

## **Exploration qualitative des contraintes de l'adoption des technologies de l'agriculture de précision par les agriculteurs marocains : point de vue des entreprises**

**Yatribi Taoufik**

tyatribi@enameknes.ac.ma

École Nationale d'Agriculture de Meknès, Département d'Économie Rurale  
B. P. S/40 - 50 000 Meknès – Maroc.

## Résumé

L'objectif de cet article est d'explorer les défis et les contraintes de l'adoption des technologies de l'agriculture de précision, en se plaçant du point de vue des entreprises opérant dans le secteur des nouvelles technologies agricoles. L'étude s'appuie sur une approche qualitative moyennant une analyse de contenu issue de huit entretiens semi-directifs. L'analyse des données textuelles a permis de ressortir six facteurs contraignants la diffusion des technologies de l'agriculture de précision, à savoir : l'âge et le niveau d'éducation des agriculteurs, la faible utilité perçue des nouvelles technologies, l'exiguïté des exploitations agricoles, la dépendance des appuis d'Etat, et la réglementation. Les résultats révèlent une réticence au changement chez les agriculteurs les plus âgés et analphabètes, contrairement aux plus jeunes qui semblent plus ouverts aux nouvelles technologies. L'étude met en évidence l'importance de l'utilité perçue des nouvelles technologies, et son rôle dans la décision d'adoption par les agriculteurs. Des recommandations et des pistes de recherche sont formulées.

**Mots-clés** : Digitalisation, nouvelles technologies, agriculture de précision, contraintes, adoption, Maroc.

## Qualitative exploration of the constraints of the adoption of precision farming by Moroccan farmers: companies' Viewpoint

### Abstract

The aim of this article is to explore the challenges and constraints of adopting precision farming technologies, from the perspective of companies operating in the new agricultural technologies sector. The study is based on a qualitative approach through a content analysis resulting from eight semi-structured interviews. The analysis of the textual data revealed six factors constraining the diffusion of precision farming technologies, namely: the age and level of education of farmers, the low perceived utility of new technologies, farms, dependence on state support, and regulation. The results reveal a reluctance to change among the oldest farmers, and illiterate, unlike the younger ones who seem more open to new technologies. The study highlights the importance of the perceived usefulness of new technologies, and its role in the adoption decision by farmers. Recommendations and avenues for research will be formulated.

**Keywords:** Digitization, new technologies, precision agriculture, constraints, adoption, Morocco.

## بحث نوعي لقيود تبني تقنيات الزراعة الدقيقة من ف المزارعين المغاربة: منظور الشركات طر اليتربي توفيق

### ملخص

الهدف من هذا المقال هو استكشاف تحديات وقيود تبني تقنيات الزراعة الدقيقة، من منظور الشركات العاملة في قطاع التقنيات الزراعية الجديدة. تستند الدراسة إلى نهج نوعي من خلال تحليل المحتوى الناتج عن ثماني مقابلات شبه منظمة. كشف تحليل البيانات النصية عن ستة عوامل تقيد انتشار تقنيات الزراعة الدقيقة، وهي: عمر ومستوى تعليم المزارعين، وانخفاض الفائدة المتصورة للتقنيات الجديدة، والاعتماد على دعم الدولة، والتنظيم. تظهر النتائج عزوفاً عن التغيير بين كبار السن من المزارعين، على عكس الشباب الذين يبدون أكثر انفتاحاً على التقنيات الجديدة. تسلط الدراسة الضوء على أهمية الفائدة المتصورة للتقنيات الجديدة، ودورها في قرار التبني من قبل المزارعين. سيتم صياغة التوصيات وسبل البحث.

**الكلمات المفتاحية:** الرقمنة، التقنيات الجديدة، الزراعة الدقيقة، المعوقات، التبني، المغرب.

## Introduction

Bien que l'agriculture marocaine soit certainement plus innovante que dans les années 1980 et 1990, elle le reste insuffisamment par rapport à une agriculture mondiale qui est globalement devenue plus innovante. D'après le rapport du FAO (2018) sur les innovations technologiques en agriculture, la technologie et les innovations technologiques apparaissent comme un des moyens importants pour renforcer la compétitivité, la croissance et l'emploi, la croissance de la productivité, voire pour la réduction des inégalités sociales (Fernández-Baldor *et al.*, 2014; Kerr, 2006).

Au Maroc, un nouveau contexte économique, social, environnemental et politique se dessine, notamment, avec la mise en place de la nouvelle stratégie « Génération Green 2020-2030 ». Cette stratégie repose sur deux fondements concernant la valorisation de l'élément humain et la poursuite de la dynamique du développement agricole, à travers le renforcement des chaînes de valeur et le développement des filières agricoles, ainsi que le développement d'une agriculture durable et résiliente. La digitalisation agricole qui occupe une place prépondérante dans cette nouvelle stratégie du secteur agricole, apparaît comme un outil pour atteindre ces objectifs. La dernière édition du Salon International de l'Agriculture au Maroc (SIAM) qui a été prévu en avril 2020 a consacré son thème sur les innovations technologiques en agriculture, avec le slogan « *L'avenir de l'agriculture se trouve dans les innovations technologiques* ». Les experts s'accordent aujourd'hui que l'innovation technologique est un atout pour gagner en temps et en précision pour le bien de l'agriculteur, de l'exploitation et de l'environnement. En effet, les nouvelles technologies agricoles en général, et celles de l'agriculture de précision en particulier, permettent aux agriculteurs d'être plus performants et plus efficaces, en appliquant la juste dose d'intrant au bon moment et au bon endroit, de réduire l'utilisation des produits phytosanitaires, de prévoir l'irruption de maladies dans une parcelle, de réduire la consommation d'énergie fossile ou encore la pénibilité du travail.

Aujourd'hui, l'agriculture marocaine semble de loin un secteur où les innovations technologiques sont omniprésentes. Malheureusement, nous ne disposons pas des chiffres officiels sur le niveau d'utilisation des nouvelles technologies dans le secteur agricole marocain, mais selon le Forum Economique Mondial (FEM) en 2019, relatif aux technologies de l'information et de la communication (TIC) au niveau mondial, le Maroc est classé 100 sur 176 dans l'Indice de développement des TIC, et 78 sur 139 dans le classement de l'Indice NRI (Networked Readiness Index : indice de préparation aux réseaux), ce qui nous donne une idée approximative sur le faible niveau d'adoption des nouvelles technologies au niveau nationale. Toutefois, selon le dernier rapport de l'agence nationale de réglementation des télécommunications rapport de l'ANRT (2019), l'Internet se généralise surtout grâce aux Smartphones, avec un taux d'équipement de 99,8%. La téléphonie mobile est généralisée pour la quasi-totalité des ménages aussi bien en milieu urbain qu'en milieu rural. Les applications mobiles sont utilisées par 93% des individus équipés en Smartphones. L'utilisation d'applications mobiles est une pratique courante dans les milieux urbain et rural. Cette dernière précise également que la motivation principale (pour 90% des ménages) pour l'équipement des ménages en téléphonie fixe serait l'accès à Internet. Selon le même rapport, huit ménages sur 10 en milieu urbain sont équipés en accès internet, et 6 ménages sur 10 en milieu rural. Les résultats de l'enquête montrent que 90,7% des individus âgés de 12 à 65 ans en milieu rural sont équipés par des

téléphones mobiles. Ces statistiques donnent un aperçu général sur l'utilisation d'internet et les smartphones en milieu rural, qui sont certainement indispensables pour le développement d'une agriculture digitale.

Cependant, le développement du secteur agricole via l'introduction des technologies de l'agriculture de précision est encore à ses débuts. Il est confronté à plusieurs contraintes qu'il faut prévoir, surmonter et maîtriser avant et pendant la mise en place des plans d'action des acteurs publics et privés. Une lecture transversale de la littérature montre que l'adoption des technologies de l'agriculture de précision dépend de nombreux facteurs (sociodémographiques, économiques, institutionnels, etc.). L'agriculteur se trouve au centre de la décision d'acceptation et d'adoption de la technologie. Dans cette perspective, il semble important, et même urgent d'identifier les défis et les contraintes concernant l'adoption de ces nouvelles technologies dans le secteur agricole marocain. A titre d'exemple, la manipulation des technologies de l'AP par les agriculteurs peut poser un problème. Obtenir des données, et les interpréter pour pouvoir produire plus efficacement peut être un réel défi. Ajoutant à cela que, l'agriculteur marocain s'appuie beaucoup sur son savoir ancestral, et la façon dont il cultive sa culture est répétitive. Il reste sur les mêmes dates de semis, quantités d'engrais et apports en eau. Une autre catégorie d'agriculteur aisée se sont déjà investis dans quelques technologies de l'agriculture de précision, comme les drones, et la gestion informatisée via des progiciels. Comment peut-on expliquer ces différences ?

L'objectif de cette recherche est donc d'enrichir nos connaissances sur les contraintes de l'adoption des NT de l'AP. Les travaux de recherche antérieurs confirment la présence de plusieurs contraintes économiques, sociales, et institutionnelles liées à la diffusion des technologies de l'agriculture de précision dans le secteur agricole (Daccache *et al.*, 2015; Jochinke *et al.*, 2007; Schellberg *et al.*, 2008), qu'en est-il du cas marocain ? Quelles sont les contraintes pouvant entraver la diffusion des technologies de l'agriculture de précision ? A notre connaissance, aucun travail de recherche ne s'est intéressé à cette question dans le cas marocain. Cet article s'appuie sur une étude qualitative basée sur des entretiens semi-directifs avec les responsables des entreprises (commerciales) opérants dans le secteur des nouvelles technologies agricoles. Les résultats seront discutés, et des recommandations seront formulées.

## **Méthodologie**

Dans cette recherche, nous avons opté pour une démarche exclusivement qualitative. Le choix de cette approche se trouve adapter à notre objet d'étude dans la mesure, où elle nous permet d'avoir une profondeur dans la description du phénomène (Ridder, 2012), et de mieux appréhender sa complexité (Moriceau et Soparnot, 2019). Notre étude peut être considérée parmi les travaux interprétativistes, en ce sens, que la génération de la connaissance s'appuie sur la compréhension du sens que les acteurs donnent à la réalité (Thiétart, 2014).

Pour la collecte des données, nous avons procédé par entretiens semi-directifs. Le choix de l'entretien comme mode de recueil de données repose sur la volonté d'appréhender la perception des responsables des entreprises (les commerciales) opérant dans ce marché, vis-à-vis des contraintes qu'ils rencontrent lors de la commercialisation des technologies de l'AP. La mobilisation de cette catégorie des professionnelles n'est pas anodine, car ce sont les personnes qui travaillent sur le

terrain, en contact avec les agriculteurs, et sont les mieux placées pour nous renseigner sur les contraintes de l'adoption des technologies de l'AP.

Au total, 8 entretiens ont été effectués dans cette étude. Le choix de la taille de notre échantillon s'est fait selon le principe du « point de saturation ». Selon Hlady Rispal et Saporta (2002, p.263), la saturation théorique est atteinte au « *moment à partir duquel l'apprentissage incrémentiel est minime, les chercheurs observant des phénomènes déjà constatés* ». Le choix des individus interrogés s'est fait d'une manière non-aléatoire (méthode d'échantillonnage de boule-de-neige). Cette méthode d'échantillonnage non-aléatoire est utile lorsqu'on recherche la compréhension d'un phénomène nouveau, qui n'est pas assez étudié (Pras et al., 2003).

Un guide d'entretien a été réalisé. Il se résume en une question sous forme d'un thème général : « Pouvez-vous nous donner votre point de vue sur les contraintes au développement de la digitalisation du secteur agricole au Maroc ? » Cette question s'appuie sur l'analyse des principaux moteurs et freins structurels auxquels les entreprises opérant dans le secteur se trouvent confronter. Des questions de relance étaient prévues afin de pouvoir explorer plusieurs aspects, par exemple : « Pour vous, quelles sont les contraintes majeures que vous rencontrez par rapport à la commercialisation des technologies de l'agriculture de précision ? ; « Est-ce que vous pensez que le niveau d'éducation des agriculteurs pose un problème au développement d'une agriculture digitale » ; « La réglementation actuelle est-elle favorable au développement d'une agriculture digitale ? », etc.

Les entretiens ont été enregistrés et transcrits, de sorte qu'ils puissent être traités et analysés en adoptant la technique d'analyse de contenu (Bardin, 2013) à l'aide du logiciel Nvivo 10. L'approche se base sur un traitement lexical, avec un découpage du texte en unités de sens (étape de décontextualisation du corpus), puis le regroupement par la suite des thèmes identiques (étape recontextualisation du corpus) (Avenier et Gavard-Perret, 2012), et in fine, en faciliter l'interprétation. Les données textuelles recueillies sont qualitatives, et constituent la base sur laquelle nous allons répondre à l'objet de cette étude, en employant les effets-miroirs, construits à partir de verbatim ou phrases témoins (Krief et Zardet, 2013).

**Tableau 1 : Informations générales sur les interviewés**

Identification du répondant	Entreprise	Lieu	Domaine d'activité	Qualité du répondant	Durée d'entretien	Mode d'administration
R01	Visio-Green Africa	Ait Melloul	Solutions connectées pour la gestion et pilotage des productions agricoles.	Directeur Général	30 min	À distance
R02	Société Générale Marocaine de la Géomatique (SGMG)	Kénitra	Services géomatiques et drones.	Co-fondateur et directeur	40 min	À distance
R03	Isagri	Marrakech	Logiciels et progiciels pour l'agriculture	Directeur commercial	25 min	À distance
R04	Netafim	Rabat	Irrigation de précision	Regional manager	35 min	À distance
R05	Global Irrigation Solutions	Agadir	Irrigation de précision, et systèmes automatisés	Directeur technique	40 min	À distance
R06	Sowit	Casablanca	Agriculture de précision par drone	Cadre-ingénieur	20 min	À distance
R07	ComaTech	Aït Melloul	Irrigation de précision	Commercial	25 min	À distance
R08	Mara-Sys D'irrigation	Casablanca	Irrigation de précision	Gérant	30 min	À distance

## Résultats et discussion

À partir des analyses des données textuelles, les interviewés ont identifié une série de contraintes au développement de la digitalisation dans le secteur agricole marocain. Dénombrer et évaluer ces contraintes permettent de révéler qu'ils sont de trois natures : individuelle (âge, niveau d'éducation, et l'utilité perçue), organisationnelle (taille de la ferme), et institutionnelle (dépendance des appuis d'Etat, et la réglementation). Nous proposons une lecture analytique et qualitative des résultats marquants issus des analyses des données textuelles, et nous les confrontons avec les travaux antérieurs sur le sujet. Le tableau suivant montre les contraintes identifiées par les interviewés, et la fréquence de citation pour chaque contrainte.



**Tableau 2 : Matrice de croisement Interviewé-Facteurs identifiés**

Identifiant de l'interviewé	Age	Niveau d'éducation	Utilité perçue	Taille de la ferme	Dépendance des appuis d'Etat	Réglementation
R01	X	X	X		X	X
R02	X	X	X	X	-	X
R03	X	X	X	X	X	X
R04	X	X	X	X	X	-
R05	X	-	X	X	X	-
R06	X	X	-	-	-	X
R07	X	X	X	X	-	X
R08	X	-		X	X	-
Total	8	6	6	6	5	5

### L'âge de l'agriculteur

Tout d'abord, nos résultats issus des analyses des données textuelles permettent d'appuyer la littérature, et notamment les conclusions sur l'effet de l'âge de l'agriculteur sur l'adoption des technologies de l'AP. En se basant sur les discours de nos interviewés, certains verbatims vont dans le sens où l'âge semble avoir un effet négatif sur l'adoption des technologies de l'AP, ce qui concorde avec plusieurs études antérieures (Brown et al., 2016; Bucci et al., 2019; D'Antoni et al., 2012; Kaarthikeyan et Suresh, 2019; Kaliba et al., 2020; Yatribi, 2020). L'ensemble des interviewés ont souligné en unanimité qu'ils avaient souvent du mal à convaincre les plus âgés d'adopter les NT dans leur exploitation agricole : « [...] mais pour nous, on trouve des difficultés avec les agriculteurs âgés » R01, « Pour les agriculteurs âgés, c'est très compliqué de les convaincre avec des technologies de l'agriculture de précision, contrairement aux jeunes » R04. Les agriculteurs plus âgés ont tendance à être conservateurs et réticents au changement, et à l'adoption des technologies en raison de l'aversion au risque (Kaliba et al., 2020). Selon nos interviewés, les plus âgés préfèrent de continuer de travailler avec les moyens habituels, en ignorant les avantages des technologies de l'AP : « [...] changer les idées des agriculteurs, ce n'est pas facile, il faut convaincre l'agriculteur des avantages des nouvelles technologies, après les autres vont suivre » R01. Brown et al. (2016) expliquent que les agriculteurs plus âgés sont plus réticents au risque, moins motivés à expérimenter de nouvelles technologies, moins susceptibles d'être influencés par les avantages que présente les nouvelles technologies.

S'appuyant sur les déclarations des interviewés, il ressort que les jeunes agriculteurs sont plus favorables pour l'adoption des nouvelles technologies, et la transformation digitale : « On ne trouve pas de problème avec les jeunes, ils sont ouverts à ces nouvelles technologies, par contre les agriculteurs âgés sont réticents, c'est difficile de les convaincre, il faut lui faire plusieurs tests, et leur montrer plusieurs fois » R02. Cette différence entre les deux générations peut même apparaître à l'intérieur de la même exploitation : « On a eu souvent des cas où le fils va porter le projet et le père va bloquer, et parfois, il nous est arrivé que le fils prend l'investissement à sa charge pour l'aider dans son travail » R03, « [...] souvent quand le jeune veut faire le pas et acheter, 'Haj' derrière lui dit non ce n'est pas encore le moment, ou c'est un peu cher par rapport à ce que va apporter » R05. Paustian et Theuvsen (2017) expliquent que les jeunes agriculteurs sont plus ouverts aux innovations, et plus susceptibles d'adopter les

nouvelles technologies. Cependant, Reichardt et Jürgens (2009) précisent que parfois l'adoption des technologies par les agriculteurs plus âgés s'explique par les coûts d'investissement élevés, et que ces agriculteurs possèdent déjà les moyens pour leur acquisition contrairement aux plus jeunes.

### **Le faible niveau d'éducation**

Le niveau d'éducation est souligné par de nombreux auteurs comme un déterminant de l'adoption des nouvelles technologies (Bucci et al., 2019; Carrer et al., 2017; Gyata, 2019; Reichardt et Jürgens, 2009; Yatribi, 2020). L'analyse des discours révèle que le faible niveau d'éducation est un facteur contraignant au développement de la digitalisation du secteur agricole : *« Le niveau d'éducation de l'agriculteur enfrein parfois l'utilisation de nos produits, c'est difficile d'introduire ces NT chez les agriculteurs analphabètes »* R02, *« le premier problème auquel nous sommes confrontés est la technicité et la qualification des agriculteurs. L'agriculteur ne s'adapte pas facilement avec les nouvelles technologies, il lui faut plusieurs formations, il faut l'accompagner et lui donner beaucoup de temps pour qu'il puisse se familiariser »* R04. Cette situation pousse souvent les entreprises à multiplier les formations et renforcer l'accompagnement : *« On leur fait des formations, et on leur explique avec l'approche pédagogique, le plus simple possible, pour qu'ils puissent comprendre »* R02. Cependant, les interviewés ont souligné l'importance d'avoir un collaborateur avec l'agriculteur, avec un bon niveau d'éducation, car cela facilite le transfert du savoir-faire de l'entreprise à l'agriculteur : *« Quand il y a un profil agronome en face, il a la matière et la compréhension pour voir le bénéfice derrière, c'est quelqu'un qui va comprendre qu'avec notre progiciel, il sera plus efficace, et il va travailler avec un certain confort. Par contre, ce qui importe au chef de l'exploitation, c'est uniquement le gain économique »* R03, *« Ce qui n'est pas normal pour moi, c'est comment de grandes exploitations n'ont pas d'agronome dans leur équipe !! Pour nous, ça doit être une obligation d'avoir un agronome au niveau de la loi »* R01.

Il est à noter, que le niveau d'éducation apparaît souvent comme une contrainte pour les technologies agricoles caractérisées par un haut niveau de technicité. Par exemple, Kaliba et al. (2020) trouvent que le taux d'adoption augmente avec le niveau de l'éducation de l'agriculteur, surtout si la technologie est avancée, et que l'apprentissage est nécessaire pour son utilisation. Le niveau d'éducation facilite à l'agriculteur son utilisation, mais aussi, il apparaît plus ouvert à l'innovation. À titre d'exemple, l'utilisation des drones nécessite des compétences particulières en matière de pilotage, de collecte et d'interprétation des données : *« Pour le moment, on est obligé d'accompagner les agriculteurs, on ne peut pas leur vendre les drones et partir, d'une part les agriculteurs n'ont pas les prérequis pour les utiliser, et d'autre part, il faut quelqu'un spécialisé dans la géomatique et l'interprétation des données collectées »* R02. A contrario, certaines technologies comme les stations météorologiques, les sondes capacitatives, les applications mobiles et les progiciels apparaissent comme des technologies accessibles pour tous les agriculteurs : *« il y a plusieurs agriculteurs qui sont réticents qui disent, il faut un certain niveau pour utiliser et manipuler vos logiciels, mais en réalité, c'est un peu fantasmer parce que la plupart de nos clients n'ont pas vraiment des niveaux très poussés en termes éducationnels, mais ce sont des tâches très basiques, c'est-à-dire le fonctionnel que vous utilisez, il est assez redondant »* R03. Ce constat va dans le même sens avec les résultats de plusieurs travaux. Par exemple, Adnan et al. (2017) trouvent que la perception des agriculteurs sur la facilité

d'utilisation de la technologie de l'agriculture de précision a un impact significatif sur son adoption. Aubert et al. (2012) précisent qu'un agriculteur qui perçoit la technologie comme complexe ou difficile à utiliser, il serait moins motivé pour l'adopter.

### **Une faible utilité perçue des nouvelles technologies**

Un des résultats majeurs issu des entretiens repose sur l'objectivation de l'importance de l'utilité des technologies de l'AP dans la performance des exploitations agricoles. Pour quasiment tous les interviewés, la décision d'adoption des technologies de l'AP dépend de l'utilité perçue par les agriculteurs : *« On a fait des journées de formation, et des démonstrations sur le terrain, pour expliquer à l'agriculteur les différentes fonctionnalités de nos produits, [...] on lui montre qu'avec ce produit, on peut ressortir tout ce qui est bilan, rapport, etc. Après, il va comprendre par rapport à l'itinéraire technique, sa certification à l'export au 'Global gap', des choses comme ça qui vont sûrement l'intéresser »* R03, *« [...] en élevage, ça sera plutôt le suivi sérologique de la vaccination en utilisant les kits Civtest AVI-NDV, -IBV, les capteurs (mouvements, température), la gestion de sa production laitière, donc les écarts de production ce que la vache peut donner et ce qu'elle donne réellement, pour constater s'il y a un problème à ce niveau-là, etc. »* R03. Ce constat corrobore le travail de Brown et al. (2016), qui indiquent dans une étude sur l'adoption des technologies dans la filière laitière en Italie, que la démonstration des nouvelles technologies se fait pratiquement au sein des réseaux d'agriculteurs, ce qui encourage les autres agriculteurs d'acquérir la même technologie après avoir vu leur utilité.

Par ailleurs, l'utilité des technologies de l'AP semble plus présente chez les jeunes agriculteurs. En effet, ces derniers considèrent que les NT permettent de faciliter leur travail, mais aussi de travailler plus efficacement et confortablement : *« Il y a un manque de conscience de l'intérêt des solutions informatiques, la nouvelle génération le voit, parce qu'elle est déjà dedans »* R05. Toutefois, ce constat ne fait pas l'unanimité auprès de nos interviewés, certains répondants ont souligné que ce qui importe pour l'agriculteur, c'est le gain économique généré par l'utilisation d'une technologie de précision : *« Il faut lui montrer le gain économique, quand tu es convaincant sur ce point, il te suit. Et même s'il accepte, il faut lui faire un test gratuit, difficile qui te paye pour le test »* R02, *« Pour les agriculteurs âgés, c'est très compliqué de les convaincre avec quelque chose de l'agriculture de précision, contrairement aux jeunes, mais s'il voit le gain économique chez son voisin, ça change complètement la donne »* R04. Ce constat s'aligne avec la littérature qui montre que les agriculteurs sont plus motivés d'adopter les NT après avoir vu leur utilité sur le terrain (Barnes et al., 2019; Brown et al., 2019; D'Antoni et al., 2012; Dela Rue et Eastwood, 2017; Griffin et al., 2017; Ng'ang'a et al., 2019).

### **L'exiguïté des exploitations agricoles**

Un facteur revient de manière récurrente comme une contrainte à la diffusion des technologies de l'AP est l'exiguïté des exploitations agricoles, dans la mesure où l'utilisation de certaines technologies n'est justifiée que sur de grandes superficies agricoles : *« La structuration de l'agriculture est différente à celle que j'ai connue en France. Ici, le bas de la pyramide est la petite exploitation, les agriculteurs moyens augmentent légèrement d'une année à l'autre, et pour nous, la cible des clients potentiels se trouve dans cette niche-là. »* R03. La taille de l'exploitation agricole joue un rôle

important dans la mesure où les exploitations agricoles nécessitent aujourd'hui une transformation digitale afin d'améliorer leur performance agronomique, économique et environnementale : « [...] Par exemple, en utilisant un drone, vous pouvez connaître les surfaces non irriguées, les petits agriculteurs nous ont répondu qu'ils savent les endroits non irrigués de leur terre sans le recours à un drone, mais par contre, on trouve que les grands agriculteurs sont plutôt intéressés » R02, « Un propriétaire d'une grande exploitation agricole avait plusieurs problèmes comme le vol, le bétail qui casse les arbres, des tuyaux d'irrigation abîmés, etc. il voulait faire la surveillance par drone, et il voulait en même temps augmenter sa production » R06. Carrer et al. (2017) expliquent que les grandes exploitations sont plus complexes à gérer, les nouvelles technologies ont fait preuve de leur efficacité en matière d'optimisation de la production et la réduction des coûts. Toutefois, la taille de l'exploitation ne semble pas être toujours un facteur contraignant. Cela dépend notamment du type de la technologie : « Par rapport à l'irrigation de précision, et d'après mon expérience, 4 ou 5 ha, c'est déjà une taille intéressante pour une irrigation de précision, ça permet à l'agriculteur d'optimiser sa consommation d'eau, d'améliorer ses rendements » R04, mais pour les drones, leur utilisation semble plus justifiée sur les grandes exploitations agricoles : « Le mois dernier, nous étions en compagnie de promotion pour commercialiser nos services basés sur la technologie des drones, les petits agriculteurs nous ont répondu qu'ils peuvent savoir les endroits non irrigués sans recourir à un drone » R02. « Le drone et la station météo sont plus adaptés pour les grandes exploitations, mais les outils de mesure et de contrôle de l'humidité et de transfert de données sont importants même pour les petites parcelles » R05.

Pour pallier aux problèmes d'exiguïté des parcelles, et les capacités financières limitées des petits agriculteurs, certaines entreprises ont mis en œuvre une solution qui consiste à mettre en place des technologies avec une utilisation conjointe entre plusieurs petits et moyens agriculteurs : « Le problème par rapport à la superficie se présente lorsqu'on est confronté à de très petites exploitations d'un hectare ou moins. Mais on peut remédier à ça, en mettant un système d'irrigation commun pour plusieurs exploitations à la fois qui sont l'une près de l'autre. On peut leur mettre une seule station météo par exemple connectée avec leurs smartphones » R04.

D'autre part, la taille de l'exploitation agricole est souvent associée au revenu agricole. Les grandes exploitations sont plus susceptibles d'adopter des NT de l'AP grâce à leur capacité financière : « La taille de l'exploitation joue un rôle, les moyens financiers ne sont pas les mêmes » R03. Les résultats des recherches antérieures montrent que plus le revenu agricole est important, plus l'agriculteur est susceptible d'adopter des nouvelles technologies (Brown et al., 2016; Carrer et al., 2017; Miller et al., 2019; Paustian et Theuvsen, 2017; Reichardt et Jürgens, 2009; Welsh et al., 2010). Néanmoins, l'existence d'un revenu non-agricole permet aussi d'augmenter les chances d'adoption (Ng'ang'a et al., 2019; Yatribi, 2020). Un de nos interviewés nous a souligné que parmi leurs clients, il y a des agriculteurs entrepreneurs, qui investissent dans d'autres activités que l'agriculture : « Je connais des clients à notre société qui sont agriculteurs et entrepreneurs, ils ont des affaires à côté » R05. Barnes et al. (2019) expliquent que pour les agriculteurs avec un revenu modéré, le revenu hors ferme fournit une trésorerie qui peut aider l'agriculteur à s'acquérir de nouvelles technologies. L'accès à des activités génératrices de revenus hors de l'exploitation agricole est généralement associé à l'adoption des technologies. Miller et al. (2019) ont constaté que l'adoption a des coûts d'entrée élevés et que les agriculteurs à revenu plus élevé sont plus susceptibles de les adopter.



### Dépendance des appuis d'Etat

D'un autre côté, le discours qui ressort des entretiens réalisés tend à renforcer l'hypothèse de la dépendance des agriculteurs vis-à-vis des appuis de l'Etat. Cette dépendance se manifeste notamment par le désir des agriculteurs d'avoir des subventions pour pouvoir investir dans les NT de l'AP : « *Les agriculteurs marocains ont été habitués à des subventions, par exemple le goutte-à-goutte n'y sera jamais comme il est aujourd'hui sans les subventions de l'Etat* » R01, « *Les grands domaines n'utilisent pas beaucoup les subventions, les petits agriculteurs oui il se demande s'il y a des subventions* » R04. Trois répondants ont souligné que les subventions seraient un puissant moteur pour la transformation digitale : « *Des fois, l'agriculteur nous demande si ce que nous lui proposons comme produit est subventionné. En tout cas, c'est un booster, si demain il y a une subvention pour mettre des équipements informatiques, c'est sûr et certain que les gens vont avoir plus de capacités à investir dans des outils informatiques* » R03. Ce résultat corrobore plusieurs travaux de recherche antérieurs. Des auteurs (Barnes *et al.*, 2019; Gåvertsson *et al.*, 2020) ont souligné que les subventions, et la fiscalité sont comme des instruments pour encourager l'adoption des nouvelles technologies. Par exemple, Adnan *et al.* (2017) ont indiqué que l'adoption des engrais verts est fortement liée à certaines initiatives financières, telles que des subventions en capital pour l'entretien, une réduction de la taxe, une réduction du taux d'intérêt. Kaarthikeyan et Suresh (2019) précisent que la variable « montant de la subvention » est fortement corrélée au taux d'adoption du goutte-à-goutte. Selon l'auteur, plus ce montant est élevé, plus la probabilité d'adoption est grande. De manière logique, la variable « difficulté d'accès à la subvention » est corrélée à un taux relativement bas d'adoption. Plus les agriculteurs estiment difficile l'accès à la subvention, plus faible est la probabilité qu'ils adoptent le goutte-à-goutte.

### Contraintes réglementaires

L'analyse de contenu des entretiens révèle que la réglementation constitue parfois un facteur contraignant à la commercialisation des technologies de l'AP. À titre d'exemple, l'importation des drones est soumise à une stricte réglementation. Elle nécessite l'obtention préalable d'une licence d'importation, conformément à l'arrêté n° 386-15<sup>1</sup> : « *Ce qui est compliqué c'est d'avoir la licence d'importation du drone, il y a des conditions, il faut pas mal de procédure, passer par les douanes, ministère de l'Intérieur, puis le ministère de l'Extérieur et de la Coopération, l'Agence Nationale de Réglementation des Télécommunications (ANRT), etc.* » R02. En parallèle, les agriculteurs souhaitant utiliser un drone pour diagnostiquer leur exploitation agricole sont aussi soumis à une stricte réglementation. Une autorisation pour faire voler le drone est nécessaire à son détenteur à chaque utilisation : « *À chaque fois qu'on veut faire des tests pour des clients potentiels, on est obligé de faire des demandes d'autorisation de vol* », « *il nous est arrivé qu'une personne des autorités locales (Mqadem) se pointe au moment du vol du drone, des fois, il nous demande ce que nous sommes en train de faire, ce que nous sommes en train de regarder, des choses comme ça, il voulait tout vérifier, cela nous met mal à l'aise avec le client* » R06.

<sup>1</sup> Arrêté n° 386-15 du 6 février 2015 publié au Bulletin officiel n°6337 du 23 février 2015.

Un répondant de notre échantillon qui opère dans le domaine des progiciels destinés à l'agriculture a souligné une contrainte réglementaire par rapport à l'infrastructure du réseau. Son entreprise commercialise des logiciels et progiciels, désireux aussi de commercialiser des équipements connectés (capteurs et boîtiers), mais la non-disponibilité d'un réseau public enfreint sa commercialisation : *« Il y a une contrainte par rapport à la réglementation, au niveau du réseau, parce qu'on travaille avec le nouveau réseau qui s'appelle LoraWan<sup>2</sup>, c'est un réseau public gratuit, la différence avec l'étranger, c'est qu'il faut l'aval de l'ANRT. Ce réseau public dont on a besoin ça existe en France depuis plusieurs années, au Maroc les opérateurs vont le commercialiser en 2023 »* R01. Par ailleurs, la réglementation peut constituer un des moyens pour pousser les agriculteurs d'utiliser les nouvelles technologies. Il s'agit notamment des procédures administratives, de commercialisation, qui nécessitent le recours aux NT : *« Par exemple en France, vous avez l'Alliance Professionnelle des Agents Commerciaux (APAC) pour la mise en relation Entreprises / Agents commerciaux, et vous avez pas mal de chose qui favorise l'équipement informatique par rapport au réglementaire, que l'agriculteur et même obligé de s'équiper pour certaines trucs réglementaires comme le déclaratif, et au Maroc, on n'est pas encore à ce niveau-là de maturité, mais je pense, c'est quelque chose qui va venir avec le temps »* R03.

## Conclusion

Le but de cet article était d'explorer, au travers d'entretiens semi-directifs avec les responsables des entreprises opérant dans le secteur des NT de l'AP, les contraintes au développement d'une agriculture digitale au Maroc. L'analyse des données textuelles a permis de ressortir six facteurs contraignants la diffusion et la commercialisation des technologies de l'agriculture de précision. Il s'agit des facteurs : âge, niveau d'éducation, utilité perçue, taille des exploitations agricoles, dépendance des appuis d'Etat, et la réglementation. Tenant compte de la fréquence des citations, les facteurs individuels (âge, niveau d'éducation, utilité perçue) apparaissent comme les contraintes majeures au développement d'une agriculture digitale au Maroc. Au premier abord, nous pouvons conclure que l'agriculteur est au cœur de la décision d'adoption des technologies de l'AP. Ce résultat corrobore plusieurs travaux de recherche (Brown et al., 2016 ; Robertson, 2012 ; Yatribi, 2020) qui suggèrent que l'agriculteur est le chaînon le plus important dans le processus d'adoption. Bien qu'au Maroc, on compte environ 360.000 agriculteurs ayant un âge moyen supérieur à 65 ans. Les interviewés ont véhiculé un discours plutôt positif à ce niveau. La dominance de cette génération d'agriculteurs âgés parmi les agriculteurs risque d'être une contrainte non-négligeable. En effet, cette génération serait réticente aux changements parce que derrière eux, il y a une éducation et des habitudes de pensée difficilement conciliables avec l'esprit d'innovation (Yatribi, 2020). Cependant, dans quelques travaux de recherche, l'âge de l'agriculteur a été associé à son revenu pour expliquer l'adoption. Par exemple, Reichardt et Jürgens (2009) soulignent que l'adoption des technologies par les agriculteurs les plus âgés s'explique par les coûts d'investissement élevés de ces technologies, et que ces agriculteurs possèdent déjà les moyens pour leur acquisition contrairement aux plus jeunes agriculteurs. La

<sup>2</sup> LoRaWAN est un protocole de télécommunication permettant la communication à bas débit, par radio, d'objets à faible consommation électrique communiquant selon la technologie LoRa et connectés à l'Internet via des passerelles, participant ainsi à l'Internet des objets.

réticence au changement peut être surmonter en investissant d'avantage dans le conseil et la vulgarisation, et les démonstrations sur le terrain pour faire apparaître l'utilité des technologies de l'AP. L'utilité perçue reste un facteur déterminant à ce niveau, car selon les résultats des recherches antérieurs, plus l'agriculteur perçoit le gain économique généré par les NT, plus il sera motivé pour l'adopter (Brown et al., 2016 ; Zhang et al. 2019).

D'un autre côté, plusieurs recherches antérieures ont mis en évidence l'effet négatif d'un faible niveau d'éducation sur le niveau d'adoption des technologies de l'AP (Bucci et al., 2019; Carrer et al., 2017; Gyata, 2019; Reichardt et Jürgens, 2009; Yatribi, 2020). Les résultats de cette étude qualitative permettent d'appuyer ces conclusions. En effet, les études empiriques suggèrent que la perception de l'agriculteur sur la facilité d'utilisation des technologies d'agriculture de précision est liée à son niveau d'éducation. Un agriculteur qui perçoit une technologie comme complexe ou difficile à utiliser serait donc moins motivé pour l'adopter (Aubert *et al.*, 2012). Plusieurs efforts en matière de formation, d'encadrement et de suivi sont nécessaires. En effet, les technologies qui relèvent de l'agriculture de précision nécessitent des prérequis pour comprendre leur fonctionnement (lecture d'une notice d'utilisation ou d'un écran d'affichage, saisie des données, paramétrage, etc.). À court terme, il n'est pas possible d'augmenter le niveau d'éducation des agriculteurs afin qu'ils puissent bien comprendre les avantages et utiliser les différentes technologies de l'AP. Cependant, il est possible d'augmenter la disponibilité des cours et des formations au sein des groupements et des coopératives, ainsi d'opter pour la diffusion des formations sous forme de petites capsules via l'application *Whatsapp* disponible chez la plupart des agriculteurs. D'autre part, l'utilisation des technologies après leur adoption est critique pour les agriculteurs qui n'ont pas les compétences nécessaires. L'acceptation et l'adoption des technologies de l'AP ne doit pas être la seule préoccupation des pouvoirs publics et des acteurs privés. Le suivi post-adoption doit être mis en place des maintenant, car il permet d'apporter des réponses aux besoins ponctuels des agriculteurs mais également de l'aider à construire des compétences pour favoriser la pérennité de son adoption. L'assistance technique peut être réalisée par l'intermédiaire des entreprises privées elles-mêmes qui commercialisent les NT de l'AP, ou des sous-traitants (privées) ou par les services de vulgarisation agricole (publics).

D'autre part, nous avons mis en lumière le problème lié à la taille des exploitations agricoles. En effet, la structure de l'agriculture est prise pour être la cause principale de plusieurs problèmes que connaît l'agriculture marocaine. À l'échelle nationale, la superficie moyenne par exploitation est de 6,1 ha, répartis sur 6,7 parcelles à raison de 0,9 ha par parcelle. De plus, 70 % des exploitations agricoles ont moins de 5 ha et ne cumulent que 24 % de la SAU. Cette spécificité des exploitations agricoles peut constituer une réelle entrave au développement d'une agriculture digitale. La première raison est liée au fait que les petits agriculteurs ont une capacité financière limitée, les empêchant ainsi d'acquérir des technologies de l'AP. La deuxième raison est que la plupart des NT de l'AP sont efficaces et adapter que sur de grandes superficies, comme c'est le cas pour les drones. Une des solutions à ces problèmes sera de regrouper les petits agriculteurs dans des coopératives ou des groupements d'intérêt économique (GIE) et les outillés par des technologies de l'AP dont l'utilisation sera conjointe. Ces regroupements peuvent aussi être un terrain de démonstration afin de montrer leurs utilités, et leurs retombés agronomique, économique et environnemental. Par exemple, Brown et al., (2016), dans une étude sur l'adoption des

technologies dans la filière laitière en Italie, ils indiquent que la démonstration des nouvelles technologies se fait pratiquement au sein des réseaux d'agriculteurs, ce qui leurs pousse par la suite d'adopter la même technologie. Zhang et al. (2019) rajoutent que les techniques de production plus propres (CPT) ne seront adoptées que lorsque les agriculteurs auraient perçu leur utilité et la satisfaction des autres agriculteurs ayant déjà adoptés cette technologie.

Le nombre réduit d'entretiens ne nous conduit pas à prétendre à l'exhaustivité, mais se justifie par le caractère exploratoire de l'étude. Cependant, il faut noter qu'à partir du cinquième entretien, les idées devenaient redondantes sur de nombreuses contraintes ce qui pourrait laisser penser que les principales contraintes, propres aux entreprises opérateurs dans le secteur, ont été évoquées.

Pour approfondir cette étude, un complément d'étude serait nécessaire. Par exemple, une étude quantitative sur un grand échantillon d'agriculteurs pourrait quantifier l'effet de ces facteurs sur l'adoption, ou l'intention d'adoption des nouvelles technologies de l'AP. L'utilisation des modèles de l'acceptation des technologies est intéressant dans la mesure où cela va permettre de mesurer l'attitude et l'acceptabilité des NT de l'AP par les agriculteurs marocains. Pour appréhender de manière encore plus fine le rôle des nouvelles technologies dans l'agriculture, il serait intéressant d'étudier les effets agronomiques, économiques et environnementales de certaines technologies déjà mis en place par les agriculteurs marocains. À notre connaissance, il n'y a aucun travail de recherche dans ce sens, contrairement à d'autres pays où on trouve des recherches qui renseignent sur ces aspects (Aubert *et al.*, 2012; Jensen *et al.*, 2012; Robertson *et al.*, 2012). Zhang et coll. (2002) a déclaré que le succès des technologies de l'AP doit être mesuré par les gains. Les recherches futures doivent aussi se focaliser sur l'agriculteur issu de la génération X<sup>3</sup>, et comment pouvons-nous inculquer l'esprit d'innovation chez cette catégorie ?

---

<sup>3</sup> Le génération X est le terme employé par les Américains pour décrire la génération qui est née entre 1959 et 1981.



## Références bibliographiques

Adnan, N., Nordin, S. M. Et Bin Abu Bakar, Z., (2017). Understanding and facilitating sustainable agricultural practice: A comprehensive analysis of adoption behaviour among Malaysian paddy farmers, *Land Use Policy*, vol. 68, p. 372-382.

Aubert, B. A., Schroeder, A. et Grimaudo, J., (2012). IT as enabler of sustainable farming: An empirical analysis of farmers' adoption decision of precision agriculture technology, *Decision Support Systems*, vol. 54, n°1, p. 510-520.

Avenier, M.-J. et Gavard-Perret, M.-L., (2012). *Inscrire son projet de recherche dans un cadre épistémologique*, HAL.

Bardin, L., (2013). *L'analyse de contenu*, Presses Universitaires de France, Paris cedex 14, 296 pages.

Barnes, A. P., Soto, I., Eory, V., Beck, B., Balafoutis, A., Sánchez, B., ... Gómez-Barbero, M., (2019). Exploring the adoption of precision agricultural technologies: A cross regional study of EU farmers, *Land Use Policy*, vol. 80, p. 163-174.

Brown, P., Daigneault, A. et Dawson, J., (2019). Age, values, farming objectives, past management decisions, and future intentions in New Zealand agriculture, *Journal of Environmental Management*, vol. 231, p. 110-120.

Brown, P., Hart, G., Small, B. et de Oca Munguia, O. M., (2016). Agents for diffusion of agricultural innovations for environmental outcomes, *Land Use Policy*, vol. 55, p. 318-326.

Bucci, G., Bentivoglio, D. et Finco, A., (2019). Factors affecting ict adoption in agriculture: A case study in Italy, *Quality - Access to Success*, vol. 20, n°S2, p. 122-129.

Carrer, M. J., de Souza Filho, H. M. et Batalha, M. O., (2017). Factors influencing the adoption of Farm Management Information Systems (FMIS) by Brazilian citrus farmers, *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 138, p. 11-19.

Daccache, A., Knox, J. W., Weatherhead, E. K., Daneshkhah, A. et Hess, T. M., (2015). Implementing precision irrigation in a humid climate – Recent experiences and on-going challenges, *Agricultural Water Management: Priorities and Challenges*, vol. 147, p. 135-143.

D'Antoni, J. M., Mishra, A. K. et Joo, H., (2012). Farmers' perception of precision technology: The case of autosteer adoption by cotton farmers, *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 87, p. 121-128.

Dela Rue, B. T. et Eastwood, C. R., (2017). Individualised feeding of concentrate supplement in pasture-based dairy systems: Practices and perceptions of New Zealand dairy farmers and their advisors, *Animal Production Science*, vol. 57, n°7, p. 1543-1549.

Food and Agriculture Organization (FAO), (2018). *Des innovations technologiques ramènent les jeunes vers l'agriculture : Comment les innovations technologiques stimulent l'emploi rural*, (FAO / Alioune Ndiaye).

Fernández-Baldor, Á., Boni, A., Lillo, P. et Hueso, A., (2014). Are technological projects reducing social inequalities and improving people's well-being? A capability approach analysis of renewable energy-based electrification projects in Cajamarca, Peru, *Journal of Human Development and Capabilities*, vol. 15, n°1, p. 13-27.

Gåvertsson, I., Milios, L. et Dalhammar, C., (2020). Quality Labelling for Re-used ICT Equipment to Support Consumer Choice in the Circular Economy, *Journal of Consumer Policy*, vol. 43, n°2, p. 353-377.

Griffin, T. W., Miller, N. J., Bergtold, J., Shanoyan, A., Sharda, A. et Ciampitti, I. A., (2017). Farm's sequence of adoption of information-intensive precision agricultural technology, *Applied Engineering in Agriculture*, vol. 33, n°4, p. 521-527.

Gyata, B. A., (2019). Comparative assessment of adoption determinants of electronic wallet system by rice farmers in Benue and Taraba states, Nigeria, *Food Research*, vol. 3, n°2, p. 117-122.

Hlady Rispal Martine et Saporta Bertrand, (2002). *La méthode des cas : application à la recherche en gestion / Martine Hlady Rispal ; préface de Bertrand Saporta*, De Boeck université, Bruxelles.

Jensen, H. G., Jacobsen, L.-B., Pedersen, S. M. et Tavella, E., (2012). Socioeconomic impact of widespread adoption of precision farming and controlled traffic systems in Denmark, *Precision Agriculture*, vol. 13, n°6, p. 661-677.

Jochinke, D. C., Noonon, B. J., Wachsmann, N. G. et Norton, R. M., (2007). The adoption of precision agriculture in an Australian broadacre cropping system—Challenges and opportunities, 'Ground-breaking Stuff'- *Proceedings of the 13th Australian Society of Agronomy Conference, 10-14 September 2006, Perth, Western Australia*, vol. 104, n°1, p. 68-76.

Kaarthikeyan, G. M. et Suresh, A., (2019). A study on understanding the adoption of water saving technology: A case study of drip irrigation, *International Journal of Recent Technology and Engineering*, vol. 7, n°6, p. 1123-1130.

Kaliba, A. R., Mushi, R. J., Gongwe, A. G. et Mazvimavi, K., (2020). A typology of adopters and nonadopters of improved sorghum seeds in Tanzania: A deep learning neural network approach, *World Development*, vol. 127.

Kerr, W., (2006). Enjoying a Good Port with a Clear Conscience: Geographic Indicators, Rent Seeking and Development, *Estey Centre Journal of International Law and Trade Policy*, vol. 07.

Krief, N. et Zardet, V., (2013). Analyse de données qualitatives et recherche-intervention, *Recherches en Sciences de Gestion*, vol. 95, n°2, p. 211-237.

Miller, N. J., Griffin, T. W., Ciampitti, I. A. et Sharda, A., (2019). Farm adoption of embodied knowledge and information intensive precision agriculture technology bundles, *Precision Agriculture*, vol. 20, n°2, p. 348-361.

Moriceau, J.-L. et Soparnot, R., (2019). *Recherche qualitative en sciences sociales. S'exposer, cheminer, réfléchir ou l'art de composer sa méthode*, EMS Editions, Caen, 384 pages.

Ng'ang'a, S. K., Jalang'o, D. A. et Girvetz, E. H., (2019). Adoption of technologies that enhance soil carbon sequestration in East Africa. What influence farmers' decision?, *International Soil and Water Conservation Research*.

Paustian, M. et Theuvsen, L., (2017). Adoption of precision agriculture technologies by German crop farmers, *Precision Agriculture*, vol. 18, n°5, p. 701-716.

Pras, B., Evrard, Y. et Roux, E., (2003). *Market : et recherches en marketing*, Dunod, 3ème édition.

Rapport de l'Agence Nationale de la Réglementation des Télécommunications (ANRT); (2019), rapport annuel sur la situation d'ensemble des technologies de l'information au Maroc.

Reichardt, M. et Jürgens, C., (2009). Adoption and future perspective of precision farming in Germany: Results of several surveys among different agricultural target groups, *Precision Agriculture*, vol. 10, n°1, p. 73-94.

Ridder, H.-G., (2012). Case Study Research. Design and Methods, *Zeitschrift für Personalforschung / German Journal of Research in Human Resource Management*, vol. 26, n°1, p. 93-95.

Robertson, M. J., Llewellyn, R. S., Mandel, R., Lawes, R., Bramley, R. G. V., Swift, L., O'Callaghan, C., (2012). Adoption of variable rate fertiliser application in the Australian grains industry: Status, issues and prospects, *Precision Agriculture*, vol. 13, n°2, p. 181-199.

Schellberg, J., Hill, M. J., Gerhards, R., Rothmund, M. et Braun, M., (2008). Precision agriculture on grassland: Applications, perspectives and constraints, *European Journal of Agronomy*, vol. 29, n°2, p. 59-71.

Thiéart, R.-A., (2014). *Méthodes de recherche en management*, Dunod, Paris, 656 pages.

Welsh, R., Grimberg, S., Gillespie, G. W. et Swindal, M., (2010). Technoscience, anaerobic digester technology and the dairy industry: Factors influencing north country new york dairy farmer views on alternative energy technology, *Renewable Agriculture and Food Systems*, vol. 25, n°2, p. 170-180.

Yatribi, T., (2020). Factors Influencing Adoption of New Irrigation Technologies on Farms in Morocco: Application of Logit Model, *International Journal of Environmental et Agriculture Research*, vol. 6, n°11, p. 42-51.

Yatribi, T., (2020). Innovations technologiques, entrepreneuriat et agriculture : Enjeux, Atouts et contraintes pour l'agriculture marocaine, *Revue de l'Entrepreneuriat et de l'Innovation*, vol. 3, n°9, p. 4-20.

Zhang, T., Yang, Y., Ni, J., Xie, D., (2019). Adoption behavior of cleaner production techniques to control agricultural non-point source pollution: A case study in the Three Gorges Reservoir Area. *J. Clean. Prod.* 223, 897–906.