

Prise en main des clôtures virtuelles pour gérer le pâturage : exemple chez les génisses et brebis

A. Fischer¹, S. Caillaud², D. Deleau³, G. Dufour⁴, D. Gautier^{1,6}, T. Huneau⁵, C. Valadier^{1,6}, S. Valance⁴, L.-A. Merle⁴, N. Van Elsen³ et L. Depuille¹

1 : Institut de l'élevage, 149 rue de Bercy, 75595 Paris ; amelie.fischer@idele.fr

2 : Ferme expérimentale des Etablières, Route du Moulin-Papon, 85000 La Roche sur Yon

3 : ARVALIS Institut du végétal Ferme expérimentale de Saint Hilaire en Woëvre 55160 Saint Hilaire en Woëvre

4 : Chambre d'agriculture Pays de la Loire – Ferme expérimentale des Etablières, Route du Moulin-Papon, 85000 La Roche sur Yon

5 : Chambre d'agriculture Pays de la Loire - Ferme expérimentale, 15 la touche, 44590 Derval

6 : CIIRPO, ferme expérimentale ovine du Mourier, 87800 Saint Priest Ligoure

Résumé

La gestion du pâturage requiert classiquement la mise en place de clôtures physiques (CP) pour contenir les animaux dans la surface définie. D'autres solutions basées sur la dématérialisation des clôtures se développent à l'étranger pour libérer du temps à l'éleveur. L'objectif de l'étude était de tester la capacité d'adaptation de génisses et de brebis à un dispositif de clôture virtuelle (CV). A cet effet, différents essais ont été menés dans le réseau Digifermes[®] au printemps 2020 avec au total 27 génisses suivies réparties sur 3 fermes expérimentales et 30 brebis suivies sur un 4^{ème} site. Chaque animal était équipé d'un collier muni d'un capteur GPS qui le géolocalise et émet un signal sonore s'il se rapproche d'une CV, puis un stimulus électrique si l'animal persiste dans la mauvaise direction. Une période d'apprentissage de 8 jours a été mise en place pour les génisses alors que les brebis n'en ont pas eu. Cette première année d'observations montre que les génisses et les brebis se sont rapidement familiarisées avec ce dispositif, comme en témoigne la réduction rapide du nombre d'alertes sonores et stimuli à partir du deuxième jour de CV. Aucun effet n'a été observé sur la croissance des génisses, néanmoins des études plus longues doivent être réalisées pour consolider les résultats. Les prochains projets avec des bovins et des ovins étudieront l'effet de la CV sur la valorisation de l'herbe, le comportement et le bien-être animal, ainsi que le travail de l'éleveur.

Introduction

La gestion du pâturage requiert de pouvoir organiser dans le temps l'affectation des lots d'animaux aux différentes parcelles ou paddocks utilisés afin d'ajuster l'herbe offerte aux besoins des animaux. A cet effet, les animaux sont maintenus dans une zone grâce à la présence d'une ou plusieurs clôtures physiques (CP). Ces limites permettent à la fois de concentrer le pâturage sur la zone souhaitée, mais aussi de protéger certaines zones qui ne doivent pas être pâturées. Ces CP constituent à la fois un outil de gestion de la croissance de l'herbe mais aussi un outil pour sécuriser le pâturage, en protégeant les animaux mais aussi la faune et flore environnante. Les CP peuvent être fixes ou mobiles et garantissent quasiment à 100% la contention des animaux dans l'enclos si elles sont adaptées au type d'animal et bien entretenues. Elles représentent un investissement non négligeable et un temps d'entretien important pour maintenir l'intégrité de la clôture, et contenir la végétation proche de celle-ci. Par ailleurs les CP peuvent être source de blessures pour le bétail, les animaux sauvages et les éleveurs et contraignent la circulation des engins agricoles.

La virtualisation des clôtures permettrait de résoudre ces problèmes. Jusqu'au début des années 2010, les travaux consacrés au « pâturage de précision » visaient prioritairement les systèmes d'élevage « extensifs » de l'Ouest Nord-américain, d'Australie, d'Afrique du Sud, d'Argentine et du Brésil (Meuret et al., 2013). Le projet européen ICT Grazing Tools (2013-2016) avait pour objectif de développer de nouveaux outils de gestion du pâturage avec un volet consacré à l'utilisation de clôtures virtuelles (CV) dans les systèmes de pâturage intensif. L'objectif de ces clôtures est de remplacer les limites physiques par des limites invisibles. Les premiers prototypes proposaient d'enterrer un câble électrique et de prévenir les animaux de la proximité de la limite par un avertissement sonore puis un stimulus électrique délivré par un capteur embarqué sur l'animal en cas de franchissement de la limite (Monod et al., 2009). L'installation et l'entretien de cette solution reste aussi chronophage que pour les clôtures visibles. Les solutions plus récentes ont bénéficié du développement des systèmes de géolocalisation en élevage, telles que les GPS (global positioning system), pour entièrement dématérialiser les clôtures. Les CV nécessitent d'une part, de géolocaliser les limites de la parcelle autorisée au pâturage, et, d'autre part, de géolocaliser chaque animal. A cet effet, chaque animal est équipé d'un collier GPS, qui génère également des alertes sonores lors du franchissement de la CV, parfois suivi d'un stimulus électrique.

Cette technologie n'est pour le moment pas commercialisée en France. Des solutions ont été développées à l'étranger : en Norvège (NoFence, (Brunberg et al., 2015)), en Australie (eShepherd, (Lomax et al., 2019)), au Royaume-Uni (Boviguard, (Umstatter et al., 2015)). Ces solutions ont très peu été testées pour des systèmes de pâturage intensif alliant chargement instantané élevé et petites surfaces (0,5 à 3 ha) renouvelées régulièrement (de la demi-journée à quelques jours), caractéristiques des systèmes pâturant français, (Campbell et al., 2017; Colusso et al., 2020; Hogewerf et al., 2019; Lomax et al., 2019), et encore moins pendant des durées dépassant la semaine (Campbell et al., 2017; Umstatter et al., 2015).

Face à ce constat, les études présentées ici visent à tester et éprouver un dispositif de clôture virtuelle dans des systèmes de pâturage intensif en l'utilisant avec différentes espèces : bovins laitiers et allaitants, et brebis. Ces recherches visent à vérifier que la précision des CV permet de gérer un pâturage sur des petites surfaces avec niveau de chargement élevé et la possibilité de changer régulièrement les animaux de paddock. Cet article présente la technologie utilisée et le dispositif expérimental mis en place ainsi que les retours d'expérience à l'issue de l'année de prise en main.

1. La technologie utilisée

1.1. Fonctionnement en routine

Le principe de la clôture virtuelle est identique à celui d'une clôture « visuelle » ou physique, il s'agit de prévenir l'animal lorsqu'il atteint la limite du paddock. Avec une clôture physique, la limite est facilement appréhendable par l'animal grâce à la visibilité des barrières qui constituent un stimulus à la fois visuel et physique en cas de contact (fils électriques ou barbelés). Les CV sont par définition des clôtures qui ne sont pas visibles ou palpables car il n'y a pas d'objet physique délimitant la zone autorisée. Le stimulus de franchissement de la limite qui était physique avec l'utilisation des barbelés ou électriques avec les fils électriques en CP devient sonore, voire sonore et électrique, avec les CV. Pour savoir si l'animal est à l'intérieur ou à l'extérieur de l'enclos, il faut à la fois définir la géolocalisation de la CV et connaître la position de l'animal pour la comparer à celle de la CV. Le matériel testé dans le cadre du réseau des Digifermes® est celui commercialisé par l'entreprise NoFence (Norvège). Lorsqu'un animal franchit la CV (Figure 1), il est prévenu par un son diffusé par le collier. Si l'animal continue à s'éloigner de la CV, il reçoit un premier stimulus électrique. A l'inverse si l'animal rebrousse chemin dès l'alerte sonore, il ne reçoit aucune autre alerte. L'animal peut recevoir jusqu'à 3 séquences d'alerte sonore/stimulus électrique. Au-delà des trois séquences, le capteur se met en veille, avertit l'éleveur de la fuite de l'animal par SMS et continue de géolocaliser l'animal à intervalle de 30 min environ. Le retour de l'animal dans le paddock réactive le collier.

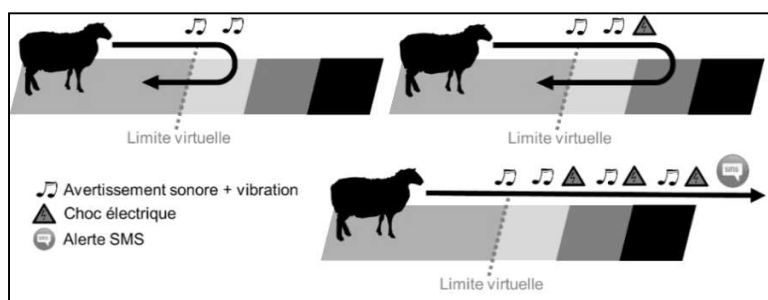


Figure 1 - Fonctionnement de la clôture virtuelle avec trois situations de franchissement de la limite virtuelle : un retour en arrière après l'alerte sonore (en haut à gauche), un éloignement puis retour en arrière (en haut à droite) après le stimulus électrique, et enfin une échappée (en bas droite). (source : <https://preorder.nofence.no/en>)

1.2. Descriptif du dispositif testé

Chaque animal a été équipé d'un collier muni d'un boîtier contenant un capteur GPS, une batterie rechargeable, et un émetteur de son. La batterie est connectée à des chaînes métalliques (Figure 2). Le stimulus électrique est délivré par la batterie par l'intermédiaire des chaînes. Lors de l'installation du collier, l'opérateur doit veiller à ce que ce dernier soit en contact avec la peau de l'animal. Pour les brebis, la laine peut être écartée, voire tondue au niveau du cou pour s'assurer du contact entre les chaînes et la peau. Le boîtier porte deux panneaux solaires pour recharger la batterie et ainsi allonger son autonomie (Figure 2). Les capteurs sont géolocalisés avec une fréquence moyenne autour d'une donnée générée toutes les 11 minutes (min de 1 minute et max de 15 minutes). **Par ailleurs, la précision du GPS est maximale au niveau de la CV, avec une précision comprise entre 0,5 et 1,1 m au niveau de la CV.** Ainsi une CP fixe devient une bande de 2 m de large en CV. Cette précision est plus variable dans le reste du paddock en allant de 0,5 à 10 m. **L'autonomie de la batterie**

est d'autant plus courte que l'animal génère des alertes sonores et des stimuli électriques, avec un **minimum d'autonomie autour d'une vingtaine de jours**. Les données sont transmises par le réseau satellitaire et sont communiquées à l'éleveur par une application Smartphone via le réseau téléphonique. En routine, il faut veiller à charger les batteries avant d'en équiper les animaux, tracer la CV sur l'application Smartphone, et activer les colliers uniquement quand les animaux se trouvent dans le paddock. Les colliers peuvent être attribués à des paddocks différents permettant ainsi de gérer, grâce à l'application NoFence, plusieurs lots d'animaux. **Les colliers ont plusieurs modes d'utilisation** : soit en géolocalisation seule, soit en mode « apprentissage », pour lequel le signal sonore s'arrête dès que l'animal fait demi-tour, soit en mode « routine » avec alerte sonore et électrique.

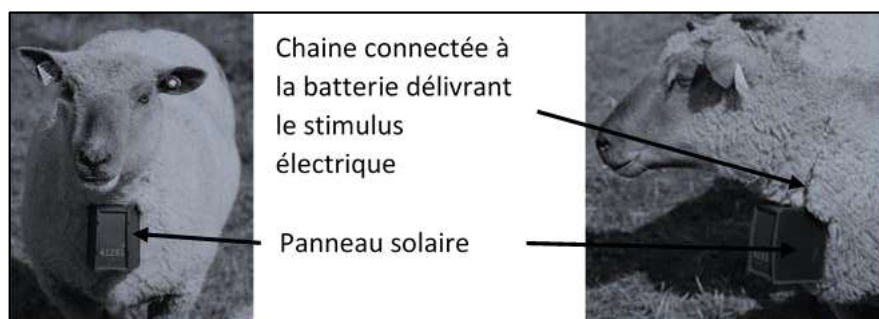


Figure 2 - Collier développé par NoFence vu de face (gauche) et de profil (droite) pour les ovins.

1.3. Un investissement financier élevé

L'investissement initial comprend des capteurs à 300 € l'unité pour les bovins et 200 € pour les petits ruminants, un abonnement coutant entre 0,20 et 0,60€/j/capteur, une batterie de rechange (80 € environ) et un chargeur (50 €). Ces **coûts sont dégressifs avec le nombre de colliers utilisés et le nombre annuel de jours d'utilisation**. Le coût constitue donc un frein important à l'adoption de ce dispositif. Comme pour toute technologie, ce coût sera sans doute amené à baisser avec son déploiement à plus grande échelle. **Une solution pour réduire le coût serait de n'équiper qu'une partie du troupeau** (cf. partie 4) ou de louer le matériel.

2. Dispositifs expérimentaux pour tester les clôtures virtuelles

L'objectif de cette première année de test de la technologie CV de NoFence était de prendre en main le matériel et le dispositif, **comprendre le fonctionnement**, et noter les limites du système. Un second objectif était de **vérifier la capacité des animaux à s'adapter à ce dispositif**, et **d'identifier les comportements individuels face à la CV**. En parallèle, pour les génisses nous avons aussi souhaité vérifier que les CV n'avait pas d'effet sur la croissance et permettait de **gérer un pâturage tournant classique (3 à 7 jours par paddock)** en vérifiant également l'homogénéité du pâturage.

2.1. Essais mis en place sur 4 fermes expérimentales

Le système des CV a été expérimenté dans le cadre du réseau des Digifermes® (<https://digifermes.com>), dans différents systèmes d'élevage de ruminants : Saint-Hilaire en Woëvre (55) et Les Etablières (85) avec de bovins allaitants Charolais, Derval (44) avec des bovins laitiers Holstein et le CIIRPO au Mourier (87) avec des brebis Mouton Vendéen et des brebis F1 (Ile de France x Romanov). La proximité de la ferme des Etablières avec la ville de La Roche sur Yon nous a également permis de tester les capteurs avec une potentielle interférence entre la proximité de la ville, et donc d'outils connectés. La prise en main du dispositif a été réalisée pour les bovins avec des **génisses âgées de 1 à 2 ans**, et pour les **petits ruminants avec** des brebis de réforme. L'offre en herbe étant très limitée à l'automne 2020 à cause des conditions séchantes, nous avons raccourci la durée de l'essai prévu à la ferme de Derval qui ne sera par conséquent pas présenté dans ce document, et avons dû rajouter du foin aux brebis pour couvrir leurs besoins.

Pour les fermes avec des bovins allaitants, l'essai a été conduit au printemps 2020 avec deux lots expérimentaux : un lot témoin qui a pâturé en CP toute la durée et un lot expérimental (CV) qui a commencé en CP, puis a été habitué aux CV avec une phase d'apprentissage, suivie d'une période en CV. Les deux périodes expérimentales ont duré entre 29 et 35 jours. La phase d'apprentissage a duré 8 jours (cf. partie 3). La période en CV incluait **deux limites latérales physiques et deux limites virtuelles** (Figure 3). Les CV étaient déplacées à chaque changement de paddock. Les deux lots étaient conduits en pâturage tournant, avec des changements simultanés de paddock. Les prairies disponibles n'avaient pas toutes la même composition floristique et donc

différait en qualité. Le lot expérimental contenait 10 génisses. Une double pesée a été réalisée le premier jour de l'essai, à la fin de la première période et à la fin de la deuxième période pour estimer le gain moyen quotidien (GMQ) intra-période et lot. Les génisses étaient aussi équipées d'un accéléromètre sur la totalité de l'essai pour pouvoir identifier d'éventuelles différences de comportement alimentaire et d'activité entre la période CP et CV.

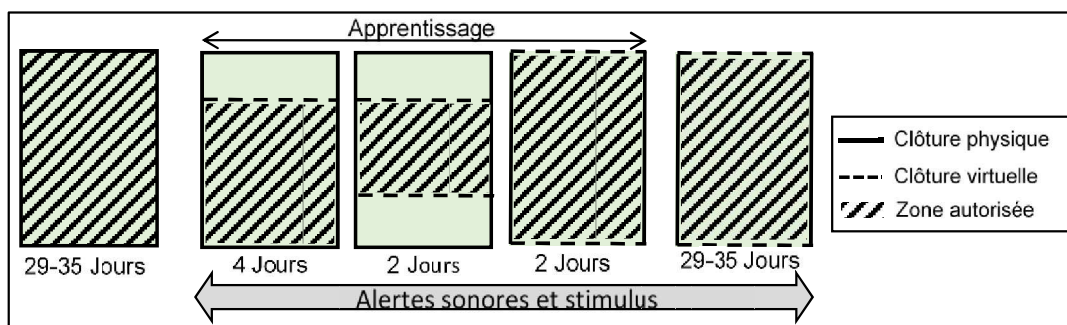


Figure 3 - Protocole d'apprentissage appliqué aux génisses allaitantes.

L'essai conduit à l'automne 2020 au Mourier sur des brebis **non tondues** a duré 9 jours avec 20 brebis de race Mouton Vendéen de réforme équipées pendant les 8 premiers jours, 10 ayant été conservées dans l'essai le 9^{ème} jour. Contrairement aux génisses, le paddock des brebis ne contenait qu'une seule CV. Cette limite virtuelle a été déplacée 4 fois sur la totalité de l'essai (Figure 4). Une phase d'adaptation de 4 jours a été mise en place pour habituer les brebis aux colliers en utilisant le mode « géolocalisation seule ». Que ça soit pour les brebis ou les génisses, les animaux étaient déjà sensibilisés à la clôture électrique physique, ne nécessitant donc pas d'apprentissage lié au stimulus électrique. Les CV étaient activées à partir du 5^{ème} jour de l'essai. Le 8^{ème} jour, la moitié des brebis vendéenne a été remplacée par des brebis F1 novices au dispositif, connues pour avoir un comportement plus vif. Le 9^{ème} jour, la CV a été déplacée pendant 3h pour tester si le niveau de connaissance du dispositif par les brebis affectait leur capacité à localiser la nouvelle CV.

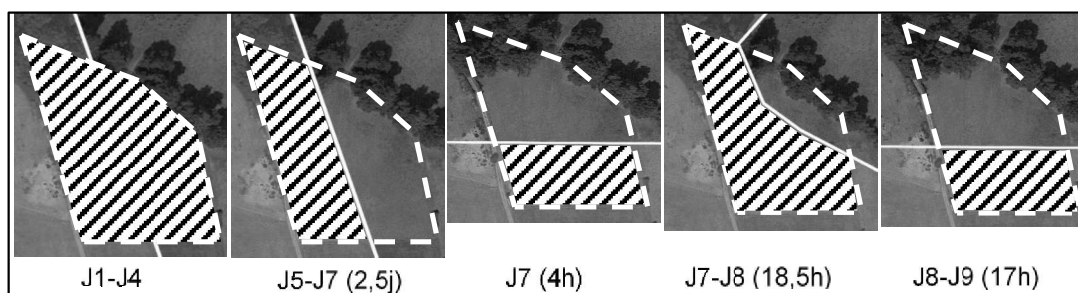


Figure 4 - Localisation de la CV pour l'essai avec les brebis de réforme à l'automne 2020. La CV est représentée par trait plein, la CP par les pointillés et la zone autorisée par la surface hachurée.

2.2. Définition d'un protocole d'apprentissage

La transition d'un pâturage géré avec des CP à un pâturage incluant des CV comporte une phase d'apprentissage des animaux. En effet, les animaux passent d'une parcelle délimitée par des limites physiques, donc visuelles, à une limite dématérialisée, identifiable uniquement par les alertes sonores délivrées par le collier GPS. A cet effet, les génisses ont eu 8 jours pour apprendre à interpréter les signaux émis par le capteur. Le déroulement de cette phase d'apprentissage a été basé sur le protocole défini par NoFence. Durant toute la période CP, les génisses étaient équipées du capteur NoFence en mode « géolocalisation seule » pour les habituer au port du collier. Le premier jour du protocole d'apprentissage les génisses ont changé de parcelle et les colliers ont été activés pour générer les avertissements. **Le paddock était délimité par des CP durant les 6 premiers jours d'apprentissage.** Une première CV a été introduite dès l'entrée sur ce paddock et pendant 4 jours de façon à ce que les génisses aient accès aux trois quarts de la surface du paddock (Figure 3). Durant la première heure à la ferme des Etablières, dès que les capteurs généraient l'alerte sonore, les animaliers ont repoussé les génisses dans la zone autorisée. Pendant les heures suivantes, les animaliers n'intervenaient qu'en cas de nécessité. Le 5^{ème} jour les génisses ont changé de paddock, et découvert deux CV de façon à restreindre les animaux à la moitié du paddock (Figure 3). **Le 7^{ème} jour, les 2 CV ont été déplacées pour qu'elles se superposent aux CP, et les CP avant et arrière ont été complètement retirées.** La matinée du premier jour de l'apprentissage a été filmée en continu aux Etablières pour identifier des comportements atypiques lors de la découverte des CV par les animaux.

3. Résultats : des animaux et des éleveurs qui apprennent rapidement, mais une diversité de réponses individuelles

A ce jour, les seules données disponibles et exploitables sont les données de croissance (GMQ) et les données quotidiennes générées par le capteur NoFence.

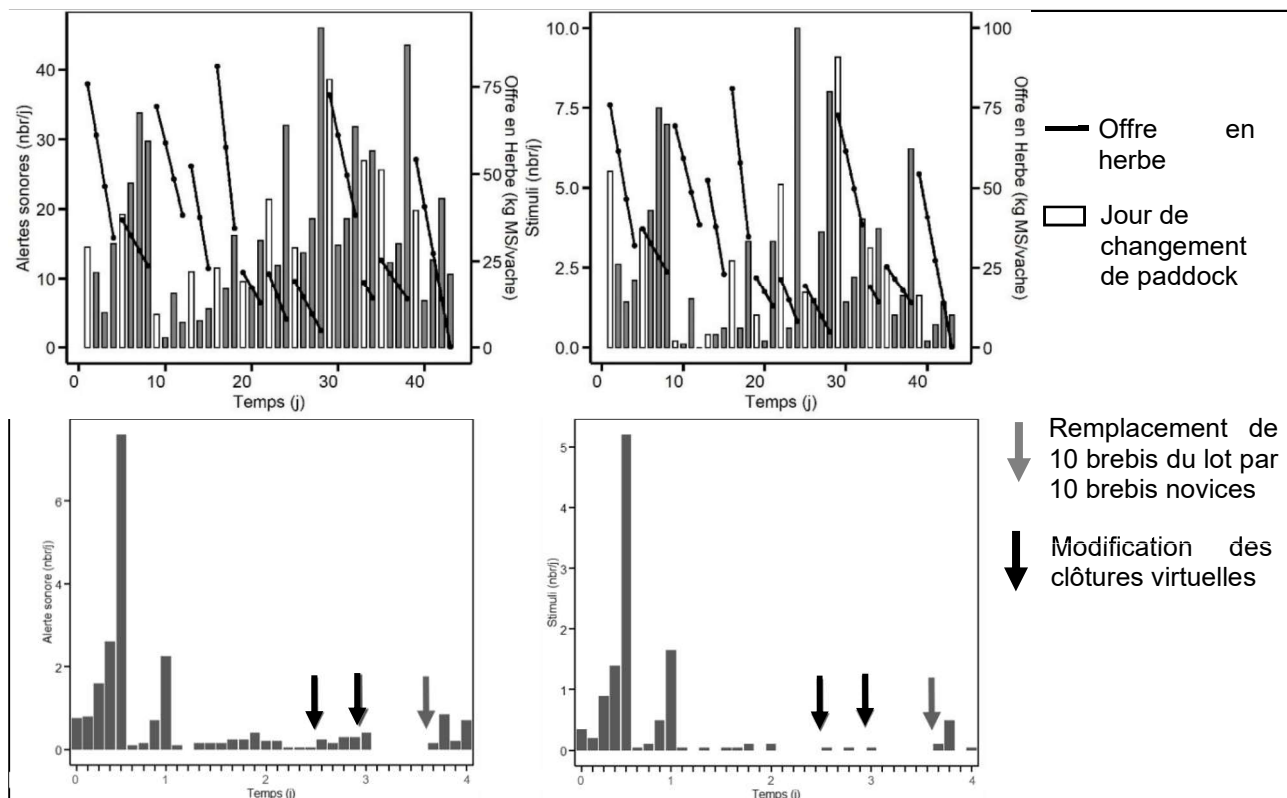


Figure 5 - Nombre moyen d'alertes sonores et nombre moyen de stimuli électriques, graphique du haut : au cours de l'apprentissage (J1 à 8) et de la période 2 (J9 à 43) pour les génisses ; graphique du bas : à partir de l'activation des clôtures virtuelles pour les brebis.

3.1. Une capacité d'apprentissage rapide

Nos observations laissent penser que les génisses et les brebis comprennent rapidement le fonctionnement des CV. En effet, le nombre d'alertes a rapidement diminué au cours des premiers jours d'apprentissage. Pour les génisses, le nombre de stimuli électriques diminue de 50% sur les 2 premiers jours et entre le 2^{ème} et 3^{ème} jour et le nombre d'alertes sonores diminue de 25% sur les 2 premiers jours et de 50% entre le 2^{ème} et 3^{ème} jour (Figure 5). Sur les jours 5 à 8, les alertes sonores et électriques ont augmenté. Cela s'explique principalement par la multitude de changements introduits en peu de temps sur la deuxième moitié de la phase d'apprentissage avec l'introduction de la seconde limite virtuelle à J5, restreignant ainsi les animaux à la moitié de la surface du paddock et au déplacement des 2 limites à J7 (Figure 3). Le nombre d'avertissements sonores et électriques est maximal le premier jour après changement de paddock, puis a rapidement diminué les jours suivants pour ré-augmenter lorsque la quantité d'herbe offerte était minimale ($p < 0,01$). Cette relation négative entre nombre d'alertes sonores ou électriques et quantité d'herbe offerte sera analysée plus en détail dans les essais futurs. Le nombre d'avertissements a considérablement diminué après le premier jour d'activation des colliers pour les brebis, alors qu'aucun protocole d'apprentissage n'avait été mis en place. A l'inverse des génisses, le changement de localisation des CV n'a pas engendré d'augmentation importante des alertes ce qui semble indiquer que les brebis évitent de générer les alertes en restant loin des CV (Figure 6). Les futurs essais devront vérifier que ce comportement n'est pas systématique pour les brebis car il pourrait engendrer un gaspillage d'herbe.

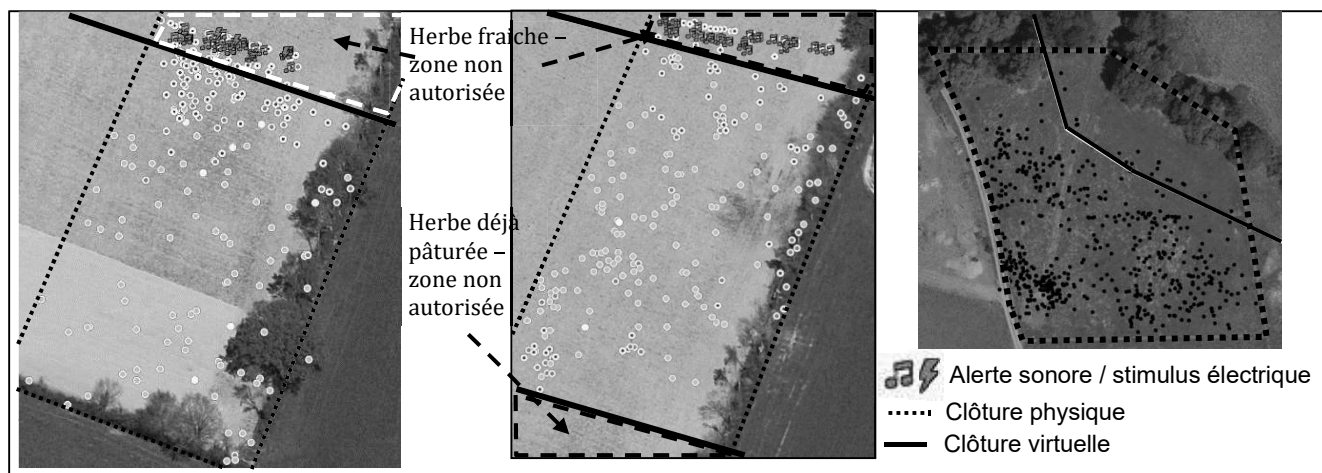


Figure 6 - Géolocalisation d'une génisse à la ferme expérimentale des Etablières (Photos de gauche et du milieu) et des 20 brebis à la ferme expérimentale du Mourier le 7^{ème} jour de l'essai (photo de droite).

3.2. Une contention réussie avec une forte variabilité de comportement exploratoire

En dehors de la phase d'apprentissage, les génisses ont eu, en moyenne, 16,9 et 10,4 alertes sonores par jour pour 2,4 et 3,2 stimuli électriques par jour par génisse, respectivement aux Etablières et à St-Hilaire en Woëvre. Les brebis ont en moyenne généré nettement moins d'alertes que les génisses, avec 1,8 alertes sonores et 0,4 stimuli électriques par jour par brebis. L'exploration des limites par les génisses était concentrée au niveau de la CV jouxtant le paddock avec une offre en herbe supérieure à celle du paddock en cours de pâturage (Figure 6). Sur les 10 génisses suivies sur chaque ferme, il y en a une qui s'échappait régulièrement pour aller pâturer dans le paddock voisin. Le lot complet de génisses s'est échappé une fois après avoir pris peur durant un orage. Chez les brebis, il y a eu une échappée de l'ensemble du lot, qui à ce jour n'a pas été élucidée. Les expérimentateurs ne sont intervenus que pour ramener les animaux échappés, quand ceux-ci ne faisaient pas partie des animaux identifiés comme étant régulièrement échappés.

Les autres génisses sont restées dans les limites souhaitées, malgré l'attrait pour les zones ayant une offre en herbe supérieure. Ce comportement exploratoire est très variable entre les individus (Figure 7). En effet, certains individus génèrent en moyenne sur l'ensemble de l'essai 48,7 alertes sonores par jour quand d'autres seulement 3,4. Ce clivage entre individus qui testent régulièrement la CV et ceux qui le font moins est encore plus marqué pour les brebis, où quelques individus seulement ont testé la limite. Contrairement aux génisses, aucune brebis n'a franchi la CV durablement pour pâturer de l'autre côté de la CV. Elles sont systématiquement revenues dans la zone autorisée où se trouvait le reste des animaux. Cette différence notable entre génisse et brebis s'explique probablement par le comportement plus grégaire des brebis. **Ces résultats suggèrent d'étudier plus en détails les caractéristiques de ces animaux « explorateurs » et notamment arriver à les identifier pour tester la faisabilité de n'équiper que ces animaux-là, et ainsi diminuer l'équipement nécessaire.** A cet effet, il s'agirait d'analyser le lien entre le niveau hiérarchique des animaux et leur tendance à explorer la CV.

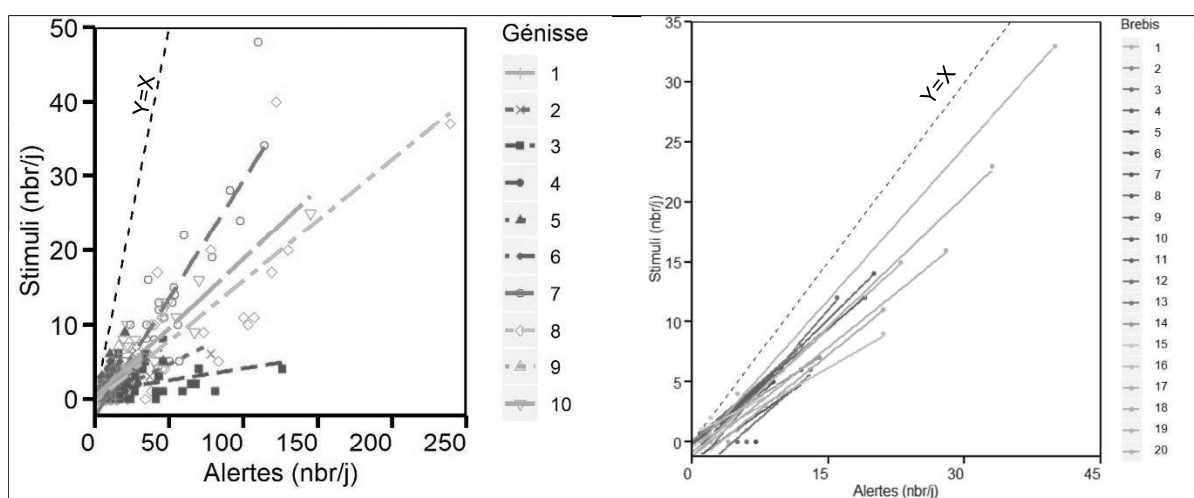


Figure 7 - Relation entre le nombre de stimuli électriques reçus en fonction du nombre d'avertissements sonores reçus.

3.3. Un apprentissage sans effet notable sur la croissance des animaux

Les GMQ obtenus dans les deux fermes allaitantes sont conformes aux GMQ obtenus habituellement sur ces fermes-là, suggérant l'absence d'effet des CV sur la croissance des génisses. L'interprétation de ces GMQ est néanmoins délicate étant donné la courte durée des périodes expérimentales. Ces résultats sont donc à **confirmer avec des essais plus longs**. Aux Etablières, le GMQ des génisses était de 0,828 kg/j lorsqu'elles étaient en CP et de 1,215 kg/j en CV, alors que le lot témoin a maintenu un GMQ moyen à 1,033 kg/j. À l'inverse, à St-Hilaire en Woëvre, le GMQ des génisses du lot CV s'est maintenu avec une moyenne à 1,610 kg/j sur les deux périodes, alors que le GMQ du lot témoin a baissé de 1,870 en première période à 1,250 kg/j en deuxième période. La différence de GMQ entre les 2 lots s'expliquerait davantage par la différence de qualité de l'herbe pâturée que par les CV.

4. Leçons tirées et questions soulevées pour la suite du projet

4.1. Un fonctionnement globalement satisfaisant

Les CV ont l'avantage de ne pas avoir besoin d'entretien récurrent. Elles peuvent être **déplacées facilement, sans avoir à se rendre sur le terrain**. Néanmoins, il est préférable d'être présent sur la parcelle pour délimiter les CV avec précision. Ainsi l'application utilise la position du smartphone pour déterminer l'emplacement exacte de la CV. Les CV garantissent **un suivi en continu de chacun des animaux équipés** depuis le téléphone ou l'ordinateur grâce à la géolocalisation des animaux, et l'envoi **d'alertes lors de franchissements de CV ou d'échappées**. **Globalement le dispositif a bien fonctionné sur l'ensemble des fermes**. Certains capteurs ont dû être remplacés rapidement et plusieurs fois sur le site des Etablières. Les pannes observées sur ces capteurs soulèvent la **question d'une potentielle interférence entre les capteurs GPS des animaux et les autres outils connectés en ville**. La dématérialisation des limites des paddocks implique l'utilisation de GPS qui sont à la fois chers et gourmands en énergie.

L'autonomie de la batterie n'a pas été estimée précisément durant ces tests mais semble très variable entre individus, avec un minimum à 21 j pour une génisse qui était souvent proche de la CV. Un deuxième jeu de batteries a donc été nécessaire pour assurer la continuité du fonctionnement du dispositif sur la totalité de l'essai. Pour **gagner en autonomie une solution serait de ne pas générer de stimulus électrique ou de les générer modérément et pour certains individus uniquement**. L'utilisation des alertes sonores uniquement soulèvera le problème d'habituation des animaux qui par définition risquent de ne plus répondre une fois habitués à l'avertissement sonore (Umstaetter et al., 2009). La nécessaire manipulation des animaux au moment du changement de batterie nécessite d'avoir un moyen de contention. **Les essais à venir viseront également à caractériser la fiabilité et robustesse du dispositif**.

4.2. Une capacité d'apprentissage avec une variabilité individuelle

Les expérimentateurs des quatre fermes sont unanimes quant à **la rapidité d'apprentissage des animaux**. Ce ressenti semble se confirmer avec la diminution rapide du nombre de stimuli électriques lors des quatre premiers jours d'apprentissage, similaire aux résultats obtenus dans la bibliographie (Marini et al., 2019; McSweeney et al., 2020). Les bons résultats obtenus avec les brebis malgré l'absence de phase d'apprentissage questionnent sa nécessité. En effet, il semblerait que l'alerte sonore suffise pour mettre en garde l'animal et développer une association avec le risque de recevoir un stimulus électrique (Lee et al., 2009). Des réactions vives ont été observées à la fois chez les brebis et les génisses pour les premiers stimuli électriques générés. La suppression du stimulus électrique en ne gardant que les alertes sonores ne semble pas générer de réponses assez répétables (Umstaetter et al., 2009). **L'utilisation plus modérée des stimuli électriques ainsi que l'effet des CV sur le stress de l'animal font partie des questions à analyser dans les prochains essais**.

Dans nos essais, nous avons observé une **forte variabilité interindividuelle du nombre d'alertes sonores et de stimuli électriques générés**. Cette diversité peut à la fois refléter des différences de capacité d'apprentissage et des différences de leadership ou de hiérarchie. Des tests de leadership et de hiérarchie des individus en amont de l'introduction de la CV permettront de conclure sur ce point. Par ailleurs cette variabilité interindividuelle peut aussi refléter une capacité d'apprentissage par les pairs (McSweeney et al., 2020). **La possibilité de réduire les animaux équipés aux animaux « explorateurs » nécessite de comprendre qui sont ces animaux, notamment par des tests de leadership et de hiérarchie (cf. partie 1)**.

4.3. Une gestion du pâturage plus flexible mais nécessitant des adaptations

Chacun des paddocks a été pâturé de façon homogène, mis à part pour les zones à proximité de la CV. La précision du GPS, d'environ 1 m au niveau de **la CV, transforme une limite qui était fixe et fine avec les CP en une limite mobile de 2 m de large**. Cette bande est visible à l'œil nu car la hauteur d'herbe y est plus

hétérogène par rapport au reste du paddock. **L'élargissement du paddock virtuel est donc nécessaire pour assurer un pâturage homogène.** Des études plus détaillées sont prévues pour **analyser la faisabilité et définir un protocole pour gérer un pâturage tournant avec les CV.** Bien que la CV dématérialise les limites, le système n'est pas infaillible car certains animaux franchissent systématiquement la CV. **Une CP fixe reste nécessaire dans nos systèmes de pâturage à proximité d'habitation ou de voies de circulation pour délimiter le pourtour de la parcelle ou de la propriété) où la présence de l'animal est tolérée.** Parmi les prochaines étapes figurent également le test du dispositif sur des animaux adultes chez les bovins, avec notamment la possibilité de gérer un pâturage tournant pour des vaches laitières avec des paddocks entièrement délimités par des CV. Plus spécifique aux brebis, se pose la question de l'épaisseur maximale de laine compatible avec le dispositif.

Conclusion

La prise en main de la technologie de gestion du pâturage des génisses et brebis de réforme par clôture virtuelle est positive, aussi bien du point de vue des animaux que des utilisateurs. Les animaux ont très rapidement compris le fonctionnement du dispositif, avec une forte variabilité interindividuelle du comportement exploratoire. Ces premières observations ont soulevé plusieurs questions pour les essais à venir, qui porteront sur l'apprentissage de la gestion du pâturage tournant avec des clôtures virtuelles, la compréhension de la variabilité interindividuelle du comportement exploratoire, l'effet sur le stress et les performances de l'animal ainsi que sur le travail de l'éleveur. Ce dernier point est majeur pour espérer un développement de cette technologie. On peut penser que les CV pourront remplacer les fils avant, fils arrière ou les clôtures de subdivisions d'une parcelle en plusieurs paddocks, mais pas toutes les clôtures.

Les auteurs remercient l'ensemble du personnel impliqué dans la mise en place et le suivi des essais sur les 4 Digifermes® ainsi que le soutien financier de la région Pays de la Loire (convention 2020_04866) et du réseau Digifermes®.

Références bibliographiques

- Brunberg E.I., Bøe K.E., Sørheim K.M., (2015). "Testing a new virtual fencing system on sheep", *Acta Agric. Scand. Sect. — Anim. Sci.*, 65, 168–175.
- Campbell D.L.M., Lea J.M., Farrer W.J., Haynes S.J., Lee C., (2017). "Tech-Savvy Beef Cattle? How Heifers Respond to Moving Virtual Fence Lines", *Animals* 7, 72.
- Colusso P.I., Clark C.E.F., Lomax S., (2020). "Should Dairy Cattle Be Trained to a Virtual Fence System as Individuals or in Groups?", *Animals*, 10, 1767.
- Lee C., Henshall J.M., Wark T.J., Crossman C.C., Reed M.T., Brewer H.G., O'Grady J., Fisher A.D. (2009). "Associative learning by cattle to enable effective and ethical virtual fences", *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 119, 15–22.
- Lomax S., Colusso P., Clark C.E.F. (2019). "Does virtual fencing work for grazing dairy cattle?", *Animals*, 9, 429.
- Marini D., Cowley F., Belson S., Lee C. (2019). "The importance of an audio cue warning in training sheep to a virtual fence and differences in learning when tested individually or in small groups", *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 221, 104862.
- Meuret M., Tichit M., Hostiou N., (2013). Elevage et pâturage "de précision" : l'animal sous surveillance électronique. *Courrier de l'environnement de l'INRA* N°63, 13-24.
- McSweeney D., O'Brien B., Coughlan N.E., Féraud A., Ivanov S., Halton P., Umstatter C., (2020). "Virtual fencing without visual cues: Design, difficulties of implementation, and associated dairy cow behaviour", *Comput. Electron. Agric.*, 176, 105-613.
- Monod M.O., Faure P., Moiroux L., Rameau P., (2009). "Stakeless fencing for mountain pastures", Presented at the Precision Livestock Farming '09, Wageningen Academic Publisher, Wageningen, The Netherlands, Wageningen, The Netherlands, 175–181.
- Umstatter C., Tailleur C., Ross D., Haskell M., (2009). "Could virtual fences work without giving cows electric shocks ?", *Precis. Livest. Farming 2009 - Pap. Present. 4th Eur. Conf. Precis. Livest. Farming*, 161–168.
- Umstatter C., Morgan-Davies J., Waterhouse T. (2015). "Cattle Responses to a Type of Virtual Fence", *Rangel. Ecol. Manag.*, 68, 100–107