

Quelle place pour l'élevage de précision dans le contexte du bassin méditerranéen ?

François Bocquier

Professeur en Sciences Animales à Montpellier SupAgro, France

Directeur du Département Milieux, productions, ressources et systèmes (MPRS)

Chercheur à l'UMR Systèmes d'élevage méditerranéens et tropicaux (SELMET) (INRA, Cirad, SupAgro), UMT Pasto (IDELE, INRA, SupAgro)

Magali Jouven

Maître de Conférences en Sciences Animales à Montpellier SupAgro, France

Chercheuse à l'UMR Systèmes d'élevage méditerranéens et tropicaux (SELMET) (INRA, Cirad, SupAgro), UMT Pasto (IDELE, INRA, SupAgro)

Le terme « élevage de précision » (*Precision Livestock Farming*) renvoie à l'usage de moyens technologiques mis en œuvre pour ajuster finement la conduite des animaux (Wathesa et al., 2008 ; Bocquier et al., 2014). C'est dans les années 1970, dans les élevages intensifs de vaches laitières en Israël, que les premiers outils de pilotage de précision ont été conçus et utilisés. Ces outils de précision ont été développés et diffusés dans le monde entier mais finalement assez peu dans le pourtour méditerranéen, où l'élevage bovin laitier intensif a pris son essor dans des conditions tellement particulières qu'il est resté très localisé.

L'élevage méditerranéen de ruminants est aujourd'hui très contrasté avec de grandes fermes industrielles hors-sol mais aussi de petites fermes ovines et caprines. De ce fait, un schéma unique d'élevage de précision n'est pas envisageable en Méditerranée, tant les formes d'élevage, modes et objectifs de conduite sont variés. Un récent ouvrage de synthèse (Chastan-Maillard et Sain-Dizier, 2016) décrit l'élevage de précision tel qui se dessine actuellement en Europe, surtout hors de la zone méditerranéenne. Le présent article a pour objectif d'esquisser des pistes de développement d'un élevage de précision en Méditerranée, en particulier pour les formes d'élevage moins intensives et en tenant compte des spécificités de la zone.

Spécificités de l'élevage méditerranéen

L'élevage méditerranéen est soumis aux mêmes évolutions tendanciennes que celles observées en zones tempérées : agrandissement des troupeaux, importance accordée au bien-être animal et aux conditions de travail des éleveurs, prise en compte de l'impact environnemental (Bernues et al., 2011), à ceci près que les formes très traditionnelles (gardianage, transhumance ; Bernues et al., 2011) coexistent encore avec des formes d'élevage très intensives (Thorton, 2010).

Les formes les plus typiques d'élevage dans le bassin méditerranéen (Blanc et al., 2004 ; Jouven et al., 2010) sont caractérisées par :

- la mobilisation de surfaces de végétation spontanée hétérogène avec une forte valeur patrimoniale, dans des systèmes d'alimentation associant souvent parcours (avec ou sans transhumance), surfaces cultivées et éventuellement sous-produits de culture ou agro-industriels ;
- la nécessité de s'adapter à un climat présentant des saisons marquées avec des étés chauds et secs, et des aléas marqués, en particulier dans la répartition des pluies ;
- le choix d'espèces et races animales adaptées à ces conditions, avec un cycle de production plutôt court (petits ruminants) exprimant des aptitudes physiologiques et comportementales à faire face à des conditions variables, aptitudes entretenues par les choix de conduite de l'éleveur.

Ces systèmes d'élevage reposent largement sur les savoir-faire des éleveurs, qui eux-mêmes s'appuient sur une connaissance approfondie des dynamiques biologiques associées au troupeau ou aux végétations, connaissance sans cesse renouvelée par l'observation constante du système (Jouven, 2016). Par exemple, en termes de conduite de l'alimentation, il s'agit d'associer au cours de la journée et au fil de l'année, des ressources alimentaires complémentaires pour nourrir le troupeau malgré les aléas, en anticipant les interactions animal-végétation et leurs conséquences sur la dynamique de production animale et la dynamique des végétations. Pour cela, l'éleveur (ou le berger) décide régulièrement du changement de parc de pâturage et/ou de la complémentation (qualitativement et quantitativement) en fonction de l'état des animaux et de la ressource pâturable, qui nécessitent donc d'être finement suivis au cours du temps.

Cette conduite adaptative est rendue nécessaire par la variabilité intra- et inter-annuelle des conditions d'élevage, en particulier pour les élevages pastoraux mobilisant des parcours. Elle est également souvent une condition nécessaire à la réalisation des différents services écosystémiques rendus par l'élevage méditerranéen (Moulin, 2014). Par exemple, des pratiques de pâturage adaptées permettent de concilier une production de lait ou viande de qualité à base de fourrages pâturés avec le renouvellement de la ressource pastorale et l'entretien de milieux ouverts riches en biodiversité, limitant les risques d'incendie et s'adaptant aux usages récréatifs du territoire, ainsi que d'AOP (exemple du Pélardon : Napoléone et al., 2012). La mise en œuvre d'une conduite adaptative nécessite cependant beaucoup de temps d'observation, en particulier lorsqu'il s'agit de gérer de grands troupeaux (quelques centaines à quelques milliers de brebis) sur de grands espaces (plusieurs centaines d'hectares).

L'élevage de précision en Méditerranée : pour quoi faire ?

Les justifications classiques de l'élevage de précision (Chastan-Maillard et Sain-Dizier, 2016) sont de répondre aux défis qui sont adressés aux éleveurs tels que permettre de conduire toujours plus d'animaux par unité de travailleur, contribuer à améliorer le bien-être animal, améliorer le confort de l'éleveur au travail et maîtriser l'impact environnemental de l'élevage. Bien entendu, il s'agit également de préserver, ou même d'accroître, les performances techniques et économiques des systèmes tout en s'insérant dans la transition agroécologique. Ceci est également valable en Méditerranée. L'importance stratégique des savoir-faire de l'éleveur dans l'élevage méditerranéen n'est pas un facteur *a priori* favorable à une automatisation de la conduite des animaux. Cependant, les forts enjeux autour de la multifonctionnalité de ces élevages et la difficulté pour les éleveurs d'aujourd'hui de dégager suffisamment de temps d'observation suggèrent l'intérêt des nouvelles technologies pour faciliter le travail d'acquisition et de traitement de l'information sur le système.

Des enjeux spécifiques existent pour le développement de l'élevage de précision appliqué au pâturage. Dans les systèmes d'élevage avec des objectifs de production modérés, la performance globale de l'exploitation est intimement liée à l'autonomie alimentaire (Ripoll-Bosch et al., 2014). Par exemple, celle-ci dépend directement de la capacité à ajuster, au cours du temps, l'utilisation d'une diversité de ressources pâturées par un troupeau hétérogène. Cet ajustement a pour but, d'une part, d'offrir aux animaux une alimentation pâturée conforme à leurs besoins, et d'autre part, d'assurer une répartition spatiale et temporelle du pâturage favorable au renouvellement de la ressource pastorale. Dans des systèmes d'élevage avec des objectifs de production plus élevés, le pâturage sur parcours a été longtemps délaissé en faveur d'une alimentation plus facile à maîtriser basée sur des végétations cultivées et des aliments conservés. Le pâturage tend à être réintroduit aujourd'hui, pour des raisons à la fois économiques et environnementales.

Ainsi, la conception d'outils accompagnant la conduite du pâturage en milieux hétérogènes permettrait d'une part de réintroduire une période de pâturage sur parcours dans les élevages [laitiers] intensifiés, et d'autre part de sécuriser les performances zootechniques et écologiques dans des systèmes peu intensifiés.

De nombreuses évolutions de l'environnement socio-économique conduisent, les éleveurs à devoir notamment renseigner de nombreux formulaires à des fins de traçabilité réglementaire ou contractuelle. Ces exigences se traduisent par la nécessité d'acquérir et de transférer des informations depuis l'échelle de la ferme jusqu'à celle de l'animal. Parallèlement, la réforme de l'identification et de la traçabilité des petits ruminants en France, et dans plusieurs pays de la Méditerranée, a mis en place l'identification électronique individuelle en 2005, la traçabilité par lot en 2009 et le suivi individuel des mouvements d'animaux en 2012 (Cf idele.fr Traçabilité et certification). Pour les petits ruminants, la réglementation européenne a rendu obligatoire une identification électronique systématique des ovins et des caprins qui devrait être achevée en France en 2016. En conséquence, les éleveurs sont de plus en plus souvent amenés à gérer une multitude d'informations, souvent écrites : à la fois celles qu'ils génèrent et utilisent pour la conduite de leur exploitation et celles qu'ils reçoivent ou doivent transmettre à des tiers. L'identification électronique permet de produire facilement une grande quantité d'informations potentiellement utiles si elle est organisée et gérée par un système d'information.

L'élevage de précision en Méditerranée est ainsi à envisager non pas comme le remplacement de l'éleveur par des machines pour conduire les animaux (comme c'est parfois le cas dans les élevages « intensifs »), mais plutôt comme l'accompagnement de l'éleveur dans la prise ou le traitement d'informations et dans l'adaptation de sa conduite aux variations du contexte. Dans un premier temps, nous analyserons les opportunités offertes par l'identification électronique individuelle des animaux. Ensuite, en nous appuyant sur quelques exemples, nous tenterons de caractériser les conditions d'émergence d'un élevage de précision pour les zones méditerranéennes.

La puce et les lecteurs RFID : des supports de choix pour l'élevage de précision

Parmi les dispositifs électroniques placés sur les animaux, le plus courant est sans conteste la puce RFID (Radio Frequency Identification), destinée à l'identification électronique des animaux (Caja et al., 2006). Ces puces RFID ne sont pas de véritables capteurs mais ils sont porteurs d'une information essentielle à propos de l'identité de l'animal. Cette information est suivie dans la chaîne de traçabilité grâce à des lecteurs, répartis depuis les élevages jusqu'aux abattoirs.

Au sein des élevages, le déploiement de l'identification électronique ne s'est pas accompagné de la fourniture de lecteurs RFID, qu'il s'agisse de lecteurs portables (handheld) ou de lecteurs fixes (stationary). Il en résulte que les éleveurs ne sont pas toujours convaincus de l'intérêt de ces technologies, qui ne servent qu'au moment des inventaires annuels ou des contrôles de performances (contrôle de croissance, contrôle laitier) réalisés par les techniciens des structures d'appui. Seuls les rares éleveurs utilisateurs de logiciels de gestion de troupeau, récemment adaptés pour intégrer l'identification électronique, utilisent quotidiennement les possibilités offertes par ces outils. Pour l'élevage de précision, l'information intéressante est le moment et le lieu où se font la lecture de l'identifiant RFID. Le lecteur RFID est alors un capteur de l'information « tel animal était là à tel moment ».

Les lecteurs RFID deviennent des capteurs dits « intelligents » lorsqu'ils traitent l'information acquise et délivrent un résultat immédiatement après lecture, par exemple, la détection d'un animal inattendu au sein d'un lot. En effet, ces lecteurs comportent de plus en plus souvent, outre le stockage de données (mémoire), des algorithmes de vérification de la cohérence de ces informations (inventaires) et sont programmables au point de constituer un outil de conduite en temps réel. Le principal intérêt de ces lecteurs est d'acquérir très rapidement l'information avec un taux quasiment nul d'erreur (réglementairement inférieur à 1%), contrairement aux lectures visuelles qui sont souvent entachées d'erreurs de lecture ou de saisie.

Des applications existent déjà et sont commercialisées : elles permettent surtout l'identification des animaux, facilitent la pesée, le tri, et la gestion des troupeaux au travers des logiciels. Mais d'autres applications sont sur le point d'arriver, notamment dans le suivi sanitaire et physiologique des animaux.

Les lecteurs RFID « intelligents » permettent à tout moment de localiser des individus, de saisir une information et/ou de prendre connaissance de l'histoire d'un animal ; ils sont donc un maillon essentiel d'un élevage de précision, surtout lorsque les effectifs animaux sont très élevés (plusieurs milliers de brebis).

L'élevage de précision pour faciliter la conduite de grands troupeaux pastoraux

Porte automatisée de tri des animaux

Une première application simple des lecteurs RFID consiste à les associer à un couloir de circulation des animaux pour réaliser des inventaires, ou à une porte de tri, pour séparer rapidement des animaux nécessitant un traitement particulier (malades, trop maigres, en fin de gestation, à mettre à la reproduction ...). Les inventaires d'animaux peuvent être automatisés et fiabilisés en intégrant des antennes de lecture RFID dans les couloirs de circulation d'animaux. Compte tenu de la vitesse de lecture permise par ces puces RFID (par exemple, 700 brebis en 20 minutes au Domaine SupAgro du Merle à Salon de Provence, en France), l'opération est assez rapide même si elle n'est pas fiable à 100% en raison de la perte des identifiants, des passages simultanés d'animaux ou de la mauvaise position de la puce par rapport à l'antenne. Pour pallier à ces problèmes, surtout lors de transactions commerciales, il est possible de répéter l'opération et/ou adjoindre un dispositif de comptage des animaux.

Le tri des animaux dans les grands troupeaux représente une opération fastidieuse. En général, en l'absence de dispositifs de tri automatisés les éleveurs mènent leur troupeau en un seul lot, alors qu'il pourrait être intéressant de séparer des animaux ayant des besoins différents pour mieux valoriser la diversité des ressources pastorales.

Au pâturage, il serait intéressant de mettre au point des portes de tri sélectives mobiles permettant aux animaux identifiés comme ayant des besoins spécifiques (brebis allaitant deux agneaux, brebis maigres, agneaux) d'accéder à des ressources alimentaires pâturées de meilleure qualité nutritionnelle.

De nombreux modèles de portes de tri automatisées pour les ovins et les caprins sont désormais commercialisés (Maton et al., 2006). Compte tenu du comportement grégaire des ovins, le flux d'animaux doit être régulier et, pour maintenir la cadence, une voie de retour vers le troupeau initial est nécessaire pour remettre dans le flux les animaux qui n'ont pas été détectés et reconnus. Une autre alternative récente consiste à déclencher un spray de peinture sur les animaux non-lus et les laisser passer pour ensuite les identifier manuellement. Les enseignements que nous tirons de ces expériences de tri d'ovins sont que les animaux dont l'identifiant reste difficile à lire (comportement, qualité du capteur, ...) réduisent la cadence et perturbent le processus de tri : il faut donc trouver des solutions pour les écarter rapidement et les traiter ultérieurement.

Photographie 1

Porte de tri sélective transportable à deux voies. Les animaux sont identifiés dans le couloir qui précède la porte par l'antenne RFID (plaque noire). La connaissance de l'identifiant électronique permet de les orienter dans l'une des deux voies (Réalisation Wallace™)



Certaines opérations de tri des animaux sont à envisager sans la présence de l'éleveur. Pour cela, il s'agit de mettre au point des systèmes à plusieurs compartiments spatiaux séparés par une porte de tri sélective dont l'ouverture, à n'importe quel moment de la journée, serait conditionnée par des caractéristiques de l'animal (mesurées sur le moment ou définies par l'éleveur). De tels dispositifs ne sont pas contraints par le débit des animaux mais se basent sur la motivation des animaux à franchir cette porte. Davantage que pour les portes de tri décrites précédemment, il est nécessaire de prévoir un temps d'apprentissage pour les animaux (Laca, 2009). Dans tous les cas, la répartition en lots d'animaux s'effectue automatiquement sur la base des données issues du système d'information et correspond à une décision de l'éleveur.

Systèmes pour appréhender et modifier l'utilisation spatiale des parcours

Les enjeux liés à la maîtrise du pâturage sont tels qu'un concept spécifique est proposé: le pâturage de précision (Laca, 2009). Ce concept pourrait s'appliquer autant sur prairies que sur parcours; cependant, sur parcours, la taille importante des unités de gestion, la topographie souvent irrégulière et la présence d'une couverture arbustive et arborée représentent autant de complications au développement de solutions technologiques. Dans le contexte de l'élevage méditerranéen, le pâturage de précision peut être déployé à des fins diverses :

- localiser le troupeau et ses déplacements, de manière à identifier des situations «à risque» (prédation, sortie du territoire pour des élevages frontaliers) ou à assurer une traçabilité géographique (cahiers des charges des produits sous signe officiel de qualité ou d'origine, contrats de pâturage);
- identifier les circuits de pâturage du troupeau en l'absence d'un berger, pour modifier la conduite ou les aménagements pastoraux de manière à mieux utiliser l'espace ;
- contrôler la répartition de la pression de pâturage dans l'espace, en modifiant de manière circonstanciée les déplacements des animaux.

Dans le premier cas, une solution technologique simple serait de positionner un ou plusieurs lecteurs RFID fixes dans des points stratégiques (par exemple sur le chemin d'accès au point d'eau). L'absence d'individus dans ces zones permettrait de détecter une situation anormale et, au moyen de transmission à longue distance, d'envoyer un signal d'alerte à l'éleveur. A l'inverse, la présence certifiée des animaux dans une zone cible permettrait de valider le respect de cahiers des charges associés à des produits typiques ou à des contrats de pâturage pour l'entretien d'espaces naturels ou la lutte contre le risque incendie. Pour le premier et le deuxième cas, des solutions peuvent être envisagées avec les SIG (Systèmes d'Information Géographique). En équipant de GPS (Global Positioning System) certains animaux dans le troupeau et en reportant leur position au cours du temps sur des données cartographiques «libres», il est possible de reconstituer les zones traversées. Une fréquence assez importante de relevés associée à une bonne précision spatiale, ou en alternative le couplage à des accéléromètres, peuvent permettre d'identifier des types d'activité en fonction de la vitesse de déplacement ou de l'analyse fractale des trajectoires de déplacement (Garcia et al., 2005). Dans le troisième cas, il est possible de recourir à des dispositifs de « clôture virtuelle ».

Les clôtures virtuelles sont basées sur des dispositifs embarqués sur l'animal (colliers, « serre-tête ») délivrant des stimuli neutres (sonore, tactile) visant à modifier le déplacement de l'animal à l'approche de la frontière virtuelle délimitée par un champ électromagnétique ou par des coordonnées géographiques, puis des stimuli aversifs (choc électrique) en cas de franchissement. Des expérimentations sur ovins et des essais sur caprins ont été réalisés récemment au domaine SupAgro du Merle (Jouven et al., 2012) et en ferme. Les résultats suggèrent que les clôtures virtuelles peuvent aider à mieux répartir la pression de pâturage (à des fins pastorales ou écologiques) dans des milieux où la pose de clôtures physiques est difficile et lorsque le gardiennage n'est pas envisagé. Cependant, elles ne peuvent se substituer aux clôtures physiques lorsqu'il s'agit de contenir précisément des troupeaux.

Elevage de précision et la gestion de la reproduction et de la santé des animaux

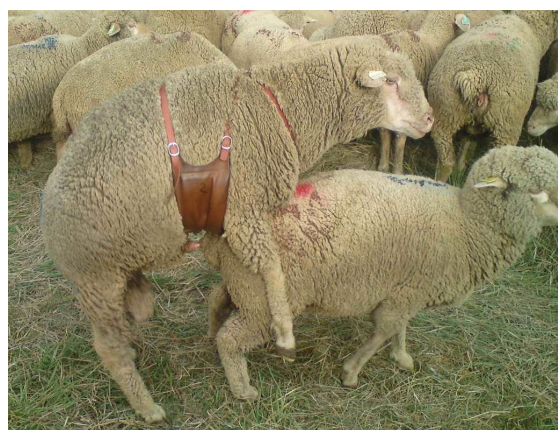
Chez les ruminants d'élevage, la détection des chaleurs, qui est la phase clé de la mise à la reproduction des femelles, repose classiquement sur l'observation des chevauchements, ou des marques de chevauchement, par un mâle (ovins, caprins) ou, éventuellement, par d'autres femelles (bovins). Cette méthode, basée sur l'observation, est fastidieuse (observation ou relevé des marques 2 fois par jour par l'éleveur) et imprécise (évaluation subjective par l'éleveur de l'intensité du marquage des croupes des femelles). Les tentatives d'automatisation de la détection de ce comportement ont donné lieu à un très grand nombre de dépôts de brevets, surtout chez les bovins laitiers pour lesquels les coûts de l'infertilité sont extrêmement élevés.

Chez les petits ruminants, le traitement systématique et simultané de toutes les femelles par des hormones a été la solution adoptée pour réaliser l'insémination artificielle à horaire fixe (Pellicer-Rubio et al., 2009). Cette solution, qui ne s'applique pas à tous les types d'élevage (interdite par exemple en élevage biologique), pourrait être remise en cause à l'avenir pour des questions de sécurité des produits animaux d'une part, et environnementales d'autre part. Il en est de même pour la gestion de la santé des animaux avec des traitements médicamenteux systématiques et généralement surdosés de tous les animaux, qui ne sont pas satisfaisants du point de vue éthique et environnemental en raison de l'impact sur la biodiversité de la faune. Or des solutions nouvelles mobilisant les concepts et acquis de l'élevage de précision offrent d'ores et déjà des alternatives.

Jusqu'à présent, tous les dispositifs électroniques de détection des chaleurs ont été mis en œuvre dans les exploitations laitières intensives bovines, avec des capteurs de pression placés sur la croupe des vaches ou des podomètres ou encore des accéléromètres.

Photographie 2

Détecteur automatisé des chevauchements chez les ovins. Le bélier est équipé d'un lecteur RFID (placé dans un harnais en cuir) qui se déclenche lors du chevauchement d'une brebis en chaleur. La lecture de l'identifiant de la brebis, qui est placé sur sa croupe, ainsi que l'enregistrement du moment du chevauchement permettent de déterminer le moment optimal de l'insémination.



Pour des élevages extensifs, il a été proposé un système assez différent, puisque c'est l'identifiant électronique passif (sans source d'énergie) qui est placé dans la zone de la croupe chez toutes les femelles du troupeau (Bocquier, 2004 ; Bocquier et al., 2006). Un mâle ne pouvant pas assurer la fécondation (porteur d'un tablier empêchant la saillie ou vasectomisé) est équipé d'un lecteur RFID autonome (Alpha-D, Wallace®) qui se déclenche à chaque chevauchement et qui lit automatiquement l'identifiant de la femelle chevauchée (Photo. 2). La proportion des animaux porteurs d'une source d'énergie est donc très faible puisque seuls les mâles sont équipés. Ce dispositif a été validé chez la brebis (Alhamada et al., 2015), il permet un taux de détection élevé dans tous les environnements. Avec le récepteur radio (Alpha-R) l'éleveur peut relever les informations contenues dans tous les détecteurs Alpha-D jusqu'à une distance de 100 mètres. Pour prendre la décision de mettre les brebis à la reproduction il peut ensuite utiliser un automate de tri qui lui permet d'isoler les femelles à mettre à la reproduction.

Un tel dispositif permet, également, de détecter les femelles non gestantes (celles qui reviennent en chaleur) et d'établir le planning des mises-bas. Dans le cas d'utilisation de l'effet mâle comme alternative à l'utilisation des traitements hormonaux (Pellicer-Rubio et al., 2009), ce détecteur permettrait également de réaliser des inséminations si le nombre de femelles groupées est suffisant.

Pour la gestion de la santé, nous avons conçu et réalisé un dispositif (Dose-it ; Wallace®) qui permet d'ajuster la dose selon le poids réel des brebis. A l'heure actuelle, compte tenu du prix de la main d'œuvre et du coût assez bas des médicaments, cette réduction de l'utilisation des traitements ne se justifie pas économiquement. En Australie, une solution technique est proposée pour ne traiter que les animaux qui accusent une perte de poids sur un intervalle de temps donné. Pour cela, une bascule électronique est intégrée à un couloir de contention où l'animal est identifié et pesé. Selon la variation de poids, l'animal est traité ou non traité. Par extension, on peut imaginer que l'identification individuelle animale soit couplée à un dispositif électronique qui délivre des médicaments. Ceci pourrait constituer une étape automatisée de la certification des élevages biologiques permettant une individualisation des traitements thérapeutiques conventionnels.

Perspectives de développement de l'élevage de précision pour la zone méditerranéenne

De la revue que nous avons faite ci-dessus, nous affirmons que l'élevage de précision a une place à jouer en Méditerranée, y compris pour des élevages peu intensifiés à forte composante pastorale, notamment parce que les troupeaux comportent un nombre élevé d'animaux qui se répartissent sur de larges surfaces. Parce que la conduite de ces systèmes est largement basée sur des savoir-faire d'éleveurs, qui ne peuvent être confiés à des automates, le rôle des technologies est de capter, situer et analyser les informations pour les restituer sous une forme mobilisable pour l'aide à la décision.

Ainsi, l'élevage de précision en Méditerranée ne pourra se développer que par étapes, et à condition que les solutions proposées soient adaptées aux besoins des éleveurs et des techniciens eux-mêmes très différents selon les contextes géographiques.

Il est très difficile d'estimer la diffusion des technologies associées à l'élevage de précision en Méditerranée car il n'existe pas de statistiques consolidées. D'ores et déjà, différentes solutions techniques sont disponibles, d'autres sont à l'étude et d'autres enfin peuvent s'envisager. Les outils pour l'élevage sont élaborés par la recherche ou par les organismes de développement et parfois par les éleveurs eux-mêmes qui détournent des objets pour d'autres usages (GPS de randonnée, podomètre de sportif, outil domotique etc). Un rôle important de la recherche agronomique est d'analyser les résultats issus de ces outils en termes d'interprétation biologique, de manière à fournir les bases pour une traduction juste des données brutes en informations pour l'aide à la décision, et éviter ainsi que des algorithmes fantaisistes ne soient proposés aux utilisateurs. Il faut envisager également, à plus long terme, que les informations traitées par la recherche ou le développement proviennent des élevages eux-mêmes au travers d'une recherche participative associant les éleveurs.

Enfin, les élevages méditerranéens s'inscrivent dans des dynamiques et enjeux souvent territoriaux. Au-delà de la mobilisation de technologies pour la conduite des animaux au sein d'une seule exploitation, il peut être utile d'envisager que ces outils soient organisés en réseau et partagent en partie de l'information au sein d'une filière (répartition des ventes, utilisation des ressources pastorales), d'un territoire et par tous les acteurs concernés par ces élevages méditerranéens.

Remerciements

Nos travaux ont été soutenus, depuis plusieurs années, par différents financements: INRA Montpellier, INRA-Phase, Montpellier SupAgro, DGER, Région Languedoc-Roussillon, CASDAR, Cirad, France Agrimer, ANR. Ainsi que le Domaine Expérimental du Merle de Montpellier SupAgro.

Bibliographie / Pour plus d'informations

- Alhamada M., Debus N., Lurette A., Bocquier F., 2016. *Validation of automated electronic oestrus detection in sheep as an alternative to visual observation*. Small Ruminant Research 134.
- Bernuès A., Ruiz R., Olaizola A., Villalba D., Casasus I., 2011. *Sustainability of pasture-based livestock farming systems in the European Mediterranean context: Synergies and trade-offs*. Livestock Science, 139.
- Bocquier F., 2004. *Method and device for automatically detecting mating of animals*. 21.07.2005. WO/2005/065574, SupAgro, INRA. Licence signée avec WALLACE, (Cardet, France) Novembre 2012.
- Bocquier F., Gaubert J.L., Blanc F., Viudes G., Maton C., Debus N., Teyssier J., 2006. *Utilisation de l'identification électronique pour la détection automatisée du comportement sexuel chez les ovins: perspectives pour la détection des chaleurs chez la brebis*. Rencontres Recherches Ruminants, 13.
- Bocquier F., Debus N., Lurette A., Moulin CH., Jouven M., 2014. *Elevage de précision en systèmes d'élevage peu intensifiés*. INRA Productions Animales, 27.
- Blanc F., Bocquier F., Debus N., Agabriel J., Dhour P., Chillard Y., 2004. *La pérennité et la durabilité des élevages de ruminants dépendent des capacités adaptatives des femelles*. INRA Productions Animales. 17.
- Caja J., Ghirardi J.J., Hernandez-Jover M., Bocquier F., 2006. *Utilisation des bolus électroniques pour la traçabilité des ruminants : état de la technique, mise en place et évaluation en ovins et bovins*. Rencontres Recherches Ruminants, 13.
- Chastan-Maillard et Sain-Dizier, 2016 In «Elevage de précision», Chapitre 12, Eds Sylvie Chastan-Maillard et Marie Saint-Dizier. Editions France Agricole. ISBN : 978-2-85557-460-8. pp.183-209.
- Garcia F., Carrère P., Soussana J-F., Baumont R., 2005. *Characterisation by fractal analysis of foraging paths of ewes grazing heterogeneous swards*. Applied Animal Behaviour Science, 93.
- Jouven M., Lapeyronie P., Moulin CH., Bocquier F., 2010. *Rangeland utilization in Mediterranean farming systems*. Animal 4.
- Jouven M., Leroy H., Ickowicz A., Lapeyronie P., 2012. *Can virtual fences be used to control grazing sheep?* The Rangeland Journal 34.
- Jouven, M. (coord.), 2016. *L'agroécologie: du nouveau pour le pastoralisme?* Cardère (ed).
- Laca E., 2009. *Precision livestock production: tools and concepts*. Revista Brasileira de Zootecnia., 38.
- Maton C., Bouquet P.M., Laville Y., Bocquier F., 2006. *Automate de tri pour les ovins basé sur l'identification électronique*. Rencontres Recherches Ruminants, 13.
- Moulin C.-H., 2014. *Multiple services provided at territory scale from Mountain and Mediterranean livestock systems*. Options Méditerranéennes, Serie A, 109.
- Napoléone M., Genevet E., Martin B., Buchin S., Agabriel C., Marty P., Hulin S., 2012. *L'ancrage du produit au terroir par la diversité des pratiques agropastorales et des territoires : analyse exploratoire dans les systèmes caprins de l'AOP Pélardon*. Fourrages, 212.
- Pellicer-Rubio M.-T., Ferchaud S., Fréret S., Toumadre H., Fatet A. Boulot S., Pavie J., Leboeuf B., Bocquier F., 2009. *Les méthodes de maîtrise de la reproduction disponibles chez les mammifères d'élevage et leur intérêt en agriculture biologique*. INRA, Productions Animales : 22.
- Ripoll-Bosch R., Joy M., Bernues A., 2014. *Role of self-sufficiency, productivity and diversification on the economic sustainability of farming systems with autochthonous sheep breeds in less favoured areas in Southern Europe*. Animal, 8.
- Thomson P.K., 2010. *Livestock production: recent trends, future prospects (Review)* Phil. Trans. R. Soc. B 365.
- Wathesa C.M., Kristensen H.H., Aerts J.-M., Berckmans D., 2008. *Is precision livestock farming an engineer's daydream or nightmare, an animal's friend or foe, and a farmer's panacea or pitfall?* Computers and electronics in agriculture 64.

