotton production », *Precision Agriculture*, n°15(4), p.°427–446, 2014.
- [WU 11] WU W.-W., « Developing an explorative model for SaaS adoption », *Expert Systems with Applications*, n°38(12), p.°15057–15064, 2011.
- [ZHU 03] ZHU K., KRAEMER K.-L., XU S., « Electronic business adoption by European firms: A cross-country assessment of the facilitators and inhibitors », *European Journal of Information Systems*, n°12, p.°251-268, 2003.

[ZMU 79] ZMUD R.-W. (1979), « Individual differences and MIS success: A review of the empirical literature », *Management Sciences*, n°25(10), p. 966-979.