



HAL
open science

OtoP 3D : Autopesée et imagerie 3D, deux outils de phénotypage à haut débit et d'aide à la décision en élevage ovin

Terence Dechaux, Laurent Delattre, Arnaud Delpéuch, Laurence Depuille, Elodie Doutart, Dominique François, Denis Gautier, Jean-Marc Gautier, Eliel González García, Clotilde Hardy

► To cite this version:

Terence Dechaux, Laurent Delattre, Arnaud Delpéuch, Laurence Depuille, Elodie Doutart, et al.. OtoP 3D : Autopesée et imagerie 3D, deux outils de phénotypage à haut débit et d'aide à la décision en élevage ovin. *Innovations Agronomiques*, 2024, 94, pp.272-284. 10.17180/ciag-2024-vol94-art18 . hal-04612320

HAL Id: hal-04612320

<https://hal.inrae.fr/hal-04612320v1>

Submitted on 14 Jun 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License



OtoP 3D : Autopesée et imagerie 3D, deux outils de phénotypage à haut débit et d'aide à la décision en élevage ovine

Terence DECHAUX¹, Laurent DELATTRE², Arnaud DELPEUCH¹, Laurence DEPUILLE¹, Elodie DOUTART¹, Dominique FRANÇOIS³, Denis GAUTIER¹, Jean-Marc GAUTIER¹, Eliel GONZALEZ-GARCIA⁴, Clotilde HARDY¹

¹ Institut de l'Élevage, Campus INRAE AUZEVILLE - 24, Chemin de Borde Rouge - 31320 Auzeville-Tolosane, France

² 3D Ouest, 22300 Lannion, France

³ GenPhySE, Unité de recherche INRAE, Génétique, Physiologie et Systèmes d'Élevage, 31326 Castanet Tolosan, France.

⁴ Unité Mixte de Recherche SELMET, INRAE, Systèmes d'élevages méditerranéens et tropicaux

Correspondance : Laurence.Depuille@idele.fr

Résumé

Le projet OtoP 3D a pour objectif de contribuer au développement de l'élevage de précision en production ovine en s'attachant à faire la preuve du concept et à tester deux technologies adaptées à des animaux à faible valeur économique et à des troupeaux de grandes tailles : l'autopesée et l'imagerie 3D. Ces deux technologies complémentaires de phénotypage à haut débit visent à se substituer à la Note d'Etat Corporel (NEC) et au chantier de pesée. L'intérêt est double : servir d'outils d'aide à la décision aux éleveurs pour une conduite plus efficace du troupeau (produire plus avec moins), et donner accès à une sélection génétique rationalisée à partir de nouveaux caractères. Deux dispositifs ont été co-développés et testés dans le projet OtoP 3D avec des résultats encourageants dans la mise en œuvre terrain et le suivi du poids et de la NEC.

Mots-clés : Ovin, phénotypage, imagerie 3D, autopesée, élevage de précision

Abstract: OtoP 3D: Self-weighing and 3D imaging, two tools for high-throughput phenotyping and decision support in sheep farming

The aim of the OtoP 3D project is to contribute to the development of precision livestock farming in sheep production by the production of the proof of concept and test of two technologies adapted to animals with low economic value and large flocks: self-weighing and 3D imaging. These two complementary high-throughput phenotyping technologies are intended to replace the Body Condition Score (BCS). The aim is twofold: to serve as a decision-making tool for breeders, enabling them to run their herds more efficiently (producing more with less), and to provide access to rationalised genetic selection based on new traits. Two systems were co-developed and tested in the OtoP 3D project, with encouraging results in terms of field implementation and weight and BCS monitoring.

Keywords: Sheep, phenotyping, 3D imaging, self-weighing, precision livestock farming

1. Introduction

L'élevage de précision se définit par l'utilisation coordonnée de capteurs et de techniques d'information et de communication (Berckmans, *et al.*, 2017). L'objectif est le pilotage de troupeau par un suivi continu et en temps réel de la production, de la santé et du bien-être du troupeau et de son impact environnemental pour faciliter le travail de l'éleveur et améliorer les performances du troupeau. Toutefois, en production ovine, ces nouvelles technologies sont aujourd'hui quasi-absentes. Une des explications réside dans la faible valeur économique des brebis en comparaison de celle de vaches allaitantes. Ainsi



le rapport coût bénéfique des nouvelles technologies est plus élevé en élevage ovin. Cependant, par l'acquisition de logiciel de gestion de troupeau par les éleveurs et l'identification électronique généralisée des animaux (obligation réglementaire en ovin depuis 2010), l'élevage ovin possède de sérieux atouts pour déployer des solutions d'élevage de précision (Bocquier *et al.*, 2014 ; Holtz *et al.*, 2015 ; Mercier *et al.*, 2006 ; Morris *et al.*, 2012).

En effet, une des applications de l'élevage de précision aujourd'hui est le suivi du poids vif et de l'état corporel des animaux (Martin *et al.*, 2013). Des avancées technologiques révolutionnent ce domaine : la pesée dite « automatisée » lorsqu'elle se fait dans le cadre d'un chantier de pesée, l'« autopesée », lorsque les animaux vont seuls se faire peser et les nouvelles techniques d'imagerie en trois dimensions (3D). L'autopesée est aujourd'hui utilisée en volaille avec des plateaux peseurs sur lesquels les volailles se perchent, en porcs à l'engrais avec des dispositifs situés sur des lieux de passage, ou en vaches laitières au sein du robot de traite. Dans cette logique, le concept du Walk-Over-Weighing (WOW) a été développé en 2006 en Australie pour passer d'un dispositif de pesée automatisée, pesée dans le cadre d'un chantier dédié, à un dispositif d'autopesée où les animaux (bovins) vont se faire peser seuls et régulièrement. Le WOW a été conçu pour une utilisation dans des grands troupeaux où les animaux sont conduits en lot. Des premières expérimentations d'utilisation du WOW sur des ovins à la station expérimentale de l'INRA la Fage ont donné des résultats prometteurs, avec notamment un taux moyen de passage quotidien de six fois par jour (González-García *et al.*, 2018). D'autre part, les techniques d'imagerie en 3 dimensions sont de plus en plus accessibles. Elles sont notamment utilisées sur des vaches laitières pour estimer automatiquement l'état corporel en sortie de salle de traite, et ce, de manière plus objective, 3 fois plus répétable et 2,8 fois plus reproductible, que la note d'état corporel utilisée jusqu'à présent (Fischer *et al.*, 2014).

À ce jour, l'état corporel des brebis et des agneaux sont toujours évalués avec une méthode mise au point en 1969 : la note d'état corporel (NEC) (Russel *et al.*, 1969). Cette méthode simple et fiable (Calavas *et al.*, 1998 ; Dedieu *et al.*, 1989) est largement partagée au niveau international (Abdel-Mageed *et al.*, 2009). Elle fait référence dans les études, les recommandations, les repères techniques sur les objectifs d'état corporel aux périodes importantes du cycle de production (Abdel-Mageed *et al.*, 2009 ; Arrantz *et al.*, 1997 ; Dedieu *et al.*, 1989 ; Jaime *et al.*, 1995 ; Molina *et al.*, 1991 ; Revilla *et al.*, 1991). Son utilisation est donc un élément clef de la maîtrise de la conduite du troupeau. Pourtant, son emploi en élevage ovin est limité du fait de son caractère chronophage et la nécessité d'une contention et d'une main-d'œuvre formée et expérimentée pour réduire la subjectivité dans la notation (Calavas *et al.*, 1998). En revanche, les technologies de pesée automatisée avec stabilisation des animaux sont disponibles en élevage ovin et permettent l'acquisition de poids vifs précis. Cependant, elles sont rarement utilisées du fait de la contrainte de la mise en œuvre d'un chantier dédié de pesée.

Ainsi, la possibilité d'acquérir de façon automatique et fréquente des données sur le poids vif et l'état corporel des brebis et des agneaux, par de l'autopesée et/ou de l'imagerie 3D nécessite encore un travail de validation des concepts avant un déploiement sur le terrain. À terme, ces outils devraient donner accès à de nouvelles informations liées à la composition corporelle, au bilan énergétique et à l'efficacité alimentaire comme cela est en train d'être étudié pour d'autres espèces (Chastant *et al.*, 2016 ; Friggens *et al.*, 2011).

OtoP-3D ambitionne donc de poser des fondations du phénotypage à haut débit en élevage ovin en utilisant deux technologies adaptées aux grands troupeaux et en s'appuyant sur l'identification électronique généralisée des ovins.



2. Preuve du concept de l'imagerie 3D pour du phénotypage à haut débit en ovin

2.1 Développement et présentation du prototype

Le prototype OtoP 3D a été développé en partenariat avec la société 3D Ouest dans leur laboratoire à Lannion puis installée sur la Digifermé® du Mourier à Saint-Priest-Ligouère en France. Le prototype est constitué d'une arche fixe sur laquelle sont montées cinq caméras (Figure 1). Une sixième est présente à l'arrière pour améliorer la précision de l'image sur le bas du dos et l'arrière de l'animal, qui sont les zones d'intérêt pour la NEC. Les caméras fonctionnent par stéréo active, c'est-à-dire par projection d'une mire infrarouge qui permet de faciliter la mise en correspondance entre les images gauche et droite pour la formation de la carte de distance. Les caméras ont un angle de vue de 85° en horizontal et 58° en vertical. Les 6 caméras sont synchronisées entre elles afin de capturer une image complète de l'animal. La prise d'images 3D est de moins d'une seconde. Elle peut être activée par un opérateur sur un ordinateur ou directement grâce à l'identification de l'animal par l'antenne RFID (*Radio Frequency Identification*) placée à l'avant du prototype. Les brebis sont contenues entre deux filets à mailles larges pour limiter l'impact de la contention sur la qualité des images, et deux portes, une à l'avant et une à l'arrière, permettent de gérer le flux d'animaux.

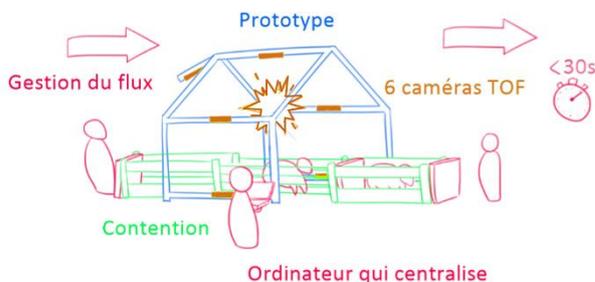


Figure 1 : Représentation schématique et photographie du prototype OtoP 3D pour estimer le poids des brebis de façon automatisée

Les images capturées de chaque caméra sont envoyées sous forme de carte de distance à l'ordinateur. Un algorithme de reconstruction de Poisson permet de reconstruire les images de brebis en 3D à partir des cartes de distance. La qualité des images est ensuite améliorée en retirant les artefacts dus à l'environnement, rebouchant les trous non captés et en homogénéisant la surface 3D. Une vérification et correction manuelle a été appliquée sur certaines images pour retirer les éléments appartenant à l'environnement. Un tri des images a été réalisé pour retirer les images inexploitable à cause du mouvement de la brebis.

2.2 Validation et preuve de concept du prototype d'imagerie 3D

Les mesures ont été réalisées sur 12 brebis de race mouton Vendéen de la ferme expérimentale du Mourier (87, France) en juin et juillet 2020. Pour chaque brebis, les mesures ont été réalisées manuellement sur animal vivant et sur les images 3D issues du prototype OtoP 3D. Les mesures réalisées sont la hauteur au garrot (HG), la largeur de poitrine (LP), la profondeur de poitrine (PP) et le tour de poitrine (TP). Deux mesures supplémentaires, le volume et la surface, ont été mesurées sur les images 3D.

Les mesures obtenues à partir de l'image 3D d'un animal ont été comparées à celles collectées manuellement sur les brebis. Chaque mesure moyenne sur les images 3D a été soustraite, par animal, de la moyenne des mesures manuelles. Un intervalle de confiance a été calculé pour chaque mesure : s'il n'est pas centré sur 0, cela signifie qu'il existe un biais entre les deux méthodes. L'amplitude de cet



intervalle renseigne sur l'écart moyen en centimètres. Un coefficient de variation a également été calculé pour estimer cet écart en pourcentage.

Les intervalles de confiance sont positifs, sauf pour la hauteur du garrot : l'imagerie 3D surestime généralement les mesures par rapport à la méthode manuelle. Ce biais peut s'expliquer par la laine qui est capturée sur les images 3D pour les mesures mais qui est écrasée avec les outils pour les mesures manuelles. Cependant, la déviation reste faible, au maximum 4,23 cm pour la hauteur du garrot. Le coefficient de variation montre une faible variation, inférieure à 5 %. L'imagerie 3D semble être un moyen précis d'obtenir des mesures sur les brebis (Tableau 1).

Tableau 1 : Comparaison entre les images 3D et les mesures manuelles

Moyenne 3D - Moyenne manuelle	HG	LP	PP	TP
INTERVALLE DE CONFIANCE 95%	[-1,16 ; 3,06]	[1,48 ; 3,1]	[1,39 ; 2,72]	[5,34 ; 8,57]
AMPLITUDE (CM)	4,23	1,62	1,33	3,23
ECART-TYPE (CM)	3,15	1,20	0,99	2,41
COEFFICIENT DE VARIATION (%)	5,09	4,49	2,98	2,47

La répétabilité et la reproductibilité des deux méthodes (manuelle et à partir du prototype OtoP 3D) ont été évaluées. L'objectif de la répétabilité est d'évaluer l'erreur générée lors de l'estimation d'un indicateur plusieurs fois sur le même échantillon avec la même méthodologie, dans le même environnement, sur une courte période de temps. La reproductibilité vise à évaluer la même erreur mais dans des conditions environnementales variables. Cinq images 3D de chaque animal ont été acquises pour la réalisation de la répétabilité et de la reproductibilité. Pour la méthode manuelle, 3 répétitions de mesures par 1 opérateur ont été réalisées ainsi que 3 répétitions par 3 opérateurs pour la reproductibilité de la méthode manuelle. Pour les mesures issues des images 3D, la répétabilité a été réalisée sur 5 redondances de mesures par un même opérateur et la reproductibilité sur 5 opérateurs différents. Les images 3D ont été travaillées avec le logiciel Metrux2α® développé par 3D Ouest. Les variations 3D ont été corrigées pour tenir compte de l'effet des animaux dans l'extraction des résidus du modèle ANOVA. Les coefficients de variation de la répétabilité (CVr) et de la reproductibilité (CVR) ont été évalués comme suit : $CVr = (\sigma / \mu_r) * 100$ et $CVR = (\sigma_R / \mu_R) * 100$, où σ et σ_R sont respectivement les écarts-types de la mesure 3D corrigée pour les ensembles de données de répétabilité et de reproductibilité et μ_r et μ_R sont respectivement la mesure 3D moyenne des données de répétabilité et de reproductibilité.

Les mesures automatiques de volume et de surface montrent la variabilité résultant du nettoyage des images 3D. Les autres montrent la variabilité des étapes manuelles (nettoyage et mesures sur les images 3D). Dans les deux cas, cette variation est faible, inférieure à 2 % (Tableau 2). La méthode d'imagerie 3D avec le prototype OtoP 3D semble être reproductible. Les coefficients de variation de la méthode manuelle et de la méthode OtoP 3D sont similaires pour la répétabilité, sauf pour le tour de poitrine. Cela peut s'expliquer par les différentes positions des animaux sur les images 3D et la difficulté de trouver un point de référence fiable pour effectuer la mesure sur les images 3D.

**Tableau 2** : Répétabilité des deux méthodes

MESURE		REPETABILITE		
		MOYENNE	ECART TYPE	COEFFICIENT DE VARIATION
HAUTEUR AU GARROT (HG)	MANUELLE	61,86	1,71	2,76
	OTOP 3D	63,04	1,65	2,62
LARGEUR DE LA POITRINE (LP)	MANUELLE	26,04	0,89	3,43
	OTOP 3D	28,38	1,07	3,77
PROFONDEUR DE POITRINE (PP)	MANUELLE	32,54	0,32	0,99
	OTOP 3D	34,73	0,8	2,3
TOUR DE POITRINE (TP)	MANUELLE	94,58	1,29	1,36
	OTOP 3D	101,9	1,56	1,54
SURFACE	MANUELLE	-	-	-
	OTOP 3D	1,41	0,05	3,22
VOLUME	MANUELLE	-	-	-
	OTOP 3D	0,08	1,53e ⁻³	1,97

Pour la méthode Otop 3D, les valeurs de reproductibilité sont tout à fait comparables à celles de la répétabilité. Le changement d'opérateur ne semble pas avoir d'impact sur les mesures effectuées sur les images 3D. Les variations observées pour la méthode manuelle sont supérieures aux variations de répétabilité. La mesure manuelle d'un animal semble difficilement reproductible, et une réelle différence existe d'un opérateur à l'autre en fonction de son expérience et de ses habitudes (Tableau 3).

Tableau 3 : Reproductibilité des deux méthodes

MESURE		REPRODUCTIBILITE		
		MOYENNE	ECART TYPE	COEFFICIENT DE VARIATION
HAUTEUR AU GARROT (HG)	MANUELLE	60,63	6,14	10,13
	OTOP 3D	66,12	0,77	1,17
LARGEUR DE LA POITRINE (LP)	MANUELLE	25,40	3,75	14,78
	OTOP 3D	29,01	0,17	0,57
PROFONDEUR DE POITRINE (PP)	MANUELLE	31,78	4,40	13,86
	OTOP 3D	32,93	0,51	1,56
TOUR DE POITRINE (TP)	MANUELLE	93,22	7,31	7,84
	OTOP 3D	97,74	0,26	0,27
SURFACE	MANUELLE	-	-	-
	OTOP 3D	1,51	0,02	1,6
VOLUME	MANUELLE	-	-	-
	OTOP 3D	0,08	2,36e ⁻⁴	0,3



2.3 Estimation du poids et de la note d'état corporel

Le dispositif de prise d'images permet de prendre un certain nombre d'images successivement. Ainsi, pour une même brebis, et une même date, plusieurs images sont disponibles. Seulement quelques secondes séparent ces différentes images dont la qualité peut varier malgré tout. Cette variabilité dans la qualité des images s'illustre par des différences dans les formes 3D ce qui impacte les indicateurs calculés précédemment et donc influence les qualités de prédiction des modèles. Un pré-traitement des données est indispensable et a pour objectif de ne conserver que la meilleure image par brebis et par date. L'élimination d'images avec d'importants défauts (artefacts présents sur l'image, brebis difficilement perceptible) et la conservation d'une seule image par brebis-date, a permis de constituer un jeu de données de 393 images 3D. A ces images, sont associées 16 indicateurs ainsi que le poids et la NEC.

Pour prédire le poids et la NEC la méthode utilisée est la même. Le jeu de données est séparé en deux parties : une partie d'apprentissage qui représente 80 % des images et sur laquelle différents algorithmes sont testés. Leurs performances sont comparées en calculant pour chacun deux métriques : le MAE (écart moyen absolu) basé sur l'erreur de prédiction et le R^2 .

Une fois l'algorithme le plus performant identifié, sa capacité de prédiction est testée sur les 20 % d'images non utilisées pour vérifier que le modèle reste bon en lui présentant des images inconnues.

Le meilleur modèle obtenu avec cette méthode permet de prédire le poids avec une erreur moyenne de 3,1 kg. Il est possible de réduire encore cet écart en ne s'intéressant qu'aux 220 images de brebis tondues avec un écart moyen de 2,2 kg et un R^2 de 0,91 (Figure 3).

Pour la NEC, la stratégie de prédiction est de prédire non pas la NEC en elle-même, mais plutôt des classes de NEC. Les seuils qui ont été proposés pour le classement sont 1,5 et 3 avec de ce fait trois classes : moins de 1,5 inclus, entre 1,5 et 3 et plus de 3.

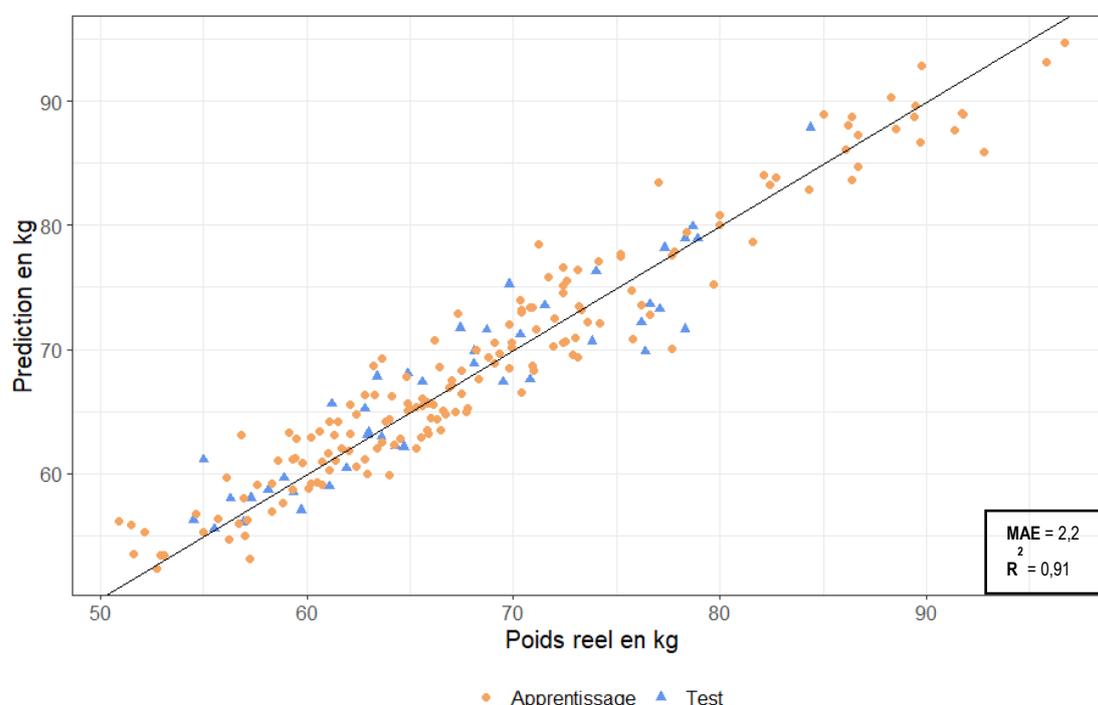


Figure 2 : Nuage de points représentant les prédictions du modèle en fonction du poids réel, sur les images de brebis tondues. Le modèle est précis, aussi bien sur les données d'apprentissage que sur les données de test



En croisant le classement de NEC avec la date de tonte, un manque de variabilité a été constaté dans les données : trop peu de NEC faibles chez les brebis tondues, et peu de NEC élevées chez les brebis non tondues. Pour parer à ce problème, les seuils ont été définis de manière automatique en trouvant le classement permettant d'avoir le meilleur score de prédiction. Dans notre cas, le meilleur partage sont 2 et 3,5 avec un taux d'images bien classées de 76 %.

3. Preuve de concept de l'autopesée pour le suivi du poids en continu

3.1 Attentes et besoins des éleveurs

Trois *focus groups* regroupant éleveurs et techniciens ont été réalisés dans les fermes expérimentales de La Fage, de Carmejane et du Mourier afin d'identifier les freins des éleveurs à la pesée et de définir les pistes d'un dispositif de pesée idéal.

Les différents freins à la pesée identifiés par les différents groupes sont :

- Chronophage (Chantier supplémentaire) et nécessité d'un système de contention
- Utilité / intérêt de la pesée / Manque de références
- Pas toujours de lien avec le logiciel de gestion de troupeau ou le contrôle de performances
- Manque de fiabilité et de précision
- Coût et rapport qualité / prix
- Temps de familiarisation à l'outil
- Mobilité / Complexité d'installation
- Ergonomie : peu d'accès aux animaux
- Multiplicité du matériel entre agneaux et brebis

Caractéristiques d'un dispositif idéal selon les éleveurs et techniciens :

- Simple d'utilisation
- Silencieux
- Fiable
- Mobile
- Connecté pour l'extraction des données / Lien avec le logiciel de gestion de troupeau
- Autonome
- Combiné à un tri des animaux (surtout pour les brebis)
- Ergonomique, accès aux animaux

D'après les *focus groups* réalisés, un dispositif d'autopesée serait plus intéressant dans un premier temps pour les agneaux afin de suivre précisément leur croissance et de les trier automatiquement et en continu. Cependant pour des questions d'organisation et d'apprentissage, l'autopesée est plus facile à mettre en place dans un lot de brebis.

3.2 Analyse des données de poids existantes

Les trajectoires de poids vifs d'agneaux et brebis ont été décrites dans le but de paramétrer des outils d'autopesée utiles dans l'élevage de précision pour pouvoir statuer sur le caractère " attendu " ou " non-attendu " du poids vif enregistré. Il est ensuite susceptible de déclencher l'émission d'une alerte vers l'éleveur. Afin de paramétrer les futurs outils d'autopesée et de NEC automatisée, des trajectoires de poids vifs d'agneaux en croissance d'une part et de brebis en production d'autre part (poids vif et NEC) ont été étudiées à partir de bases de données d'élevages d'instituts de recherche européens (France, Irlande, Ecosse).

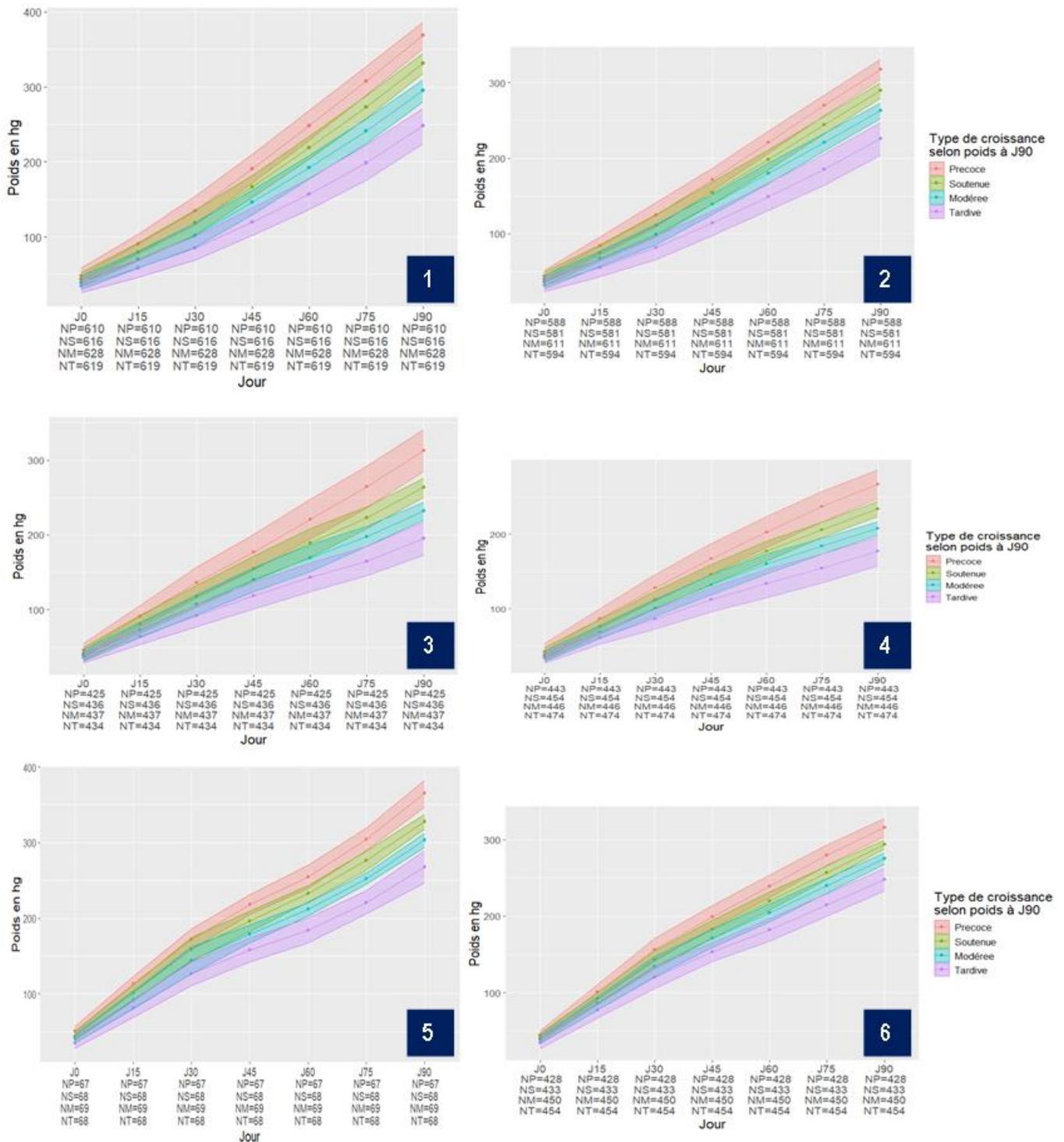


Figure 3 : Courbes de croissance d'agneaux : 1. Poids des agneaux mâles selon l'âge et 4 niveaux de croissance pour le système d'élevage allaitant en bergerie ; 2. Poids des agneaux femelles selon l'âge et 4 niveaux de croissance pour le système d'élevage allaitant en bergerie ; 3. Poids des agneaux mâles selon l'âge et 4 niveaux de croissance pour le système d'élevage allaitant sur pâture ; 4. Poids des agneaux femelles selon l'âge et 4 niveaux de croissance pour le système d'élevage allaitant sur pâture ; 5. Poids des agneaux mâles selon l'âge et 4 niveaux de croissance pour le système d'élevage laitier ; 6. Poids des agneaux femelles selon l'âge et 4 niveaux de croissance pour le système d'élevage laitier



Vingt-quatre courbes de croissance d'agneaux ont pu être établies pour les 2 sexes, les 3 systèmes d'élevage (allaitant en bergerie, allaitant sur pâture, laitier en bergerie) et 4 niveaux de croissance (précoce, soutenu, modéré et tardif). Les 6 configurations pour les 2 sexes et les 3 systèmes d'élevage sont présentés sur la figure 3 avec 4 courbes selon les 4 niveaux de croissance. Pour chaque niveau de croissance, l'ensemble de trajectoires est construit en traçant la médiane avec son faisceau de plus ou moins une déviation moyenne absolue (MAD) autour de cette médiane, illustrant la plage de variation théorique de poids pour un âge donné (Figure 3).

Un travail similaire a été réalisé avec les données de brebis adultes par campagne. Cinq classes de poids vif et 10 classes de NEC ont été établies mais la qualification des classes n'est pas encore transposable à une utilisation terrain.

3.3 Développement et présentation du prototype

Le prototype d'autopesée OtoP 3D a été développé en partenariat avec la société Maréchalle Pesage à partir d'un prototype existant et testé à la ferme expérimentale INRAE La Fage. Il a été testé sur 3 fermes différentes : la Digifirme® du Mourier en ovins allaitants, la ferme expérimentale de Carmejane en ovins allaitants et la Digifirme® de La Cazotte en ovin lait. Le prototype est constitué de deux barres de pesées et d'un indicateur « WOW » qui permettent une pesée dynamique. Un module en forme de « s » est intégré au dispositif afin de réguler le flux des animaux. La largeur de passage est réglable pour et peut donc s'ajuster au gabarit moyen des animaux du lot. Une antenne RFID est intégrée dans le dispositif afin d'identifier les animaux lors de leur passage. Le dispositif est autonome en énergie grâce à son panneau solaire et sa batterie intégrée, néanmoins il peut également être branché sur secteur (Figure 4).



Figure 4 : Prototype d'autopesée OtoP 3D

Les données de poids, date et identification de l'animal sont stockées en local et doivent être téléchargées via Bluetooth ou à l'aide d'un câble sur un ordinateur ou smartphone.

Afin de favoriser le passage des animaux dans la cage d'autopesée, un sens de circulation est instauré. Par exemple : Les brebis passent par l'autopesée pour avoir accès à l'abreuvoir, et passent par un système d'anti-recul pour retourner pâturer.

3.4 Résultats

Les données ont été récoltées sur 5 sessions d'enregistrement d'autopesée :

- Ferme de La Fage en extérieur : 188 brebis sur 29 jours en juillet 2018
- Ferme de La Fage en intérieur : 163 brebis sur 46 jours en février / mars 2019
- Ferme du Mourier : 77 brebis sur 29 jours en juillet / août 2020
- Ferme de la Cazotte : 63 brebis sur 27 jours en avril / mai 2021
- Ferme du Mourier : 52 agneaux sur 41 jours en janvier / mars 2022

L'algorithme développé dans le cadre du projet OtoP 3D à 2 objectifs :

- Détecter automatiquement les « erreurs » d'autopesée.
- Permettre un suivi du poids des brebis

Il nécessite 2 paramètres à ajuster avant la mise en place de l'algorithme : un poids de référence pour la brebis et un intervalle de variation du poids.

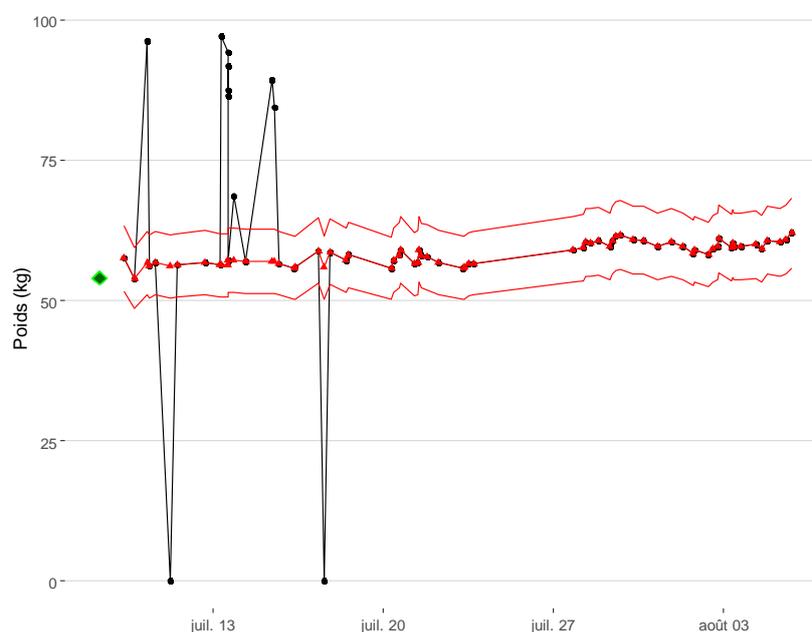


Figure 5 : Correction automatique des données d'autopesée (points rouges) à partir d'un poids de référence (losange vert). Les poids restés en noirs sont ceux considérés comme aberrants par l'algorithme.

L'algorithme fonctionne de la façon suivante : en partant du poids de référence un intervalle de référence du poids est appliqué pour obtenir un poids maximum et minimum. Le premier poids mesuré durant la session d'autopesée : si ce poids est compris entre le maximum et le minimum calculé précédemment alors l'algorithme considère ce poids comme valide, il est conservé comme poids de référence. Dans le cas contraire le poids est considéré comme une « erreur » d'autopesée et est écarté. L'algorithme passe ensuite au poids suivant et recommence en ayant modifié ou non le poids de référence. La figure 5 présente un exemple sur une brebis de la ferme du Mourier.

L'avantage de modifier le poids de référence au fur et à mesure de la session d'autopesée et de permettre de suivre les variations de poids des brebis si cette variation est progressive et lente. L'algorithme permet



donc de suivre le poids d'agneaux en croissance comme le montre la figure 6 sur un agneau de la ferme du Mourier.

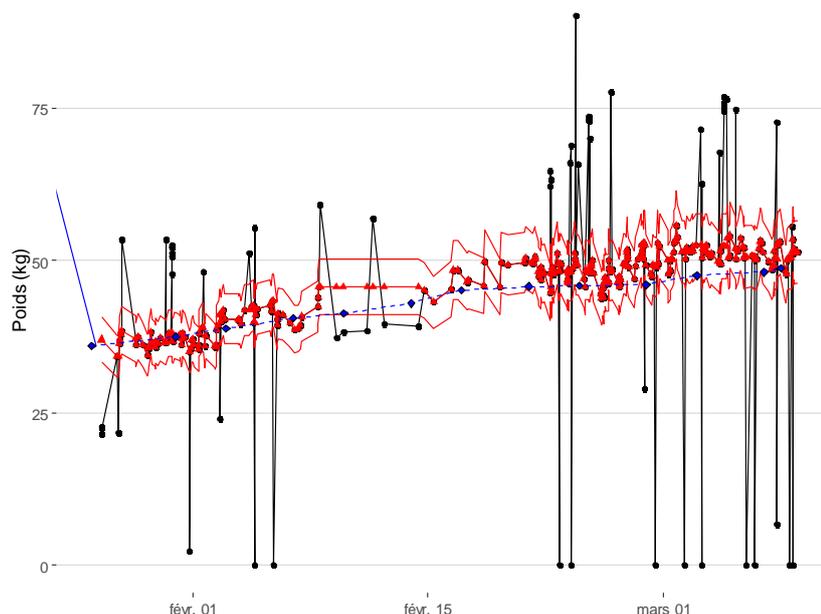


Figure 6 : Correction automatique des données d'autopesée (triangles rouges) à partir d'un poids de référence (losange bleu initial) pour la croissance d'un agneau. Les poids en noirs sont ceux considérés comme aberrants par l'algorithme. Les losanges bleus sont les poids obtenus par pesée manuelle.

4. Conclusion

Le projet OtoP 3D avait pour objectif de contribuer au développement de l'élevage de précision en production ovine en s'attachant à faire la preuve du concept et à tester deux technologies adaptées à des animaux à faible valeur économique et à des troupeaux de grandes tailles : l'autopesée et l'imagerie 3D. La consultation des acteurs des filières ovines a montré de nombreux freins à la pesée et ouvre donc l'opportunité à de nouveaux outils de se développer.

Deux prototypes d'imagerie 3D ont été développés, pour correspondre aux brebis et agneaux. Ces prototypes permettent l'enregistrement d'images 3D de brebis et d'agneaux. Ils ont montré un fort potentiel dans la mesure des paramètres déjà mesurables par l'opérateur mais surtout une ouverture des possibilités quant à la mesure de nouveaux paramètres : surface, volume... Le traitement des images 3D a permis une estimation à en moyenne 2,2 kg des brebis, mais reste encore à travailler pour obtenir une estimation de la NEC précise.

Un prototype d'autopesée a également été développé dans le cadre du projet à partir d'un dispositif idéal imaginé par les éleveurs et techniciens et d'un prototype testé à INRAE La Fage. Ce dispositif a été testé dans différents systèmes ovins. Son utilisation est approuvée pour des lots de brebis en systèmes extensifs ou pâturant, demande quelques adaptations pour des lots de brebis en bâtiment et reste à améliorer pour des agneaux en bâtiments. Le traitement des données de poids issues de l'autopesée permet de suivre le poids d'une brebis ou la croissance d'un agneau sous réserve que l'animal se pèse régulièrement.

Les deux outils développés et testés dans le cadre du projet OtoP 3D ont montré un potentiel fort pour faciliter le suivi du poids des brebis et agneaux. Des données supplémentaires sont nécessaires pour améliorer l'estimation de la NEC.



Ethique

Les auteurs déclarent que les expérimentations ont été réalisées en conformité avec les réglementations nationales applicables.

Déclaration sur la disponibilité des données et des modèles

Les données qui étayent les résultats évoqués dans cet article sont accessibles sur demande auprès de l'auteur de correspondance de l'article.

Déclaration relative à l'Intelligence artificielle générative et aux technologies assistées par l'Intelligence artificielle dans le processus de rédaction.

Les auteurs n'ont pas utilisé de technologies assistées par intelligence artificielle dans le processus de rédaction.

Contributions des auteurs (obligatoire)

Cet article a été rédigé par Laurence Depuille, et relu et amendé par l'ensemble des auteurs.

Déclaration d'intérêt

Les auteurs déclarent ne pas travailler, ne conseiller, ne pas posséder de parts, ne pas recevoir pas de fonds d'une organisation qui pourrait tirer profit de cet article, et ne déclarent aucune autre affiliation que celles citées en début d'article.

Déclaration de soutien financier

Avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale développement agricole et rural (CASDAR). Projet OtoP 3D CASDAR n°18ART1818.

Références bibliographiques :

Abdel-Mageed I., Others. 2009. Body condition scoring of local Ossimi ewes at mating and its impact on fertility and prolificacy. *Egypt. J. Sheep Goat Sci.* 4, 1, 37–44.

Arrantz J. M., Bocquier F., 1997. Relations entre performances et état corporel des brebis laitières en Pyrénées Atlantiques. In *Rencontre Recherche Ruminants*, Paris, 3-4 décembre 1997. p. 29.

Berckmans, D., Guarino M., 2017. Precision livestock farming for the global livestock sector. *Animal Frontiers* 7(1), 4-5.

Bocquier F., Debus N., Lurette A., Maton C., Viudes G., Moulin C. H., Jouven M., 2014. Elevage de précision en systèmes d'élevage peu intensifiés. *INRA Prod. Anim.* 27, 101–112.

Calavas D., Sulpice P., Lepetitcolin E., Bugnard F., 1998. Appréciation de la fidélité de la pratique d'une méthode de notation de l'état corporel des brebis dans un cadre professionnel. *Vet. Res.* 29, 2, 129–138.

Chastant S., Dizier M. S., 2016. Elevage de précision. Ed. France Agricole., 252 p.

Dedieu B., Cournut E., Gibon A., 1989. Notation d'état corporel et systèmes d'élevage ovin. Diagnostic et conseil pour l'alimentation des troupeaux en Cévennes. *INRA Prod Anim.* 2, 2, 79–88.

Fisher A., Luginbuhl T., Delattre L., Delouard J. M., Faverdin P., 2014. Améliorer la mesure de l'état des réserves corporelles des vaches laitières en analysant la surface 3D du dos de la vache. In *Rencontre Recherche Ruminants*, Paris, 7-8 décembre 2014. p. 23-26.

Friggens N. C., Thorup V. M., Edwards D., 2011. Estimation à la ferme du bilan énergétique des vaches laitières à l'aide des mesures fréquentes de poids vif et de note d'état corporel. *Renc Rech Rum.* p. 39–42.



González-García E., Alhamada M., Pradel J., Douls S., Parisot S., Bocquier F., ... & González L.A., 2018. A mobile and automated walk-over-weighing system for a close and remote monitoring of liveweight in sheep. *Computers and Electronics in Agriculture*, 153, 226-238.

Holtz J, Gautier JM, Duroy S, Lagriffoul G., 2015. Using RFID and other electronic devices for the management of small ruminants flocks in France. In *EAAP Warsaw 2015*.

Jaime C., Purroy A., 1995. Effet de l'état corporel au moment de l'agnelage sur la lactation des brebis et la croissance d'agneaux doubles. *Body Cond. Sheep Goats Methodol. Asp. Appl. Zaragoza CIHEAM-IAMZ Options Méditerranéennes*. p. 35-41.

Martin O., Puillet L., 2013. A model as a tool to describe the variability of lifetime body weight trajectories in dairy goats. In *EAAP Nantes*. p. 150.

Mercier L., Marguin L., Gautier J.M., 2006. Atouts, contraintes et perspectives de l'identification électronique en élevage ovin. In *Rencontre Recherche Ruminants, Paris, 6-7 décembre 2006*. p. 151-154.

Molina M. P., Molle G., Ligios S., Ruda G., Casu S., 1991. Evolution de la note d'état corporel des brebis de race Sarde dans différents systèmes d'élevage et relation avec la production laitière. *Options Méditerranéennes Sér. Sémin. N°13*, p. 97-102.

Morris J. E., Cronin G. M., Bush R. D., 2012. Improving sheep production and welfare in extensive systems through precision sheep management. *Anim. Prod. Sci.* 52, 7, 665-670.

Revilla R., Purroy A., Gibon A., 1991. Evolution de l'état corporel dans des troupeaux ovins exploités en zone de montagne. *Opt Med.* 13, 103-108.

Russel A. J. F., Doney J. M., Gunn R. G., 1969. Subjective assessment of body fat in live sheep. *J. Agric. Sci.* 72, 3, 451-454.



Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 4.0)

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue *Innovations Agronomiques* et son DOI, la date de publication.