

Elevage pâturant : une filière peu équipée en outils numériques avec des besoins spécifiques

N. Lachia¹, L. Pichon¹, R. Fourcaudot¹, B. Tisseyre¹

1 : UMR Itap, Institut Agro, Montpellier SupAgro, INRAE

Résumé

Cet article expose les résultats d'une étude sur les usages des outils numériques par les éleveurs d'animaux pâturants. Cette étude a été réalisée à partir d'une enquête en ligne réalisée auprès de 41 éleveurs et dont les résultats ont été analysés et interprétés à la lumière d'entretiens qualitatifs complémentaires. L'article présente les outils numériques utilisés dans la filière, les principaux types d'usages, ainsi que les freins à l'adoption exprimés par les différents acteurs.

Les éleveurs interrogés sont globalement peu équipés en outils numériques. Les usages principaux sont les applications sur smartphone et les logiciels de traçabilité. Assez peu utilisés, les capteurs le sont principalement pour le contrôle et le suivi de la reproduction et de l'alimentation. Bien que la gestion des pâturages soit identifiée comme un besoin important par les différents acteurs de la filière, les outils numériques répondant à cet enjeu sont également peu utilisés. Ce paradoxe s'explique par des freins à l'adoption communs à beaucoup de filières agricoles comme le coût et la complexité des outils. Les acteurs interrogés expriment notamment que les outils ne sont pas adaptés aux conditions du terrain et à la diversité des élevages. Si certains outils sont en test ou en phase de recherche, les éleveurs ne se sentent pas impliqués dans les développements de ces derniers, ce qui participe, selon eux, à la mise en marché d'outils peu adaptés à leurs besoins. Certaines personnes interrogées remettent également en question l'adéquation entre l'usage d'outils numérique et le sens du métier et le lien à l'animal.

Introduction

Depuis plusieurs années, les outils numériques se développent en élevage (Hostiou et al., 2014). Ils sont par exemple particulièrement bien implantés dans la filière bovin laitier où ils sont utilisés dans les principales étapes de la vie d'un élevage : la gestion de la production et de la santé animale, la reproduction, l'alimentation ou l'automatisation de tâches contraignantes (Lovarelli et al., 2020). Des filières animales plus intégrées (comme les élevages de porcs et de volailles) ont également adopté des outils numériques depuis plusieurs années (Lescoat et al., 2017). En revanche, ces outils restent peu développés dans les élevages dits pâturants caractérisés par la place importante qu'occupe le pâturage, le faible chargement en animaux, la présence de prairies temporaires, ou encore la pratique de la transhumance. Une étude menée dans 8 pays d'Europe dans le cadre du projet SheepNet (2018) a par exemple montré que les éleveurs ovins étaient peu équipés en outils numériques. Ces outils offrent toutefois des possibilités intéressantes pour ces élevages comme le suivi électronique des animaux (Meuret et al., 2013) à des fins de traçabilité, d'aide l'alimentation ou de suivi sanitaire, la possibilité d'établir des clôtures virtuelles plus faciles à maintenir et à faire évoluer que les clôtures physiques (IDELE, 2018 ; Lee et al., 2018), de suivre à distance les déplacements et l'activité des animaux par exemple à l'aide d'accéléromètres ou de drones (Vayssade et al., 2019), ou encore de suivre et de piloter l'état des prairies à l'aide d'images aériennes (Reinermann et al., 2020). Le suivi des prairies et des pâturages constitue d'ailleurs un enjeu majeur, à la fois agronomique et économique, pour ces élevages (Meuret et al., 2013). Les outils numériques offrent des possibilités de suivi à distance qui semblent particulièrement intéressants compte tenu de la grande surface, de la dispersion géographique et de la difficulté d'accès des parcours. Malgré ces opportunités et ces premiers projets qui émergent, l'adoption des outils numériques dans les filières animales ayant des pratiques liées aux pâturages est encore mal connu.

Cet article vise à combler ce manque en considérant l'ensemble des spécificités de ces élevages et l'ensemble des usages qui sont associés à ces pratiques. L'objectif de l'article est i) de dresser un état des lieux des équipements actuellement utilisés par les éleveurs, ii) d'estimer les usages principaux de ces équipements et d'évaluer leur cohérence avec les besoins exprimés, iii) et enfin d'identifier les freins à l'adoption des outils numériques en élevage pâturant.

1. Matériel et méthode

1.1. Méthodologie générale

L'étude a été conduite en trois étapes : analyse de la filière, analyse quantitative et analyse qualitative. Les démarches mises en œuvre à chacune de ces étapes ainsi que le déroulé temporel sont présentés en figure 1.

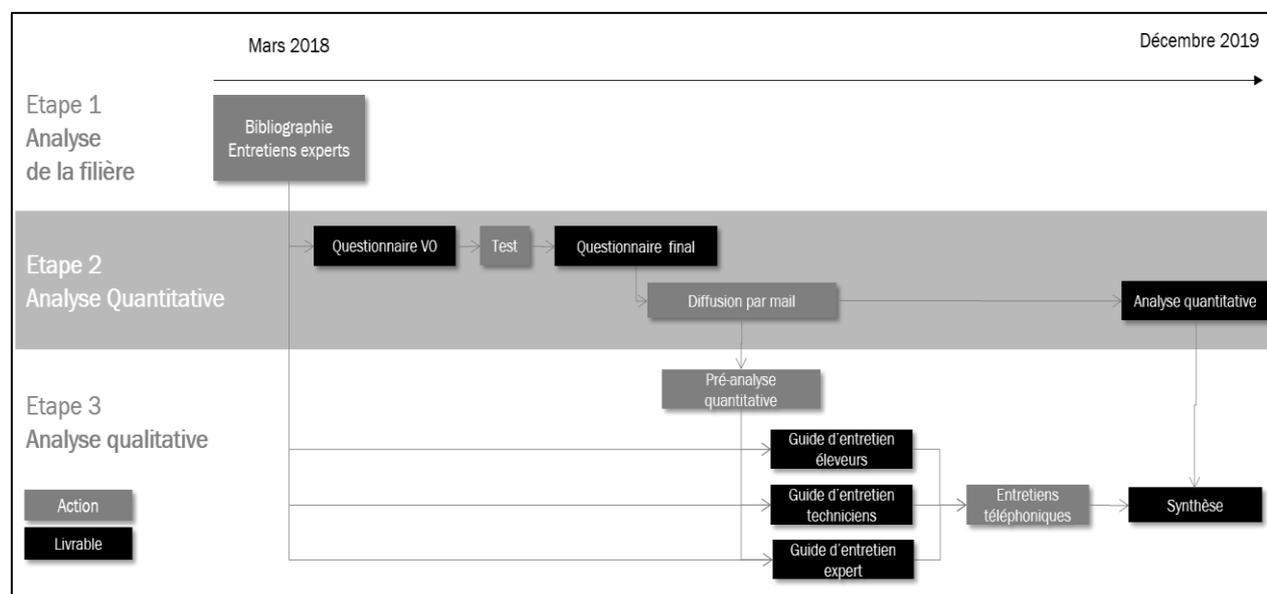


Figure 1 - Schéma des différentes étapes de l'étude, des méthodes utilisées et des livrables ainsi que leur organisation dans le temps.

L'objectif de la première étape (analyse de la filière) était d'identifier les caractéristiques et les enjeux des élevages pâturants. Le panel ciblé était l'ensemble des élevages extensifs, quelle que soit l'espèce animale, par opposition aux élevages intensifs et industriels. 5 facteurs de productions ont été identifiés afin de pouvoir caractériser les éleveurs de l'étude : le chargement par hectare de pâture, le pourcentage de la surface toujours en herbe (STH) dans la surface totale de pâture, le niveau de fertilisation des prairies (pas de fertilisation ou bien d'une partie des prairies uniquement), la pratique de la transhumance, et l'apport de concentrés (aucune, ou en période de gestation/lactation uniquement).

Cette première étape a également permis d'identifier des acteurs clés, d'inventorier et d'effectuer une typologie des outils numériques spécifiques à ces élevages puis de recenser leurs usages. Cette étape a été réalisée par une étude bibliographique complétée par un entretien avec un expert. Cette phase préparatoire s'est aussi appuyée sur d'autres études réalisées par l'Observatoire des usages de l'agriculture numérique, notamment sur l'élevage bovin laitier (Observatoire, 2018), afin de réaliser des comparaisons et de faire émerger d'éventuelles spécificités de l'élevage pâturant.

La deuxième étape (enquête quantitative) a été menée sous la forme d'un questionnaire en ligne à destination des éleveurs. Ce questionnaire a été réalisé sur la base des enquêtes déjà effectuées dans le cadre de l'Observatoire des usages de l'agriculture numérique sur d'autres filières (Lachia et al. 2019). Une première version de l'enquête a été proposée à un éleveur. Ses retours ont permis d'établir la version définitive du questionnaire. Il a ensuite été diffusé dans toutes les régions de France métropolitaine au cours de l'été 2018 selon deux méthodes :

- Directement, auprès d'éleveurs dont les coordonnées ont été récupérées dans des annuaires disponibles sur internet (Annuaire Bio, Bienvenue à la ferme, Alliance élevage).
- Par le biais des principales structures fédérant des éleveurs : les Chambres d'agriculture, les instituts techniques et structures d'accompagnement de la filière, les principales coopératives. Les structures favorables à la démarche ont diffusé le questionnaire par email dans leur réseau d'éleveurs, qui ont répondu sur la base du volontariat.

Au total, l'enquête a été envoyée directement à 400 personnes dont des éleveurs et des personnes pouvant la relayer dans différents réseaux professionnels. Il est difficile d'établir un nombre d'éleveurs potentiellement touchés par l'enquête, mais en faisant une estimation de 5 éleveurs contactés en moyenne par chaque personne du réseaux, l'enquête a pu toucher de l'ordre de 2000 éleveurs.

La troisième étape (analyse qualitative) a été réalisée sous la forme d'entretiens téléphoniques auprès de différents acteurs de la filière : 8 éleveurs ayant répondu à l'enquête en ligne et acceptant d'être recontactés, 4 techniciens, 1 chercheur et 4 entreprises fournisseurs d'outils numériques. L'objectif de cette étape était de compléter les résultats quantitatifs obtenus lors de l'étape 2, de préciser des cas d'utilisation d'outils numériques et d'améliorer la compréhension et l'analyse des freins à l'adoption identifiés dans l'enquête en ligne. D'une manière générale, les entretiens qualitatifs ont été réalisés avec l'objectif de consolider, de mieux interpréter et de mettre en perspective les résultats obtenus. Des guides d'entretiens ont été réalisés pour chaque type d'acteur interrogé, et les entretiens ont été conduits de manière semi-directive, par téléphone, sur une durée d'1 heure environ par acteur.

1.2. Enquête quantitative

Le questionnaire envoyé a été conçu pour collecter les informations permettant de caractériser l'exploitation et les pratiques des éleveurs. Les questions relatives aux usages du numérique étaient également abordées. Il s'agissait de questions fermées complétées par des échelles de notation destinées à quantifier le niveau d'importance que le répondant accordait à chaque réponse. Cette modalité a été préférée afin d'homogénéiser les réponses et de faciliter l'analyse quantitative des résultats. Pour chaque grand type d'usages, les répondants indiquaient s'ils utilisaient des outils numériques et lesquels. Ils indiquaient également s'ils se sentaient intéressés, et avec quel niveau d'importance, par l'acquisition d'un outil numérique dans le cadre de cet usage. L'objectif était d'identifier des thématiques sur lesquelles il y avait un niveau d'usage important mais peu d'intérêt de la part des éleveurs pour de nouveaux outils, ou bien des thématiques sur lesquelles il y avait un faible niveau d'usage mais un intérêt important et donc des besoins potentiels non couverts par l'offre existante.

Enfin, une partie du questionnaire était dédiée à l'évaluation des freins à l'adoption par les éleveurs : il leur était demandé de noter, parmi une liste de propositions, si un frein était très important, important, peu important ou pas du tout important. Tout au long du questionnaire, des questions ouvertes permettaient également aux éleveurs de s'exprimer, de compléter et de nuancer leurs réponses.

1.3. Présentation du panel

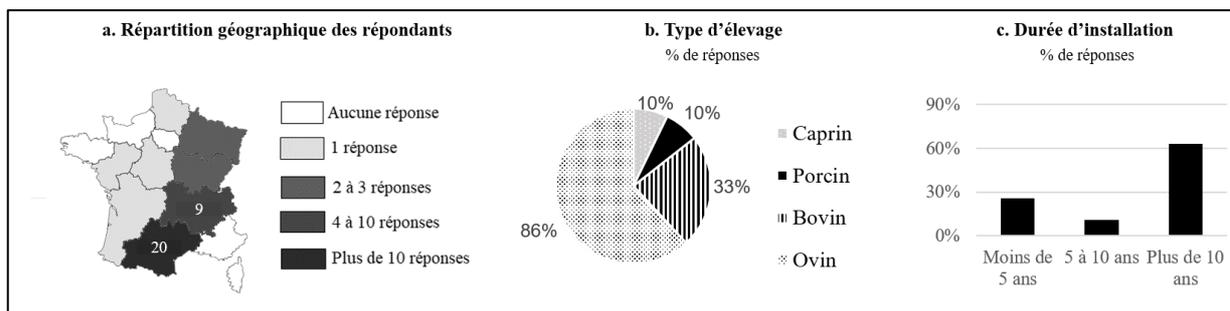


Figure 2 - Caractérisation de l'échantillon (41 répondants au questionnaire en ligne)

41 éleveurs ont répondu à l'enquête en ligne ce qui représente un très faible pourcentage de nombre d'éleveurs potentiellement contactés. La plupart des répondants se situaient dans les régions Auvergne Rhône Alpes (AURA) et Occitanie (Figure 2a). Le sud de la France était donc surreprésenté, mais ce panel était cohérent avec les grandes zones d'élevage pâturant en France car les régions AURA et Occitanie concentrent les principaux systèmes fourragers français (Marie *et al.*, 2015). A noter, que la Normandie et la Bretagne ne sont pas représentées bien qu'ils sont des régions pâturantes. La figure 2b montre que les espèces principales étaient les ovins (86% des répondants) et les bovins (33% des répondants), avec autant d'élevages laitiers qu'allaitants. Les répondants pouvaient sélectionner plusieurs élevages, et 40% des éleveurs pratiquaient le poly-élevage. Plus de 60% des éleveurs étaient installés depuis plus de 10 ans, et 28% des éleveurs étaient installés depuis moins de 5 ans.

2. Les éleveurs d'élevage pâturants sont relativement peu équipés en outils numériques

Les outils numériques les plus utilisés par les éleveurs interrogés sont les logiciels sur ordinateurs (60% des répondants, figure 3). Il s'agit principalement de logiciels de gestion de la reproduction du troupeau et de logiciels de gestion technico-économique de l'exploitation. Ce chiffre est peu important en comparaison à ceux observés dans la filière bovine laitier où plus de 80% des éleveurs utilisent les logiciels sur ordinateur (Observatoire, 2018). Les applications métier sur smartphones et tablettes sont utilisées par 36% des

répondants élevage pâturant (figure 3). Les usages cités sont généralement l'accès à de la connaissance *via* Internet, la facilité à prendre des notes sur le terrain, et l'accès à des logiciels de gestion de troupeau. Ce chiffre est également plus faible que pour la filière bovin lait (60%). 31 % des éleveurs déclarent également utiliser les capteurs mobiles (figure 3). Le niveau d'équipement des éleveurs d'élevage pâturant est du même ordre de grandeur que pour les éleveurs bovins laitiers plus intensifs (37% des répondants). Les entretiens ont permis de préciser que ces capteurs mobiles étaient principalement des équipements associés à l'identification électronique des animaux, obligatoire en élevage ovin. Les équipements cités sont par exemple les balances connectées, les distributeurs automatiques d'alimentation ou encore les parcs de tri automatique. Dans une moindre mesure, les systèmes de géolocalisation ou d'accéléromètres fixés sur les animaux ont également été cités.

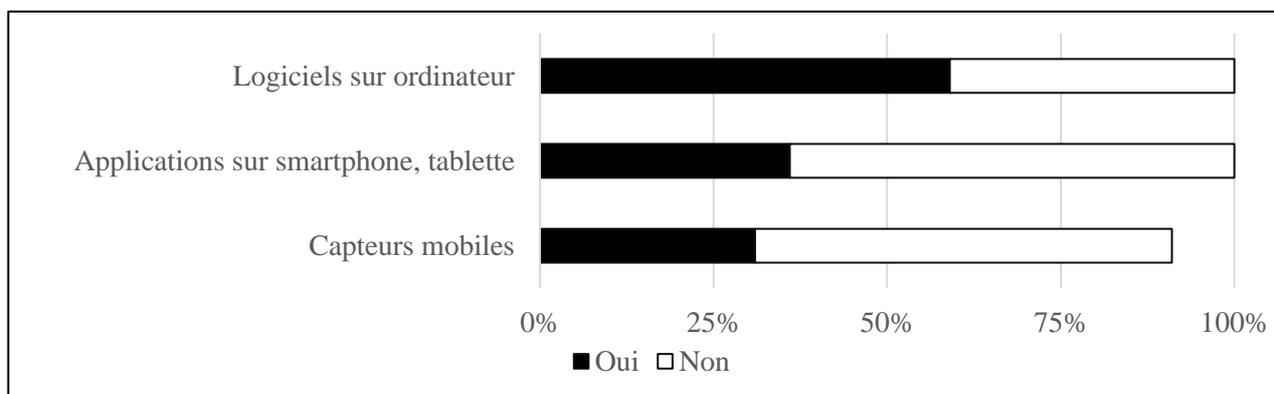


Figure 3 - Outils les plus utilisés par les éleveurs répondants (seuls les outils cités par plus de 30% des répondants sont représentés)

3. Usages et intérêt des outils numériques d'après les éleveurs

La figure 4 présente les types d'usages pour lesquels les éleveurs interrogés utilisent aujourd'hui des outils numériques, et l'intérêt manifesté par les répondants selon ces types d'usages.

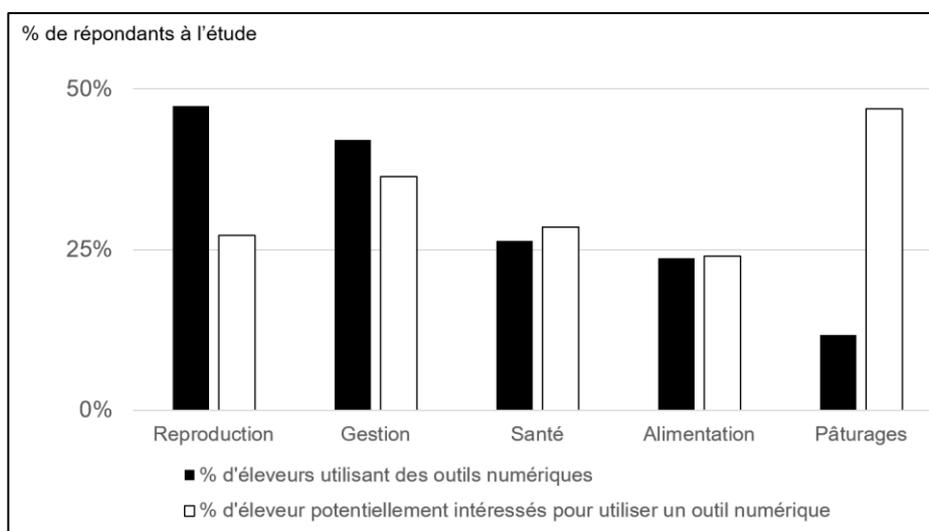


Figure 4 - Usages et intérêt des éleveurs pour les outils numériques

3.1. Les outils numériques sont principalement utilisés pour la gestion de la reproduction

Les principales utilisations des outils numériques par les éleveurs ayant répondu concernent la **gestion de la reproduction** (57% des répondants) et la **gestion technico-économique de l'exploitation** (42% des répondants) (Figure 4). Les outils utilisés permettent de piloter le cheptel dans son ensemble et de gérer les aspects administratifs. D'après les entretiens réalisés, ces usages se sont développés avec l'obligation de **l'identification électronique** pour les cheptels ovins depuis 2013. L'usage du numérique pour la gestion de la santé concerne 26% des répondants. D'après les entretiens réalisés, il s'agit de l'enregistrement des traitements, des épidémies et des pertes d'animaux pour répondre à des enjeux réglementaires principalement de la filière ovine. Ces types d'usages sont assez similaires à la filière bovin laitier. Enfin, un usage spécifique apparaît dans cette filière : les outils numériques pour la **gestion des pâturages**. Il s'agit

notamment de pratiques liées à la gestion des prairies et des parcours, l'entretien des clôtures, le suivi des animaux et de leur activité en prairies.

3.2. L'intérêt d'avoir des outils numériques est hétérogène selon les usages

Pour la reproduction et la gestion technico-économique de l'exploitation, le niveau d'intérêt pour l'usage d'outils numériques est inférieur. D'après les entretiens réalisés, un élément d'explication est que les besoins pour ces deux usages sont essentiellement réglementaires, et les **outils existants** (logiciels de traçabilité) **répondent à ces exigences**. Pour le suivi sanitaire des animaux, le niveau d'usage est légèrement inférieur à l'intérêt par les éleveurs. Il s'agit d'une part de besoins de traçabilité, pour lesquels les outils existants (logiciels de gestion de troupeau, traçabilité) sont similaires aux outils cités précédemment et semblent adaptés. D'autre part, il s'agit de besoins en outils pour la surveillance et la prévention pour lesquels les outils existants ne sont pas toujours considérés comme adaptés ou fiables. Une autre hypothèse évoquée lors des entretiens qualitatifs est que le suivi de la reproduction, la gestion des troupeaux et l'alimentation constituent des missions clés du métier d'éleveur. L'observation et le soin des animaux font partie des tâches que les éleveurs tiennent à effectuer personnellement, sur lesquels ils ont construit leur propre expertise et qui donnent du **sens à leur métier**. Il n'y aurait donc pas de besoins d'outils supplémentaires pour réaliser ces tâches. Ils peuvent toutefois être assistés par des outils pour, par exemple, gagner en réactivité face à des traumatismes chez leurs animaux (stress, lésions), réduire les déplacements et certaines astreintes (alimentation, accès permanent aux informations des animaux sur des outils mobiles).

La gestion des pâturages est l'usage pour lequel les répondants ont exprimé le plus fort intérêt pour des outils numérique (47% des répondants), par rapport à un niveau d'usage faible. L'écart important entre usages et intérêt des outils numériques pour la gestion des pâturages peut traduire un manque d'outils adaptés à ce besoin. En effet, plusieurs éleveurs et experts mentionnent le manque de modèles agronomiques pertinents pour la gestion de l'alimentation, le pilotage des prairies et des parcours, ou l'analyse d'activité des animaux. La gestion des clôtures est aussi problématique sur ce type d'élevages aux grandes surfaces et au parcellaire éclaté, qui subissent des conditions climatiques parfois difficiles. Les éleveurs et techniciens interrogés estiment qu'il n'existe **pas d'outils répondant à leurs besoins, prenant en compte la diversité des situations rencontrées dans cette filière, et qui soient suffisamment solides et fiables**. L'offre en outils numériques apparaît comme relativement récente et souvent encore au stade de développement dans le cadre de projets de recherche. Enfin, une autre problématique associée aux enjeux du pâturage est la défense ou l'anticipation face à la prédation. D'après les experts interrogés, il existe des outils qui se développent en ce sens, mais qui sont encore utilisés très ponctuellement et souvent au stade de prototype issu d'un projet de recherche plutôt que d'un vrai service fiabilisé.

4. Freins à l'adoption des outils numériques

4.1. Sept freins principaux recensés

Tableau 1 - Freins à l'adoption des outils numériques mentionnés par les éleveurs enquêtés comme importants ou très importants (% de répondants – seuls les freins cités par plus de 40% des répondants sont présentés)

	Pourcentage de répondants
Les équipements et services sont trop coûteux	81%
Les outils numériques sont trop complexes à utiliser	52%
Le temps de saisie d'informations est trop important	47%
Il y a des problèmes de communication entre outils	42%
Problèmes de "Zones blanches"	42%
Le terrain de l'exploitation n'est pas adapté	41%
Les outils seraient trop peu utilisés sur l'exploitation	40%

Le frein principal à l'adoption du numérique mentionné par les éleveurs est le **coût des équipements et des services (tableau 1)**. Ce frein est systématiquement mentionné dans toutes les études réalisées par l'observatoire que ce soit sur les filières animales ou végétales. Il s'agit du coût des équipements ainsi que des abonnements souvent associés à l'utilisation des outils. La complexité des outils numériques est

considérée comme un frein par 52% des répondants. Ce chiffre est plus élevé que pour la filière bovin laitier. Enfin, le temps de saisie des informations et les problèmes de communication des outils sont considérés comme des freins importants. Ce sont aussi des limites régulièrement mentionnées par les agriculteurs de toutes les autres filières agricoles. Dans le cas spécifique des élevages pâturants, les entretiens qualitatifs ont permis de préciser qu'il s'agissait de contraintes liées à la **saisie d'informations** dans différents logiciels (double, voire triple saisie) ou dans les applications smartphones, les problèmes d'interopérabilité entre outils ont également été mentionnés.

D'autres freins sont cités par plus de 40% des répondants. Ils sont relatifs au manque d'adaptation des outils aux caractéristiques des élevages pâturants. Les exemples cités sont les exploitations situées en zones de montagne ou confrontées à des conditions difficiles pour lesquelles les outils existants sont considérés comme insuffisamment robustes. C'est le cas également pour les zones non couvertes par les réseaux de télécommunication empêchant l'usage d'outils connectés. L'éloignement géographique et l'accès difficile des parcelles et des parcours contraignent également l'entretien et la maintenance de certains outils.

Certains freins mentionnés comme importants mais par une plus faible proportion d'éleveurs (<40 %) sont relatifs à la crainte de perte de lien avec les animaux, au manque de visibilité sur l'offre en outils existants, à la crainte de modification des méthodes de travail imposées par ces outils, et à l'isolement des éleveurs.

4.2. Compléments apportés par les entretiens

Ces résultats montrent que les éleveurs expriment des freins classiques aux technologies numériques pour l'agriculture (Pathak et *al.*, 2019 et Kernecker et *al.*, 2020). Mais l'étude met aussi en évidence des freins spécifiques à la filière comme le manque d'outils adaptés. Les entretiens ont permis d'identifier plusieurs explications :

- Les outils numériques étaient plutôt développés pour les filières bovin, porcin, mais peu pour les petits ruminants : il s'agit par exemple de capteurs non adaptés à l'animal, insuffisamment robustes, ou de logiciels de gestion de troupeau ne permettant pas la gestion des lots.

- Les élevages pâturant sont très diversifiés avec de nombreuses espèces d'animaux, un poly-élevage fréquent, une grande hétérogénéité des pratiques culturelles, des territoires et des terrains ainsi qu'une grande variabilité des pratiques individuelles et des modes d'accompagnement des éleveurs. Il en résulte que peu d'outils sont capables de s'adapter à cette diversité et aux pratiques de pâturages variables d'un éleveur à l'autre.

Les entretiens quantitatifs ont confirmé la grande difficulté pour les fournisseurs et distributeurs d'outils de proposer des solutions susceptibles de s'adapter à chaque situation particulière. D'un autre côté, les entretiens auprès des éleveurs ont montré que, s'il existe des projets de recherche et des prototypes d'outils, peu d'éleveurs sont informés ou impliqués dans ces démarches. Certains expriment un sentiment d'isolement qui se concrétise par un désintérêt des fournisseurs de services et un manque d'effort de recherche pour répondre aux enjeux spécifiques à leur filière. Par exemple, selon eux, la pratique du pâturage implique d'avoir des outils robustes et fonctionnant en zone blanche, le poly-élevage implique d'avoir des outils qui puissent s'adapter à différentes espèces animales. Ces spécificités ne sont aujourd'hui pas prises en compte dans les outils existants. L'isolement géographique des exploitations exacerbe ce sentiment. De plus, il a été mentionné que les faibles capacités d'investissement de cette filière, généralement à faible revenu, n'encouragent ni les éleveurs, ni les fournisseurs d'outils à investir dans du développement et du tests d'outils innovants. Ce constat est toutefois à mitiger puisque les entretiens réalisés au sein de zones d'appellations, où il existe un suivi plus structuré par des techniciens ou des instituts techniques, ont montré que la filière y est davantage utilisatrice d'outils numériques.

Conclusion

Cet article présente des premiers résultats qu'il pourra être pertinent de tester auprès d'un échantillon plus large et mieux réparti sur l'ensemble de la France. L'étude a toutefois permis de dresser un état des lieux des usages du numérique dans des élevages pâturants, qui sont encore peu étudiés par ailleurs. Les éleveurs interrogés utilisent des outils numériques plutôt classiques (logiciels sur ordinateurs) ou associés à l'identification électronique des animaux. Ces résultats peuvent être expliqués par la forte représentation de l'élevage ovin dans l'échantillon. Le taux d'utilisation global est toutefois faible, en comparaison à d'autres filières animales comme l'élevage bovin laitier. L'étude a surtout mis en évidence que les outils disponibles sur le marché semblent ne pas être adaptés aux besoins des éleveurs, et que certains besoins ne sont pas correctement couverts par les outils numériques disponibles comme les pratiques liées au pâturage. Parmi les freins rencontrés, l'étude souligne d'une part, la difficulté des éleveurs à être informés des outils existants

et à les mettre en œuvre sur leur exploitation, d'autre part celle des experts et fournisseurs d'outils à proposer des outils accessibles et répondant à la diversité des besoins et des situations de production. Une étude plus spécifique sur ces points, notamment la compréhension des pratiques liées aux pâturages permettrait de mieux percevoir les besoins précis des éleveurs. Cela passe notamment par l'implication des éleveurs dans le processus de développement des outils et services par l'ensemble des acteurs impliqués : fournisseurs et distributeurs d'outils, acteurs de la recherche et instituts techniques.

Remerciements : Cette étude a été réalisée dans le cadre du projet Observatoire des usages de l'agriculture numérique (<http://agrotic.org/observatoire/>) porté par la Chaire d'entreprises AgroTIC et l'institut convergence agriculture numérique #DigitAg. Ces dispositifs impliquant l'enseignement, la recherche et les entreprises ont permis la mise en œuvre de l'étude sous forme de projet d'élèves ingénieurs agronomes en 2018. Les auteurs remercient les différents partenaires impliqués dans ce projet, et en particulier Roxane Fourcaudot, Mahona Gelin, Eloïse Maire et Estelle Millet pour la réalisation des enquêtes quantitatives et qualitatives, et pour les analyses approfondies qui ont été effectuées.

Références bibliographiques

- Hostiou N., Allain C., Chauvat S., Turlot A., Pineau C., Fagon J. (2014). « L'élevage de précision : quelles conséquences pour le travail des éleveurs », *INRA Prod.Anim*, 27(2), 113-122
- IDELE, (2018). « Présentation du projet CLOChète », IDELE, UMT Pasto. Disponible sur : http://idele.fr/fileadmin/medias/Images/Presentation_projet_CLOCHETE_vf.pdf
- Kernecker M., Knierim A., Wurbs A., (2020). « Experience versus expectation : farmers' perceptions of smart farming technologies for cropping systems across Europe ». *Precision Agriculture*, 21, 34-50
- Lachia N., Pichon L., Tisseyre B., (2019). "A collective framework to assess the adoption of precision agriculture in France : description and preliminary results after two years". *Precision Agriculture* : Proc. 12th European Conf. on Precision Agriculture, ed. J.V. Stafford, Wageningen Academic Publishers, 19, 851-857
- Lee C., Colditz I.G., Campbell D.L.M., (2018). « A Framework to Assess the Impact of New Animal Management Technologies on Welfare: A Case Study of Virtual Fencing » *Frontiers in Veterinary Science*, 5, 187
- Lescoat P., Brossard L., Dourmad J.Y., (2017). "L'élevage de précision, une source d'innovations et d'évolution des métiers dans les filières animales - les élevages de porcs et volailles ». *Académie d'Agriculture de France (AAF)*, Hal-02790132
- Lovarelli D., Bacenetti J., Guarino M., (2020). « A review on dairy cattle farming: Is precision livestock farming the compromise for an environmental, economic and social sustainable production? », *Journal of Cleaner Production*, 262, 121409.
- Marie M., Bermond M., Madeline P., Coinaud C., (2015). « Une typologie des combinaisons d'utilisation agricole du sol en France en 2010 : propositions méthodologiques. », *M@ppemonde, Maison de la géographie*, 14203.
- Meuret M., Tichit M., et Hostiou N., (2013). « Elevage et pâturage « de précision » : l'animal sous surveillance électronique. », *Courrier de l'environnement de l'INRA*, 63, 13-24.
- Observatoire, (2018). "Usages du numérique en élevage bovin laitier ». Observatoire des usages de l'agriculture numérique, Dossier n°3. Disponible sur : <https://agrotic.org/observatoire/2018/11/20/dossier-n3-usages-du-numerique-en-elevage-bovin-laitier/>
- Pathak H.S., Brown P., Best T. (2019). "A systematic literature review of the factors affecting the precision agriculture adoption process". *Precision Agriculture*, 20, 1292-1316
- Reinermann S., Asam S., Kuenzer C., (2020). « Remote Sensing of Grassland Production and Management—A Review », *Remote Sensing*, 12, 19-49
- SheepNet, (2018). « Elevage ovin de précision en Europe : un début timide », Projet Européen SheepNet. Disponible sur : http://www.sheepnet.network/sites/default/files/201911/Elevage%20ovin%20de%20pr%C3%A9cision_sheepnet%20et%20usage.pdf
- Vayssade J.A., Arquet R., Bonneau M., (2019). « Automatic activity tracking of goats using drone camera », *Computers and Electronics in Agriculture*, 162, 767-772