



**HAL**  
open science

# Évaluation d'une plateforme d'autoposée pour le suivi de la croissance et du comportement d'agnelles Mérinos d'Arles sevrées dans des conditions de pâturage méditerranéen

Estelle Leroux

## ► To cite this version:

Estelle Leroux. Évaluation d'une plateforme d'autoposée pour le suivi de la croissance et du comportement d'agnelles Mérinos d'Arles sevrées dans des conditions de pâturage méditerranéen. Sciences du Vivant [q-bio]. 2021. dumas-03631220

**HAL Id: dumas-03631220**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03631220v1>**

Submitted on 5 Apr 2022

**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.

## AGROCAMPUS OUEST

CFR Angers  CFR Rennes

Année universitaire : 2020-2021

Spécialité : Agronomie

Spécialisation (et option éventuelle) :

Sciences et Ingénierie en Productions Animales (SIPA)

### Mémoire de fin d'études

d'ingénieur d'AGROCAMPUS OUEST (École nationale supérieure des sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage), école interne de L'institut Agro (Institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement)

de master d'AGROCAMPUS OUEST (École nationale supérieure des sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage), école interne de L'institut Agro (Institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement)

de Montpellier SupAgro (étudiant arrivé en M2)

d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)

## Évaluation d'une plateforme d'autopesée pour le suivi de la croissance et du comportement d'agnelles Mérinos d'Arles sevrées dans des conditions de pâturage méditerranéen

Par : Estelle LEROUX



Photo par Guerin Sagna, Domaine du Merle, 19 février 2021

**Soutenu à Rennes, le 09 septembre 2021**

### Devant le jury composé de :

Président : Lucile Montagne  
Maître de stage : Eliel González-García  
Enseignant référent : Pierre-Guy Marnet

Autres membres du jury (Nom, Qualité)  
Rapporteur : Yannick Le Cozler

Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST

Ce document est soumis aux conditions d'utilisation  
« Paternité-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de Modification 4.0 France »  
disponible en ligne <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>



## Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué au bon déroulement de mon stage et à la rédaction de ce mémoire.

Tout d'abord, je souhaite remercier Eliel González-García, mon maître de stage pour m'avoir accueillie et fait confiance pour ce projet. Je tiens également à remercier Irene Llach-Martinez pour son accompagnement et sa bonne humeur tout au long de ce stage, et en particulier lors de la phase d'expérimentation. Je remercie aussi Isabelle Sanchez pour son temps et son aide lors de l'analyse des données. Je suis aussi reconnaissante envers le personnel du domaine du Merle pour leur accueil sur la ferme expérimentale. La réalisation de la partie expérimentale qui m'a été confiée était pour moi une chance.

Je remercie aussi Pierre-Guy Marnet, mon enseignant référent, pour avoir été présent en cas de questionnements lors de ce stage. De façon générale, je remercie l'ensemble de l'équipe enseignante de la spécialisation SIPA d'Agrocampus Ouest de leur investissement permanent pour nous fournir un enseignement de qualité et un suivi personnalisé.

Je souhaite aussi dire merci à l'ensemble des stagiaires SELMET pour leur bonne humeur, leur sens du partage et leurs encouragements. Cela a été un réel plaisir de partager notre bureau pendant ces quelques mois.

Enfin, je remercie mes proches pour leur soutien inconditionnel tout au long de ma scolarité. Je remercie tout particulièrement Mélanie pour ses conseils et ses relectures. Je tiens évidemment à remercier mes parents et mes sœurs de me soutenir et de croire en moi.

## Table des matières

<b>Liste des figures .....</b>	<b>iii</b>
<b>Liste des tableaux .....</b>	<b>v</b>
<b>Liste des annexes .....</b>	<b>vi</b>
<b>Liste des abréviations.....</b>	<b>vii</b>
<b>Introduction .....</b>	<b>1</b>
<b>I. Matériels et méthodes.....</b>	<b>3</b>
<b><i>I.1. Lieu d'expérimentation et système d'élevage.....</i></b>	<b>3</b>
<b><i>I.2. Design expérimental.....</i></b>	<b>3</b>
I.2.1. Animaux .....	3
I.2.2. Conduite et suivi : animaux et système .....	4
I.2.3. Types de données et système de collecte .....	6
I.2.4. Phases expérimentales.....	6
<b><i>I.3. Organisation et construction des bases de données.....</i></b>	<b>6</b>
I.3.1. Données récoltées.....	6
I.3.2. Données estimées .....	7
<b><i>I.4. Traitements des données et analyses statistiques.....</i></b>	<b>8</b>
I.4.1. Données météorologiques et composition botanique des parcelles .....	8
I.4.2. Données du WoW .....	8
I.4.3. Données de croissance .....	9
I.4.4. Données comportementales .....	10
<b>II. Résultats.....</b>	<b>11</b>
<b><i>I.1. Nettoyage de la base de données : validation du système d'autopesée.....</i></b>	<b>11</b>
<b><i>II.2. Suivi de la croissance .....</i></b>	<b>15</b>
II.2.1. À l'échelle du lot.....	15
II.2.2. À l'échelle du groupe d'agnelles, en fonction de leur poids .....	17
II.2.3. À l'échelle individuelle.....	18
<b><i>II.3. Suivi comportemental.....</i></b>	<b>20</b>
II.3.1. À l'échelle des phases expérimentales.....	20
II.3.2. À l'échelle de la semaine .....	20
II.3.3. À l'échelle de la journée .....	23

<b>III. Discussion .....</b>	<b>23</b>
<b><i>III.1. Mise en place et évaluation de l'effectivité d'usage du système d'autopesée .....</i></b>	<b>23</b>
III.1.1. Validation du système d'autopesée pour des agnelles au pâturage .....	23
III.1.2. Adaptation des agnelles après servage et au pâturage .....	24
<b><i>III.2. Utilisation des données fournies par le système d'autopesée.....</i></b>	<b>25</b>
III.2.1. Suivi de la croissance .....	25
III.2.2. Suivi comportemental.....	25
<b>Conclusion et perspectives.....</b>	<b>28</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>29</b>
<b>Sitographie .....</b>	<b>32</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>33</b>

## Liste des figures

**Figure 1** : Représentation schématique de la conception expérimentale suivie pour évaluer la faisabilité de l'utilisation d'un système d'autopesée sur des agnelles Mérinos d'Arles récemment sevrées ( $n= 100$ ). L'expérience de 3 mois s'est déroulée du 25 janvier au 30 avril 2021 en deux phases expérimentales majeures (adaptation et collecte de données).

*Si* : semaine n°  $i$  ; *réf* : mesures du poids vif de référence (Gold Standard) avec l'indicateur de pesée statique XR-5000 ; *b* : présence de cinq brebis adultes adaptées au WoW pour faciliter l'apprentissage des agnelles naïves.

**Figure 2** : Carte des parcelles ( $n= 14$ , surface=  $0,29 \pm 0,08$  ha) et représentation schématique du système de pâturage tournant dynamique mis en place. Deux rotations ont été effectuées sur les parcelles (P) 1 à 6. Domaine du Merle, image générée avec le package Leaflet de R (R Core Team, 2021).

**Figure 3** : Représentation schématique du plan d'une parcelle et de l'ensemble de la configuration du système d'autopesée pour permettre un flux à sens unique des animaux vers la zone d'attraction, reliée à la parcelle. *Mi* : blocs minéraux ; *Me* : mélasse ; *S* : blocs de sel ; *WoW* : plateforme d'autopesée. (Photo d'origine par Guerin Sagna, Domaine du Merle, 19 février 2021).

**Figure 4** : Représentation schématique de la prise en compte des effets aléatoires du dispositif expérimental dans la construction du modèle statistique défini pour l'évaluation de l'influence du système de pesée sur les valeurs de poids vifs au cours du temps.

**Figure 5** : Effets de l'utilisation d'une méthode de nettoyage en trois étapes pour éliminer les valeurs extrêmes et aberrantes de la phase II de l'expérimentation, sur la corrélation entre la pesée statique (traditionnelle, *Gold Standard*) et l'autopesée (*WoW*). Régression linéaire (ligne bleue) : *A* : de la base de données brute ; *B* : après l'étape 1 du nettoyage des données ; *C* : après l'étape 2 du nettoyage des données ; *D* : après l'étape 3 du nettoyage des données, base de données finale.  $R^2$  : coefficient de régression linéaire ; Erreur : erreur résiduelle. En rouge : ligne à  $45^\circ$  (corrélation parfaite).

**Figure 6** : Résultats des analyses de concordance entre les deux méthodes de pesées (*Gold Standard* vs. *WoW*), effectuées avec la méthode de Bland et Altman (1989) au cours du processus de nettoyage des données de la phase II de l'expérimentation. *A* : de la base de données brute ; *B* : après l'étape 1 du nettoyage des données ; *C* : après l'étape 2 du nettoyage des données ; *D* : après l'étape 3 du nettoyage des données, base de données finale. L'ellipse rouge illustre les données gardées dans la base de données finale.

**Figure 7** : Courbes de croissance des trois groupes expérimentaux (Lourd, Moyen et Léger) obtenues avec chacun des deux systèmes de pesée. La courbe du *Gold Standard* (GS) représente les valeurs de poids vif hebdomadaire moyennes mesurées de façon statique. La courbe du *WoW* représente les valeurs moyennes des PV mesurés ou estimés sur les mêmes jours de mesures de référence du GS.

**Figure 8 :** Courbes de croissance des agnelles 3537 (groupe Moyen), 3601 (groupe Léger) et 3954 (groupe Lourd) obtenues avec chacun des deux systèmes de mesures. La courbe du *Gold Standard* représente les valeurs de poids vif hebdomadaire mesurées de façon statique. Celle du WoW représente les valeurs journalières enregistrées. La figure illustre le potentiel d'utilisation du WoW pour créer un système d'alerte précoce au service de l'éleveur. *L'individu 3954 est mort au cours de l'expérimentation (01/04/2021).*

**Figure 9 :** Valeurs des gains moyens quotidiens (GMQ, g/j) des agnelles 3537 (groupe Moyen), 3601 (groupe Léger) et 3954 (groupe Lourd) obtenues avec chacun des deux systèmes de pesée. *Semaine 5 à 14 : phase II de l'expérimentation.*

**Figure 10 :** Pourcentage journalier d'agnelles ( $n= 100$  puis 99 à partir du 01/04/2021) traversant la plateforme du système WoW au cours des phases I et II de l'expérimentation (Adaptation et Collecte,  $p < 0,001$ ). *Le symbole ☒ indique les jours présentant un problème de batterie sur le système.*

**Figure 11 :** Représentation graphique par semaine ( $p < 0,0001$ ) du nombre de passage journalier sur la plateforme par agnelle ( $n= 100$  puis 99 à partir du 01/04/2021) en fonction des données systémiques et environnementales. THI : *Index Température-Humidité* ; RR : *hauteur des précipitations (mm)* ; V : *vitesse moyenne du vent (m/s)* ; Ni : *nombre total de passages pendant la semaine i* ; mi : *nombre moyen de passages journaliers pendant la semaine i.*

**Figure 12 :** Cinétique journalière des passages par agnelle ( $n= 100$ ) : représente la fréquence de passage par heure et par individu sur une journée ( $p < 0,0001$ ). *Les zones grisées représentent les heures nocturnes.*

## Liste des tableaux

**Tableau 1** : Résumé des caractéristiques générales par groupe de poids vif (PV) des agnelles sélectionnées pour l'étude ( $n= 100$ ).

**Tableau 2** : Résumé du processus de nettoyage des données sur l'ensemble des deux phases de l'expérimentation. Trois nettoyages successifs ont été effectués en partant de la base de données brute pour atteindre une base de données finale utile pour les analyses. BDD : *Base De Données*.

*\*Les jours avec un problème de batterie ayant empêché la collecte correcte des données ont été supprimés.*

**Tableau 3** : Analyses descriptives et indicateurs de validation des données au cours du processus de nettoyage des données.

**Tableau 4** : Poids vif moyen (PV, kg), PV initial et final et gain de poids ( $\Delta PV$ ) au cours de la seconde phase de l'expérimentation.

**Tableau 5** : Gain moyen quotidien (GMQ, g/j) pour chaque semaine de la seconde phase de l'expérimentation, GMQ et GMQ moyen sur l'ensemble de cette phase. *Semaine 5 à 14 : phase II de l'expérimentation.*

## Liste des annexes

**Annexe I** : Extrait du script R (R Core Team, 2021) utilisé pour le nettoyage et l'analyse des données de poids vif. Cet extrait montre la **première étape** du nettoyage des données.

**Annexe II** : Extrait du script R (R Core Team, 2021) utilisé pour le nettoyage et l'analyse des données de poids vif. Cet extrait montre la **deuxième étape** du nettoyage des données.

**Annexe III** : Extrait du script R (R Core Team, 2021) utilisé pour le nettoyage et l'analyse des données de poids vif. Cet extrait montre la **troisième étape** du nettoyage des données.

**Annexe IV** : Courbes de croissances du lot ( $n= 100$ ) obtenues avec chacun des deux systèmes de mesures. La courbe du *Gold Standard* représente les valeurs de poids vif hebdomadaire mesurées de façon statique. Celle du WoW représente les valeurs journalières obtenues. La figure illustre le potentiel d'utilisation du WoW pour créer un système d'alerte précoce au service de l'éleveur.

**Annexe V** : Courbes de croissances de l'ensemble des agnelles du lot ( $n= 100$ ) obtenues avec chacun des deux systèmes de mesures. La courbe du *Gold Standard* représente les valeurs de poids vif hebdomadaire mesurées de façon statique. Celle du WoW représente les valeurs journalières obtenues. La figure illustre le potentiel d'utilisation du WoW pour créer un système d'alerte précoce au service de l'éleveur. *L'individu 3954 est mort au cours de l'expérimentation (01/04/2021).*

**Annexe VI** : Variabilité du pourcentage d'agnelles ( $n= 100$  puis 99 à partir du 01/04/2021) traversant la plateforme du système WoW au cours des phase I et II de l'expérimentation (Adaptation et Collecte,  $p < 0,0001$ ). *Les jours avec un problème de batterie sur le système ont été éliminés.*

## Liste des abréviations

**BEA** : Bien-Être Animal

**C.b** : Facteur de correction de biais

**CCC** : Coefficient de Corrélation de Concordances

**GMQ** : Gain Moyen Quotidien

**GS** : Référence (*Gold Standard*)

**MS** : Matière Sèche

**NEC** : Note d'État Corporelle

**PV** : Poids Vif

**RFID** : Dispositif d'identification par radiofréquence (*Radio Frequency Identification Device*)

**RGA** : Ray-Grass Anglais

**RR** : Hauteur des précipitations

**THI** : Index Température-Humidité (*Temperature-Humidity Index*)

**TM** : Température Moyenne

**HM** : Humidité Moyenne

**V** : Vitesse moyenne du vent

**WoW** : Système de suivi du poids vif en continu (*Walk-over-Weighing*)

## Introduction

L'élevage ovin est très répandu dans le monde et une augmentation de 178% de la consommation de viande ovine est prévue d'ici 2050, par rapport à 2010 (FAO, 2011). Cette forte demande se traduit par une productivité importante, qui doit trouver un équilibre avec les demandes sociétales actuelles des pays développés pour lesquelles, au-delà des objectifs de sécurité alimentaire, l'environnement et le Bien-Être Animal (**BEA**) sont les principaux enjeux (FAO, 2011).

Le BEA est un enjeu majeur à prendre en compte dans l'élevage d'aujourd'hui et dans la conception de systèmes durables, socialement acceptables pour demain. Même si l'élevage ovin est globalement bien perçu vis-à-vis du BEA, des progrès restent à faire (Roguet *et al.*, 2015; Doughty *et al.*, 2017). D'après le principe des cinq libertés (Webster, 2001), pour répondre aux critères du BEA il faut que l'animal ne soit pas en état de faim ou de soif, qu'il ne présente pas de maladie ou de blessure, qu'il ne soit pas dans un état de stress et qu'il puisse exprimer les comportements normaux de son espèce, le tout dans un bon environnement (Richmond *et al.*, 2017). Plusieurs indicateurs peuvent être mesurés en élevage ovin afin de monitorer, d'évaluer et d'améliorer le BEA. Les paramètres environnementaux permettent d'identifier si les conditions du milieu respectent le BEA : l'accès à l'ombre ou l'accès et la propreté de l'eau par exemple. D'autres indicateurs sont directement mesurés sur les animaux tels que la Note d'État Corporel (**NEC**), le nombre de lésions ou l'absence de comportements stéréotypiques (AWIN, 2015).

Parmi l'ensemble des indicateurs zootechniques, un paramètre clé en élevage pour le suivi global des animaux, et en particulier du BEA, est le Poids Vif (**PV**) (Phythian *et al.*, 2011; Doughty *et al.*, 2017). Ses variations au cours du temps traduisent l'état physiologique, physique et sanitaire de l'animal (Morris *et al.*, 2012; Brown *et al.*, 2015). Le PV est l'un des indicateurs les plus largement utilisés en élevage car il est facile à collecter et à comprendre. Il permet un suivi du lot et des individus afin de contribuer à la compréhension des pratiques d'élevage à ces différentes échelles (Brown *et al.*, 2015; Wishart *et al.*, 2017; González-García *et al.*, 2021). Or, en élevage ovin, la pesée n'est généralement effectuée que peu de fois dans l'année. Il est même reconnu qu'une grande partie des éleveurs ne pèsent pas leurs animaux. En effet, la pesée demande une logistique et un temps important à consacrer de la part de l'éleveur. Elle provoque un stress chez l'opérateur qui la réalise, mais aussi chez les animaux à cause de leur manipulation et de leur contention.

Fournir un système aux éleveurs permettant un gain de temps et une diminution du stress, tout en assurant un suivi proche des indicateurs de performance et de BEA est donc un enjeu majeur de l'élevage de précision (Chastant-Maillard *et al.*, 2016). Le projet européen H2020 TechCare (TechCare Project – *Integrating innovative TECHnologies along the value Chain to improve small ruminant welfARE management, 2020-2024*) vise à répondre à ce défi. Il a pour but de développer l'utilisation des technologies d'élevage de précision et des outils d'aide à la décision comme moyen de surveillance et d'amélioration du BEA des petits ruminants. Caja *et al.* (2020) montrent que de nombreux dispositifs existent déjà : des GPS embarqués dans des colliers pour la mise en place de clôtures virtuelles ou la gestion du pâturage, des capteurs pour le suivi de la température ou des activités des animaux (accéléromètres) ou des outils de vidéosurveillance par exemple. Pour le suivi de la croissance, ils répertorient plusieurs outils possibles : l'imagerie

optique, 3D ou laser et la pesée automatique. Les outils d'imagerie utilisent une image correspondant à un ensemble de points qui permettent d'accéder au volume et à l'aire de l'animal pour calculer son PV (Core *et al.*, 2008; Le Cozler *et al.*, 2019). La pesée automatique associe une plateforme de pesée à un lecteur **RFID** (Dispositif d'identification par radiofréquence, *Radio Frequency Identification Device*) afin d'avoir un enregistrement rapide des PV par individu (Caja *et al.*, 2020). Elle est statique ou dynamique et nécessite la manipulation des animaux par un opérateur.

La mise en place d'un système de suivi du PV en continu (*Walk-over-Weighing*, **WoW**) et sans intervention humaine permet la collecte de nombreuses données (Brown *et al.*, 2014a; González-García *et al.*, 2018a; b). Dans la littérature, il n'existe que peu d'articles traitant de l'utilisation du WoW chez les ovins et ceux-ci s'intéressent principalement aux femelles adultes, parfois en présence de leur agneau (Brown *et al.*, 2012; Morris *et al.*, 2012; Polat *et al.*, 2013; González-García *et al.*, 2018b, 2021). Seuls Brown *et al.* (2014b) ont travaillé sur la mise en place d'un système d'autopesée sur des agneaux sevrés. Pourtant, le suivi régulier et précis du PV des agneaux, après le sevrage est nécessaire afin de garantir leur croissance, leur santé, leur bien-être et leurs performances futures. Chez les jeunes femelles, Kenyon *et al.* (2014) rapportent qu'une altération de la croissance dans les sept ou dix premiers mois de vie a des conséquences irréversibles sur les performances reproductives futures. Or, c'est pendant la période de sevrage que l'agnelle est la plus exposée à un risque de diminution de sa croissance ou de perte de PV, affectant alors sa santé. Ce risque est dû au stress de cette période de transition durant laquelle l'animal doit s'adapter à un nouvel environnement physique et social, un nouveau régime alimentaire et faire face à la séparation avec sa mère (Karakuş, 2014). Le défi d'adaptation est d'autant plus important lorsque le nouvel environnement contraste avec celui de la période d'allaitement (par exemple, avec un allaitement en bergerie, puis une mise au pâturage après sevrage). La réaction à un stress est toujours complexe, elle n'est pas seulement de nature physiologique, mais est souvent le résultat de la combinaison avec une réponse comportementale (Karakuş, 2014). Ainsi, une diminution du PV liée à un stress peut être associée à un comportement alimentaire ou social anormal. En effet, l'ovin est une espèce grégaire et les animaux sont synchrones dans leur comportement alimentaire. Par exemple, la présence d'un animal en retrait, présentant un décalage de ses activités par rapport aux autres, constitue un bon indicateur de son état (AWIN, 2015).

C'est dans ce cadre que nous souhaitons étudier **si la mise en place d'un système d'autopesée garanti un suivi correct de la croissance et du comportement d'agnelles dans des conditions de pâturage après sevrage**, afin de contribuer ensuite au suivi et à l'amélioration du BEA. L'objectif principal et global de ce travail est donc de valider la faisabilité d'utilisation du prototype d'autopesée (WoW), conçu par l'INRAE et préalablement évalué dans d'autres conditions. Il s'agit alors dans un premier temps d'étudier et valider l'effectivité de l'autopesée en vérifiant son utilisation pour cette catégorie d'animaux et en estimant la qualité du suivi. Dans un second temps, il faut vérifier que l'utilisation des données validées permet d'identifier des variations de la croissance à l'échelle du lot, du groupe de poids et individuelle. Enfin, il s'agit de caractériser le suivi et les variations comportementales des animaux grâce aux données du WoW couplées à des données systémiques et environnementales.

L'hypothèse est d'abord posée qu'une bonne adaptation à un nouvel environnement et au système d'autopesée de jeunes agnelles naïves est possible grâce à une période d'adaptation. Il est alors supposé que, malgré la nécessité d'une phase de nettoyage des données brutes, les enregistrements des valeurs de PV par le WoW sont de qualité. Ils permettent la récolte de données dans un volume beaucoup plus important et fréquent que la méthode de pesée classique. Cela implique que le système d'autopesée permet un suivi de qualité, régulier et proche de l'évolution des PV à l'échelle du lot mais aussi individuelle. Enfin, il est conçu que le WoW contribue au suivi du comportement des animaux grâce aux informations temporelles et d'identification fournies.

## I. Matériels et méthodes

### I.1. Lieu d'expérimentation et système d'élevage

L'étude a été conduite à la station expérimentale du Domaine du Merle (400 ha), Salon-de-Provence (13300, France) (5,01°E, 43,64° N) appartenant à l'Institut Agro – Montpellier SupAgro. Cette exploitation ovine est composée d'un troupeau de plus de 1500 brebis et de 280 agnelles, principalement de race Mérinos d'Arles, avec un pourcentage de renouvellement de 20% par an (Teyssier et al., 2011). Les jeunes sont élevés 3 à 5 jours en bergerie après leur naissance puis sortent au pâturage avec leur mère. Ils sont ensuite séparés de leur mère vers 100 jours. Les animaux sont conduits en système de pâturage de septembre à juin et en estive durant l'été. Le pâturage s'effectue surtout sur des prairies irriguées ou en parcours de Crau (steppe semi-aride provençale composée d'une couverture discontinue de graminées).

### I.2. Design expérimental

#### I.2.1. Animaux

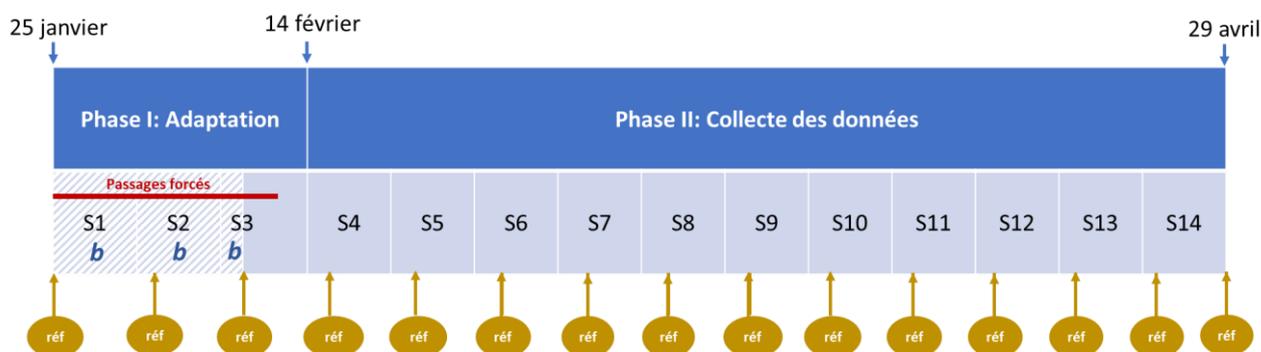
Cent agnelles Mérinos d'Arles ( $106 \pm 6$  jours ;  $24,8 \pm 3,4$  kg de PV), nées début octobre (4 octobre  $\pm 6$  jours) et sevrées le 13 janvier, ont été sélectionnées pour cette étude en se basant sur la valeur du poids vif cinq jours après le sevrage (PV > 18 kg ; *Tableau 1*).

**Tableau 1** : Résumé des caractéristiques générales par groupe de poids vif (PV) des agnelles sélectionnées pour l'étude ( $n= 100$ ).

Groupe expérimental	A la naissance		Au sevrage	
	Taille de la portée	PV, kg	Age, jours	PV, kg
Lourd ( $n= 34$ )	$1,2 \pm 0,4$	$5,1 \pm 0,8$	$106 \pm 6$	$28,8 \pm 2,0$
Moyen ( $n= 33$ )	$1,7 \pm 0,5$	$4,1 \pm 0,7$	$107 \pm 6$	$24,4 \pm 0,8$
Léger ( $n= 33$ )	$1,9 \pm 0,3$	$4,0 \pm 0,5$	$105 \pm 6$	$21,2 \pm 1,4$
<b>Total (<math>n= 100</math>)</b>	$1,6 \pm 0,5$	$4,4 \pm 0,8$	$106 \pm 6$	$24,8 \pm 3,5$

Les agnelles ont ensuite été réparties en trois groupes en fonction de leur poids, cinq jours après le sevrage : **Léger** (PV moyen=  $21,2 \pm 1,4$  kg ;  $n= 33$ ), **Moyen** (PV moyen=  $24,4 \pm 0,8$  kg ;  $n= 33$ ) et **Lourd** (PV moyen=  $28,8 \pm 2,0$  kg ;  $n= 34$ ). Ces trois groupes permettent une

bonne représentativité de la variabilité qui existe sur le troupeau du Domaine du Merle et dans des conditions réelles en ferme. Au cours de l'expérimentation, une agnelle du groupe Lourd est morte. L'étude a commencé deux semaines après le sevrage (25 janvier 2021) et a duré 14 semaines (jusqu'au 29 avril 2021) (*Figure 1*).



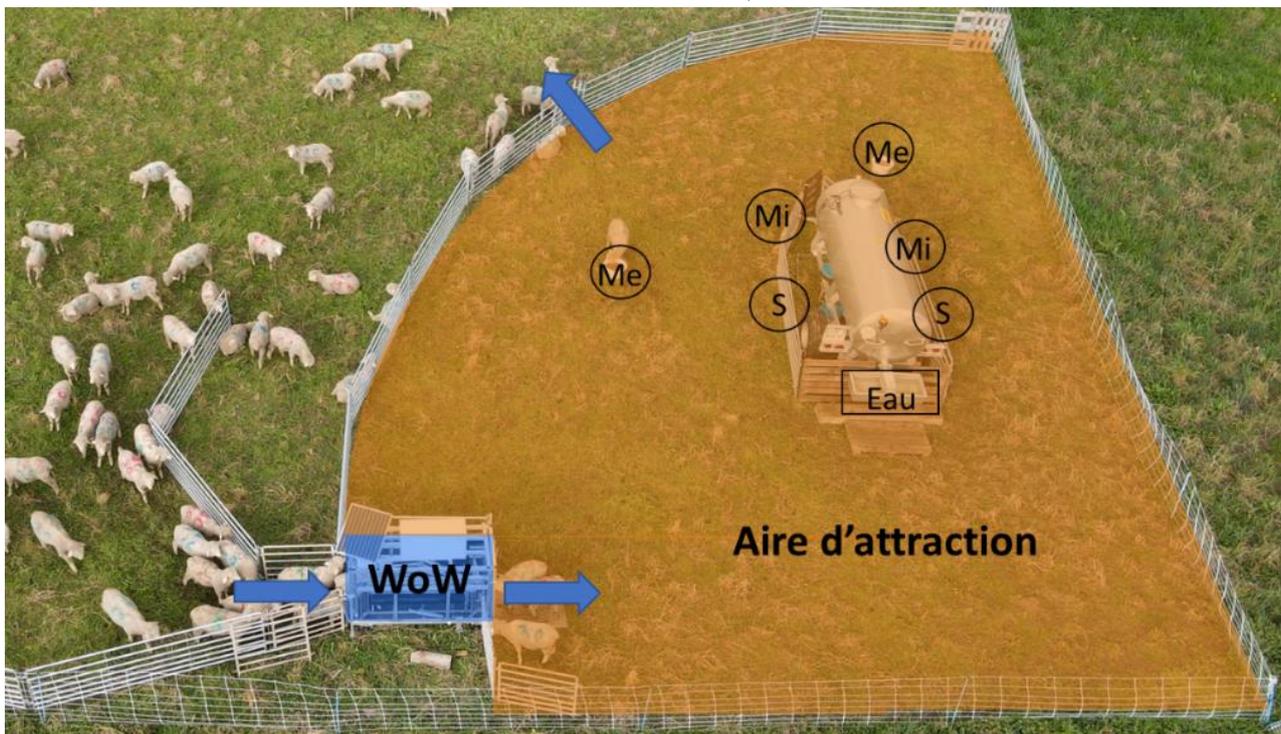
**Figure 1** : Représentation schématique de la conception expérimentale suivie pour évaluer la faisabilité de l'utilisation d'un système d'autopesée sur des agnelles Mérinos d'Arles récemment sevrées ( $n= 100$ ). L'expérience de 3 mois s'est déroulée du 25 janvier au 30 avril 2021 en deux phases expérimentales majeures (adaptation et collecte de données). *Si* : semaine n°  $i$  ; *réf* : mesures du poids vif de référence (Gold Standard) avec l'indicateur de pesée statique XR-5000 ; *b* : présence de cinq brebis adultes adaptées au WoW pour faciliter l'apprentissage des agnelles naïves.

### I.2.2. Conduite et suivi : animaux et système

Le lot expérimental ( $n= 100$ ) a été conduit en système de pâturage tournant dynamique en condition méditerranéenne (taille des parcelles :  $0,29 \pm 0,08$  ha ; temps de présence par parcelle :  $4,7 \pm 1,4$  jours, *Figure 2*). De l'eau, des blocs de sels et de minéraux, ainsi que de la mélasse étaient à disposition des agnelles dans une zone d'attraction (*Figure 3*). L'accès à cette aire était possible par une plateforme d'autopesée à sens unique (WoW) et la sortie se faisait par une porte anti-recul placée sur le côté opposé de l'entrée.



**Figure 2** : Carte des parcelles ( $n= 14$ , surface=  $0,29 \pm 0,08$  ha) et représentation schématique du système de pâturage tournant dynamique mis en place. Deux rotations ont été effectuées sur les parcelles (P) 1 à 6. Domaine du Merle, image générée avec le package Leaflet de R (R Core Team, 2021).



**Figure 3** : Représentation schématique du plan d'une parcelle et de l'ensemble de la configuration du système d'autopésée pour permettre un flux à sens unique des animaux vers la zone d'attraction, reliée à la parcelle. Mi : blocs minéraux ; Me : mélasse ; S : blocs de sel ; WoW : plateforme d'autopésée. (Photo d'origine par Guerin Sagna, Domaine du Merle, 19 février 2021).

### I.2.3. Types de données et système de collecte

Lorsqu'un animal traverse la plateforme, sa RFID est lue à l'aide de l'antenne placée sur le côté gauche du système et est enregistrée par le lecteur XRP2 (TRU-TEST™, Auckland, Nouvelle-Zélande ; commercialisé par Marechale Passage, Chauny, France). Ce lecteur est relié par Bluetooth® à l'indicateur de pesée WoW2 (TRU-TEST™, Auckland, Nouvelle-Zélande) qui enregistre le PV moyen de chaque animal à chaque passage et la RFID inhérente ainsi que la date et l'heure de passage (de 6 à 7 valeurs de PV sont générées par seconde de présence de chaque individu sur le WoW, un minimum de 2 s est nécessaire pour produire une valeur de PV à chaque passage).

### I.2.4. Phases expérimentales

L'étude s'est déroulée en deux étapes complémentaires (*Figure 1*) : 1) une phase d'adaptation, d'une durée de trois semaines (jusqu'au 14 février 2021 inclus), correspondant au temps théorique nécessaire aux agnelles pour s'adapter au système (González-García *et al.*, 2018a) avec des interventions de l'opérateur, et 2) la phase de collecte des données, sans aucune intervention, visant à faciliter les passages individuels volontaires à travers le WoW.

La phase d'adaptation s'est déroulée sur trois semaines (*Figure 1*) et visait à préparer les animaux et l'ensemble du cadre de l'expérimentation afin d'atteindre l'objectif principal : adapter les animaux à la traversée volontaire et quotidienne du WoW sans intervention humaine. Cette phase a également permis d'étudier i) le comportement adaptatif de ces animaux naïfs pendant une période de transition (c'est-à-dire juste après le sevrage) envers un nouveau système et ii) leur niveau, leur rapidité et leur mode d'adaptation au système WoW. Au début de l'expérimentation, les agnelles ont été entraînées avec des passages forcés. Ces passages se faisaient de façon calme, dans le but de limiter au maximum le stress des animaux. Leur nombre a diminué au cours des trois semaines d'adaptation (de  $3 \pm 1,5$  passages forcés/jour à 0) afin de permettre un apprentissage évolutif. Au cours des 15 premiers jours, l'apprentissage a également été accéléré par la présence de cinq brebis adultes qui étaient préalablement adaptées au WoW dans une autre expérimentation.

La deuxième phase a duré 11 semaines (*Figure 1*) et visait à évaluer i) la possibilité d'utiliser le système WoW pour le suivi de la croissance d'agnelles de race Mérinos d'Arles en condition de pâturage, ii) la faisabilité de mesurer automatiquement le PV de manière précise, ainsi que les calculs des Gains Moyens Quotidiens (GMQ, g / j) résultants et iii) la possibilité d'étudier le comportement des agnelles dans leur environnement grâce au système d'identification et d'information temporelle utilisé sur la plateforme.

## I.3. Organisation et construction des bases de données

### I.3.1. Données récoltées

Au cours de l'expérimentation, les données enregistrées par le WoW (RFID, Date, Heure et PV) étaient collectées tous les un à trois jours à la même heure (9h GTM+1) via un smartphone relié au WoW2 avec Bluetooth®. Un total de 5 411 et 25 172 données brutes ont

respectivement été collectées pour la phase d'adaptation et la phase de collecte et stockées dans un fichier CSV. Des mesures de référence (*Gold Standard*, **GS**) ont été effectuées directement sur le terrain (une fois par semaine, tous les mardis à 9 h GTM+1 pendant 1 h en moyenne) en utilisant la plateforme avec l'indicateur de poids XR-5000 (TRU-TEST™, Auckland, Nouvelle-Zélande) directement sur la parcelle et avec les animaux statiques lors de l'enregistrement du PV. Ces données ont également été stockées dans un fichier CSV.

Lors de la seconde phase de l'expérimentation, des données systémiques ont été récoltées : les caractéristiques des parcelles ont été évaluées et les données météorologiques enregistrées. Les caractéristiques botaniques des parcelles à l'entrée ont été évaluées. La composition botanique a été estimée en utilisant la méthode des quadrats à l'aide d'un cadre de 0,25 m<sup>2</sup> lancé 15 fois de manière aléatoire afin d'avoir une bonne représentation de l'ensemble de la parcelle (Levy and Madden, 1933). Deux observateurs évaluaient simultanément la composition afin d'arriver à un commun accord. Pour chaque quadrat, la couverture du sol (en pourcentage) a été estimée en commençant par évaluer la proportion de sol nu, puis la part de chaque espèce présente. L'estimation ne se faisait pas en regardant la taille des feuilles ou la hauteur des plantes, mais en évaluant la surface au sol occupée par la plante. La biomasse disponible à l'entrée sur la parcelle a été mesurée à l'aide d'un outil d'estimation de la Matière Sèche (**MS**) disponible (HerboPro, PâtureSens). Les données météorologiques ont été téléchargées à partir de la base de données fournie par la station du Domaine du Merle, Salon-de-Provence (INRAE AgroClim, 2021). Les valeurs de Température Moyenne journalière (**TM** en °C), les valeurs d'Humidité Moyenne journalière (**HM**, %), la Vitesse du vent moyenne journalière (**V**, m/s) et la hauteur des précipitations (**RR**, mm) ont été récupérées, organisées et analysées.

### I.3.2. Données estimées

Les mesures de référence étant réalisées une fois par semaine, le GMQ individuel est calculé entre chaque mesure afin d'estimer le PV quotidien de chaque animal. La différence entre le PV à la date 1 et à la date 2 est divisée par le nombre de jours entre ces deux dates. La base de données des valeurs estimées a été construite sur le logiciel R (R Core Team, 2021) à partir du tableau des mesures de GS. Les valeurs de PV de chaque mardi pour chaque individu sont estimées lorsqu'elles n'ont pas été mesurées par le WoW. Le GMQ individuel obtenu par le système d'autopésée est alors calculé aux mêmes dates que pour les mesures de GS.

Le système d'identification et d'information temporelle mis en place sur la plateforme permet de compter le nombre de passages pour chaque individu selon la date et l'heure. Ainsi, pour chaque agnelle, le nombre de passages à chaque heure et chaque date est compté. Il procure aussi une information sur le pourcentage journalier d'animaux traversant la plateforme. Ces données sont utiles à la compréhension du comportement des animaux durant l'expérimentation.

## I.4. Traitements des données et analyses statistiques

### I.4.1. Données météorologiques et composition botanique des parcelles

L'indicateur THI (Index Température-Humidité, *Température-Humidity Index*), qui mesure l'inconfort climatique pour un animal, est calculé à l'aide des valeurs de TM et HM (Segnalini *et al.*, 2011):

$$THI = (1,8 * TM + 32) - (0,55 - 0,55 * UM) * [(1,8 * TM + 32) - 58]$$

Les Poacées et Fabacées sont les principales familles de plantes observées sur les parcelles. La proportion des autres familles est négligée pour l'analyse des données.

### I.4.2. Données du WoW

Avant toute analyse des données de PV du WoW, différentes procédures de nettoyage des données ont été effectuées avec le logiciel R (R Core Team, 2021) en utilisant le package dplyr pour manipuler les données. Premièrement, les enregistrements sans RFID ont été supprimés. Une approche de nettoyage des données en trois étapes a été suivie afin de détecter et d'éliminer les valeurs extrêmes et les valeurs aberrantes. La première étape a été effectuée au niveau du lot. Les enregistrements correspondant à de mauvais comportements ont été supprimés. Ils correspondent, par exemple, aux valeurs obtenues lorsque deux agnelles montent ensemble sur la plateforme ou quand une agnelle ne pose que ses deux pattes avant sans traverser le système. Les valeurs extrêmement basses et élevées (< 10 et > 50 kg) ainsi que des données supérieures à deux fois la moyenne de PV du groupe sont alors éliminées (*Annexe I*). La deuxième étape de nettoyage des données a été réalisée au niveau des trois groupes de PV. Pour chaque groupe, le minimum et le maximum des PV estimés par semaine ont été identifiés. L'ensemble des valeurs se situant à l'extérieur de l'intervalle [minimum -2,5 kg ; maximum + 2,5 kg] a été supprimé, prenant en compte la variation de poids moyenne au cours de la journée due au remplissage de l'appareil digestif et urinaire d'un ovin (INRA, 1989) (*Annexe II*). La troisième et dernière étape du processus de nettoyage des données a été réalisée à l'échelle individuelle et journalière. Pour chaque individu, toutes les valeurs en dehors de l'intervalle de confiance [PV estimé quotidiennement  $\pm 2 * SD$ ] ont été éliminées (*Annexe III*).

Pour chaque étape du nettoyage, la moyenne des PV et l'écart-type sont calculés pour l'ensemble des données, le minimum et le maximum sont enregistrés. Des indicateurs de validation des données sont aussi calculés à chaque étape. La corrélation entre les valeurs mesurées par le WoW et les valeurs de référence estimées pour le même animal le même jour, est étudiée par régression linéaire. Les Coefficients de Corrélation de Concordances (CCC) de Lin sont calculés à l'aide de la fonction CCC du logiciel R (Lin, 1989; R Core Team, 2021). Ils évaluent, à chaque étape, le degré de concordance entre le système WoW et le système de pesée statique GS, la valeur de concordance parfaite étant de 1. Pour l'interprétation des valeurs obtenues, il est décidé que les valeurs de CCC > 0,99, ]0,95-0,99], [0,90-0,95] et <0,90 correspondent respectivement à une concordance presque parfaite, substantielle, modérée et médiocre. La mesure du degré de concordance permet d'évaluer la reproductibilité du système : plus sa valeur est élevée, plus la méthode est reproductible. Le coefficient **C.b** (facteur de correction de biais) est lui aussi retourné afin d'évaluer l'écart à la corrélation parfaite (ligne à 45°). Il est égal à 1 lorsque la corrélation est parfaite. Des analyses sont aussi effectuées avec la méthode d'estimation de la concordance à chaque étape du nettoyage afin de montrer s'il

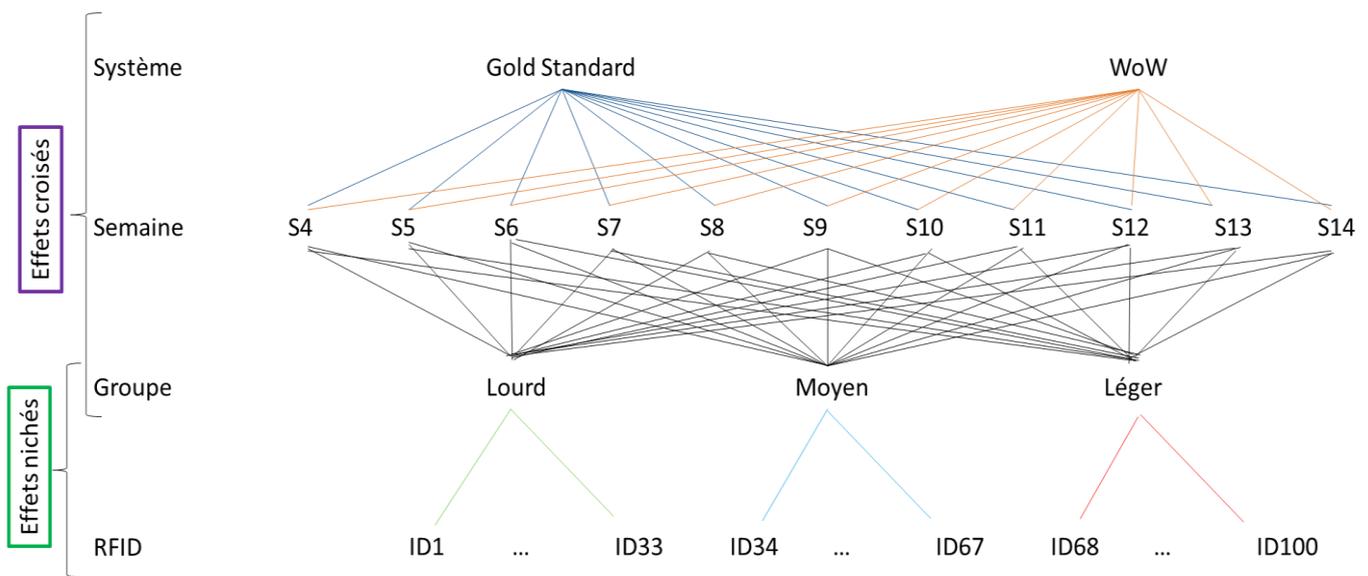
existe un biais dans la concordance entre les deux systèmes de mesure du PV (Bland et Altman, 1999). Ce biais est évalué par la moyenne des différences entre les valeurs mesurées par le WoW et les valeurs de références estimées et son écart-type. Lorsque cette moyenne est proche de 0, avec une faible variabilité, le biais est nul et le système est répétable.

Pour les données de passage sur le WoW, un nettoyage des données a été nécessaire afin d'estimer le nombre de passages le plus précis possible. Les passages sans RFID et avec une valeur de PV égale à 0 ont été supprimés. Les données correspondant à un mauvais comportement ont été éliminées en identifiant les lignes une à une avec la même RFID pour le même jour et à moins de deux minutes d'intervalle. Ces données correspondent à une agnelle restée sur la plateforme et comptent donc pour un seul et même passage. Le nombre de passages par date et par individu, ainsi que le nombre de passages par date et par heure pour chaque individu sont alors calculés.

Les modèles construits pour les analyses du suivi de la croissance et du comportement ont tous été établis après que les hypothèses de normalité des résidus et d'homoscédasticité aient été vérifiées. Une ANOVA de type III est réalisée sur chacun des modèles afin d'évaluer s'il existe des différences significatives entre les modalités des variables explicatives. La significativité est validée lorsque la  $p$ -value est inférieure à 0,05.

#### I.4.3. Données de croissance

Les comparaisons des valeurs de PV selon le système de mesure s'effectuent sur l'ensemble des valeurs de GS mesurées et des valeurs mesurées ou estimées du WoW aux mêmes dates. Afin de montrer si l'information obtenue sur le PV diffère en fonction du système de pesée (GS et WoW), un modèle linéaire mixte est construit. Il permet aussi de vérifier si une variation inter-groupe existe au sein du lot expérimental. Il prend la Semaine, le Groupe, le Système et les interactions Groupe×Semaine et Groupe×Système comme variables explicatives. Ces interactions doivent être prises en compte afin d'évaluer respectivement les variations de PV dans le temps pour chaque groupe et la sensibilité du système de mesure au groupe de poids. Les effets aléatoires doivent prendre en compte que les PV sont mesurés pour les mêmes groupes d'animaux (Lourd, Moyen et Léger) chaque semaine et pour chacune des deux méthodes de pesée. Ces facteurs sont croisés les uns avec les autres. Le modèle doit aussi prendre en compte que chaque individu n'appartient qu'à un seul groupe. Il s'agit d'un effet niché de la variable RFID dans la variable Groupe (*Figure 4*). Les systèmes de mesures sont également comparés pour les PV au début de la phase de collecte et à la fin de l'expérimentation, ainsi que pour la différence de PV entre les deux ( $\Delta$ PV). Cela permet d'évaluer l'effet de la progression du PV sur la sensibilité des systèmes. De la même façon, un modèle linéaire mixte est construit pour expliquer les GMQ obtenus chaque semaine. Il prend en compte les mêmes variables explicatives et les mêmes effets aléatoires que le modèle sur le PV.



$lmer(PV \sim \text{Groupe} + \text{Systeme} + \text{Groupe} * \text{Semaine} + \text{Groupe} * \text{Systeme} + (1 | \text{Systeme}) + (1 | \text{Semaine}) + (1 | \text{Groupe} / \text{RFID})$ , data=data\_analysis)

**Figure 4 :** Représentation schématique de la prise en compte des effets aléatoires du dispositif expérimental dans la construction du modèle statistique défini pour l'évaluation de l'influence du système de pesée sur les valeurs de poids vifs au cours du temps.

Afin d'évaluer la variabilité intra Groupe et l'utilisation du WoW à l'échelle des groupes de poids, des modèles mixtes sur le PV et le GMQ sont respectivement construits sur le même principe que précédemment et pour chaque groupe séparément. Il prend l'animal (RFID), le Système de pesée et leur interaction, ainsi que l'interaction RFID×Semaine en variable explicative. Les facteurs aléatoires croisés du Système, de la Semaine et de RFID sont compris dans le modèle.

Les individus extrêmes sont choisis pour évaluer le potentiel d'utilisation du WoW pour le suivi individuel des animaux et la création d'un système d'alerte précoce. Trois agnelles ont été choisies, il s'agit de l'agnelle avec le plus de PV corrects après le nettoyage des données, celle avec le moins de points et l'agnelle morte au cours de l'expérimentation. Un modèle est construit afin d'évaluer la différence des systèmes de pesée pour l'obtention des PV individuels et leurs variations au cours du temps. Il prend également les effets croisés aléatoires du Système et de la Semaine. Le même modèle est construit pour expliquer le GMQ des individus. L'hypothèse est posée pour dire que si le suivi précis et régulier de la croissance de ces animaux extrêmes est possible avec l'utilisation de l'autopesée, alors il l'est pour l'ensemble des autres agnelles.

#### I.4.4. Données comportementales

Afin d'évaluer l'adaptation des agnelles au système de pesée, le pourcentage journalier d'individus traversant la plateforme est calculé (après nettoyage des données de passages du WoW) et analysé en fonction de la phase expérimentale et du nombre de passages forcés journaliers (passages d'entraînement ou de mesure de référence). Pour les analyses suivantes,

les modèles linéaires mixtes généralisés sont réalisés selon la régression de Poisson avec une fonction de lien « log ».

Le nombre de passages sur la plateforme par individu est évalué comme indicateur de l'activité des animaux. Il est à mettre en lien avec les données systémiques, afin de comprendre comment l'environnement influence l'activité des animaux. Les jours correspondant à un changement de parcelle sont supprimés de la base de données à analyser pour ne pas introduire un biais dans les résultats. Un premier modèle linéaire mixte généralisé est construit afin d'expliquer le nombre de passages individuels journaliers. Les caractéristiques de la parcelle dans son ensemble (**P**) et THI, V, RR et leurs interactions sont choisies comme variables explicatives. La Semaine, le Groupe et les interactions Semaine×Groupe et P×Groupe sont également pris en compte dans le modèle. Enfin, chaque individu appartenant à un groupe de poids différent, l'effet aléatoire de RFID niché dans le Groupe est aussi pris en compte. Si P influence significativement le nombre de passages journaliers par individu, il est intéressant de montrer quelles caractéristiques en sont à l'origine. Un deuxième modèle linéaire mixte généralisé est construit avec la MS, la proportion de sol nu et la proportion de Poacées, de Fabacées et leur interaction comme variables explicatives. THI, V, RR et leurs interactions, la Semaine, le Groupe et l'interaction Semaine×Groupe, ainsi que l'effet aléatoire de RFID dans Groupe sont gardés dans le modèle. Ce modèle ne s'intéresse qu'aux données des deux premiers jours suivant le changement de parcelle car seule la biomasse disponible à l'entrée est prise en compte.

Pour comprendre l'activité des animaux au cours d'une journée, la cinétique journalière du nombre de passages individuels par heure est évaluée dans un modèle linéaire mixte généralisé en fonction des variables explicatives suivantes : la Semaine, le Groupe et l'Heure.

## II. Résultats

### I.1. Nettoyage de la base de données : validation du système d'autopesée

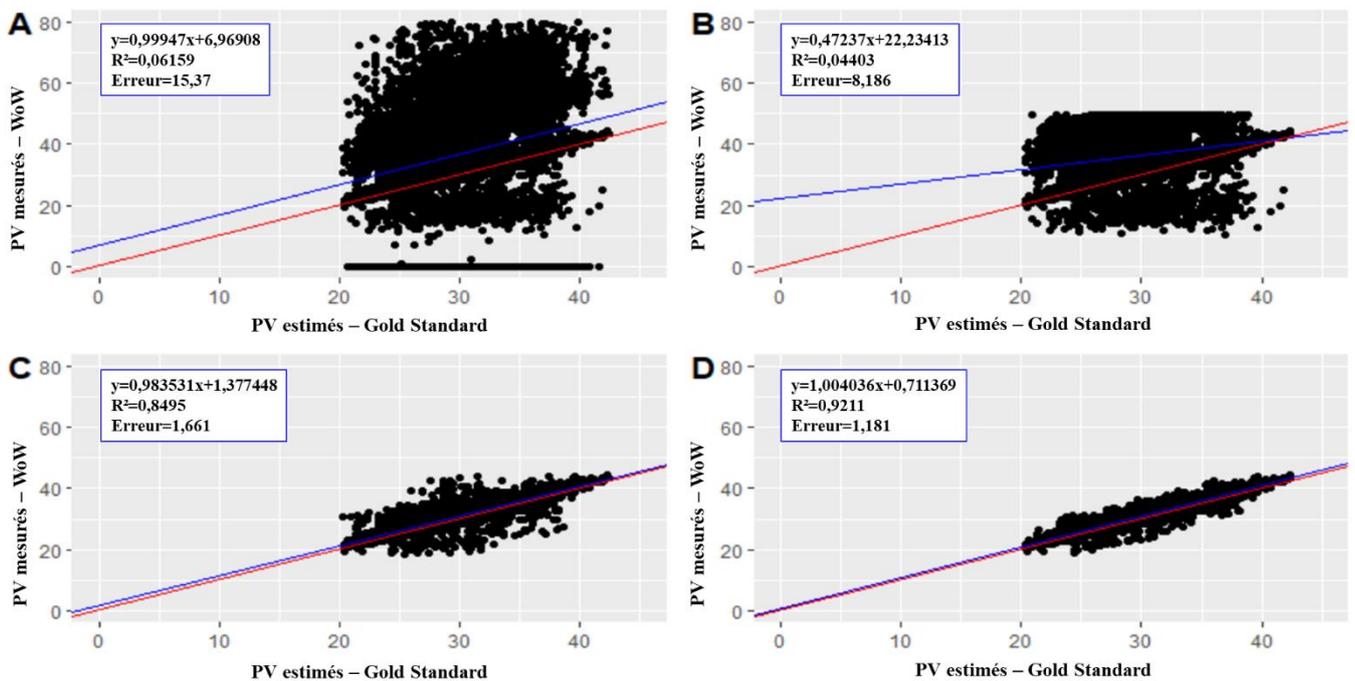
Le *Tableau 2* présente les résultats des différentes étapes du processus de nettoyage des données. Sur 95 jours d'expérimentation initialement prévus, 15 ont été exclus à cause de problèmes techniques liés à la batterie du système. Pour la phase II de l'expérimentation, ce sont 65 jours effectifs sur 74 initiaux qui sont gardés, pour un total de 25 172 enregistrements bruts, soit 387 lignes de données par jour. Lors de la première étape de nettoyage des données de la phase de collecte, 29 % des enregistrements bruts sont éliminés. L'étape suivante supprime plus de 7 700 données aberrantes. Finalement, ce sont 9 735 enregistrements qui sont récoltés lors de la phase II après les 3 étapes de nettoyage, soit 38,7 % de la base de données brute. Cela représente 1,5 enregistrements corrects par jour et par animal alors que moins d'un PV par jour et par animal était enregistré dans la base finale de la phase d'adaptation. Le nombre de valeurs correctes collectées varie en fonction des agnelles ( $97 \pm 31$  enregistrements / agnelle pendant la phase II). Au minimum, ce sont 7 PV corrects qui ont été enregistrés pour l'agnelle 3601, soit un enregistrement tous les 9 jours environs. Le maximum de données correctes récoltées est de 184 enregistrements sur l'ensemble de la phase II (agnelle 3537), soit 2,8 enregistrements par jour.

**Tableau 2** : Résumé du processus de nettoyage des données sur l'ensemble des deux phases de l'expérimentation. Trois nettoyages successifs ont été effectués en partant de la base de données brute pour atteindre une base de données finale utile pour les analyses. BDD : *Base De Données*.

*\*Les jours avec un problème de batterie ayant empêché la collecte correcte des données ont été supprimés.*

	Nombre d' animaux	Jours théoriques de collecte de données de PV	Jours effectifs* de collecte de données de PV	Base de données brute		Base de données 1 (après le nettoyage des valeurs extrêmes)		Base de données 2 (nettoyage au niveau du sous-groupe)		Base de données finale (après le nettoyage des valeurs aberrantes)					
				Nombre total d' enregistrements	Nombre moyen d'enregistrements / jours effectifs de collecte	Nombre total d' enregistrements	Nombre moyen d'enregistrements / jours effectifs de collecte	Nombre total d' enregistrements	Nombre moyen d'enregistrements / jours effectifs de collecte	Nombre total d' enregistrements	Nombre moyen d'enregistrements / jours effectifs de collecte	Nombre moyen d'enregistrements / animaux / jours effectifs de collecte	% BDD brute	% BDD 1	% BDD 2
<b>Phase d'adaptation</b>	<b>100</b>	21	15	5 411	361	3 565	238	1 482	99	1 429	95	0,95	26,4	40,1	96,4
<b>Phase de collecte</b>	<b>100</b>	74	65	25 172	387	17 762	273	9 984	154	9 735	150	1,50	38,7	54,8	97,5
<b>Total</b>	<b>100</b>	95	80	30 583	-	21 327	-	11 466	-	11 164	-	-	36,5	52,3	97,4
<b>Moyenne</b>	<b>100</b>	48	40	15 292	374	10 664	256	5 733	127	5 582	123	1,24	32,6	47,5	97,0

Pour les deux phases de l'expérimentation, les statistiques descriptives du système de pesée traditionnel et du WoW, les rapports de CCC et les coefficients de régression linéaire sont présentés à chaque étape du processus de nettoyage des données dans le *Tableau 3*. L'étape d'adaptation présente, après l'ensemble du processus de nettoyage des données, un coefficient de régression linéaire et une erreur résiduelle de 0,885 et 1,30, respectivement. La phase de collecte présente un coefficient de régression linéaire ( $R^2= 0,921$ ) et un CCC (0,94) supérieurs à ceux de la phase d'adaptation (CCC= 0,91) (*Figure 5* et *Tableau 3*). Le CCC finalement obtenu montre une concordance modérée entre les deux méthodes de mesures du PV. La *Figure 5* présente les différences systématiques entre les données du WoW et les valeurs de référence estimées ainsi que les valeurs aberrantes existantes au cours du processus de nettoyage des données. Sur les données brutes, le coefficient de concordance de Bland et Altman est de  $-6,95 \pm 30,12$  kg. Il est de  $-0,83 \pm 2,32$  kg sur les données finales après le nettoyage en trois étapes (*Figure 6*).

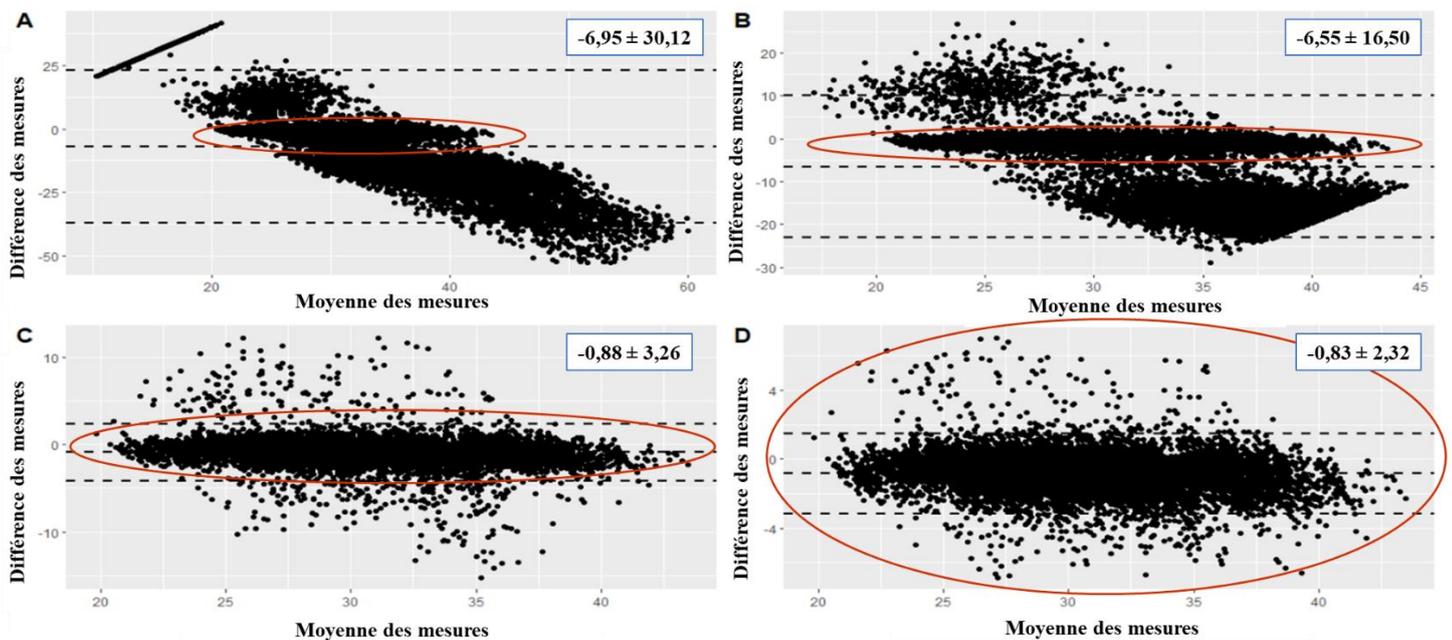


**Figure 5** : Effets de l'utilisation d'une méthode de nettoyage en trois étapes pour éliminer les valeurs extrêmes et aberrantes de la phase II de l'expérimentation, sur la corrélation entre la pesée statique (traditionnelle, *Gold Standard*) et l'autopesée (WoW). Régression linéaire (ligne bleue) : A : de la base de données brute ; B : après l'étape 1 du nettoyage des données ; C : après l'étape 2 du nettoyage des données ; D : après l'étape 3 du nettoyage des données, base de données finale.  $R^2$  : coefficient de régression linéaire ; Erreur : erreur résiduelle. En rouge : ligne à 45° (corrélation parfaite).

**Tableau 3** : Analyses descriptives et indicateurs de validation des données de poids vif au cours du processus de nettoyage des données.

		Analyses descriptives										Régression linéaire		Coefficient de corrélation de concordance (CCC)	
		PV estimé avec <i>Gold Standard</i>					PV mesuré avec <i>WoW</i>								
		n estimé (n mesuré)*	Moyenne (kg)	SD	Min (kg)	Max (kg)	n	Moyenne (kg)	SD	Min (kg)	Max (kg)	R <sup>2</sup>	Erreur résiduelle	Précision (Cb)	Coefficient de concordance de Lin
<b>Phase d'adaptation</b>	Base de données brute	5411 (288)	26,0	3,7	18,4	35,2	5411	29,9	19,2	0	79,2	0,025	18,91	0,36	0,06
	Base de données 1	3565 (288)	26,0	3,6	18,4	35,2	3565	34,6	8,7	10,2	49,8	0,051	8,47	0,38	0,09
	Base de données 2	1482 (288)	26,3	3,6	18,4	35,2	1482	27,4	4,0	16,6	37,6	0,808	1,74	0,96	0,86
	Base de données finale	1429 (288)	26,3	3,6	18,4	35,2	1429	27,2	3,8	17	37,6	0,885	1,30	0,96	0,91
<b>Phase de collecte des données fiables</b>	Base de données brute	25172 (1094)	30,5	3,9	20,3	42,4	25172	37,4	15,9	0	80	0,062	15,37	0,40	0,10
	Base de données 1	17762 (1094)	29,7	3,7	20,3	42,4	17762	36,3	8,4	10,4	49,8	0,044	8,19	0,49	0,10
	Base de données 2	9984 (1094)	30,2	4,0	20,3	42,4	9984	31,1	4,3	18,2	44,6	0,850	1,66	0,98	0,90
	Base de données finale	9735 (1094)	30,3	4,0	20,4	42,4	9735	31,1	4,2	18,8	44,6	0,921	1,18	0,98	0,94
<b>Total</b>	Base de données brute	30583 (1382)	29,7	4,3	18,4	42,4	30583	36,1	16,7	0	80	0,077	16,09	0,42	0,12
	Base de données 1	21327 (1382)	29,1	4,0	18,4	42,4	21327	36,0	8,5	10,2	49,8	0,051	8,24	0,50	0,11
	Base de données 2	11466 (1382)	29,7	4,2	18,4	42,4	11466	30,6	4,4	16,6	44,6	0,857	1,67	0,98	0,90
	Base de données finale	11164 (1382)	29,7	4,2	18,4	42,4	11164	30,6	4,4	17	44,6	0,924	1,19	0,98	0,94

\*n mesuré correspond au nombre de valeurs enregistrées chaque mardi lors de la pesée hebdomadaire du *Gold Standard*. Les valeurs estimées quotidiennement sont obtenues à partir du calcul du *GMQ* entre deux pesées hebdomadaires.



**Figure 6** : Résultats des analyses de concordance entre les deux méthodes de pesées (*Gold Standard* vs. *WoW*), effectuées avec la méthode de Bland et Altman (1989) au cours du processus de nettoyage des données de la phase II de l'expérimentation. A : de la base de données brute ; B : après l'étape 1 du nettoyage des données ; C : après l'étape 2 du nettoyage des données ; D : après l'étape 3 du nettoyage des données, base de données finale. L'ellipse rouge illustre les données gardées dans la base de données finale.

## II.2. Suivi de la croissance

### II.2.1. À l'échelle du lot

Les valeurs de PV obtenues avec chaque système de pesée sont présentées dans le *Tableau 4 (Annexe IV)*. Au début de la phase de collecte, à l'âge de  $127 \pm 6$  jours, les agnelles du lot pesaient  $28,5 \pm 3,9$  kg. À  $201 \pm 6$  jours, le poids moyen du lot mesuré par le *WoW* était de  $34,3 \pm 3,8$  kg. Au cours de la phase II de l'expérimentation, les agnelles ont pris  $6,1 \pm 1,9$  kg (valeurs du *WoW*). Les valeurs des *p*-valeurs des variables Groupe, Système et leur interaction sont également présentées dans le *Tableau 4*. Il n'existe pas d'influence de l'interaction Groupe×Système, c'est-à-dire que l'effet du groupe sur la valeur de PV attendue est le même quel que soit le système de pesée. Il n'y a pas de différence significative du système de pesée sur les valeurs de PV ( $p > 0,05$ ). De même, le système présente des  $p > 0,05$  pour les analyses sur les valeurs de PV initial, final et pour le gain de poids lors de la phase II.

Le *Tableau 5* montre un GMQ moyen de 84 g/j avec une forte variabilité (213 g/j) pour l'ensemble du lot. Il n'y a pas de différence significative du Groupe, du Système et de leur interaction. Il n'y a également pas de différence significative entre les semaines sur les valeurs de GMQ ( $p = 0,7233$ ).

**Tableau 4** : Poids vif moyen (PV, kg), PV initial et final et gain de poids ( $\Delta$ PV) au cours de la seconde phase de l'expérimentation.

	Groupe			Système		Interaction						Effets, <i>p</i> -value		
	Lourd	Moyen	Léger	<i>Gold Standard</i>	WoW	<i>Gold Standard-Lourd</i>	<i>Gold Standard-Moyen</i>	<i>Gold Standard-Léger</i>	WoW-Lourd	WoW-Moyen	WoW-Léger	Groupe	Système	Interaction
<b>PV</b>	34,5 ± 3,1	30,5 ± 2,7	27,6 ± 3,1	30,4 ± 4,1	31,3 ± 4,1	34,0 ± 3,1	30,1 ± 2,7	27,1 ± 2,7	35,0 ± 3,1	30,9 ± 2,7	28,0 ± 3,0	<0,0001	0,5566	0,5727
<b>PV initial</b>	31,6 ± 2,3	27,2 ± 1,4	23,7 ± 1,8	27,0 ± 3,5	28,5 ± 3,9	30,9 ± 1,9	26,8 ± 1,3	23,2 ± 1,5	33,0 ± 2,6	28,0 ± 1,3	24,7 ± 2,1	<0,0001	0,2187	0,1170
<b>PV final</b>	37,3 ± 2,9	33,4 ± 2,3	30,9 ± 2,6	33,4 ± 3,6	34,3 ± 3,8	36,9 ± 2,8	33,0 ± 2,1	30,4 ± 2,6	37,9 ± 2,9	33,8 ± 2,4	31,3 ± 2,6	<0,0001	0,4536	0,3981
<b><math>\Delta</math>PV</b>	6,0 ± 2,2	6,1 ± 1,9	7,0 ± 1,9	6,5 ± 2,1	6,1 ± 1,9	6,0 ± 2,2	6,2 ± 1,7	7,2 ± 2,1	6,0 ± 2,2	5,8 ± 2,1	6,6 ± 1,4	0,8532	0,7312	0,9651

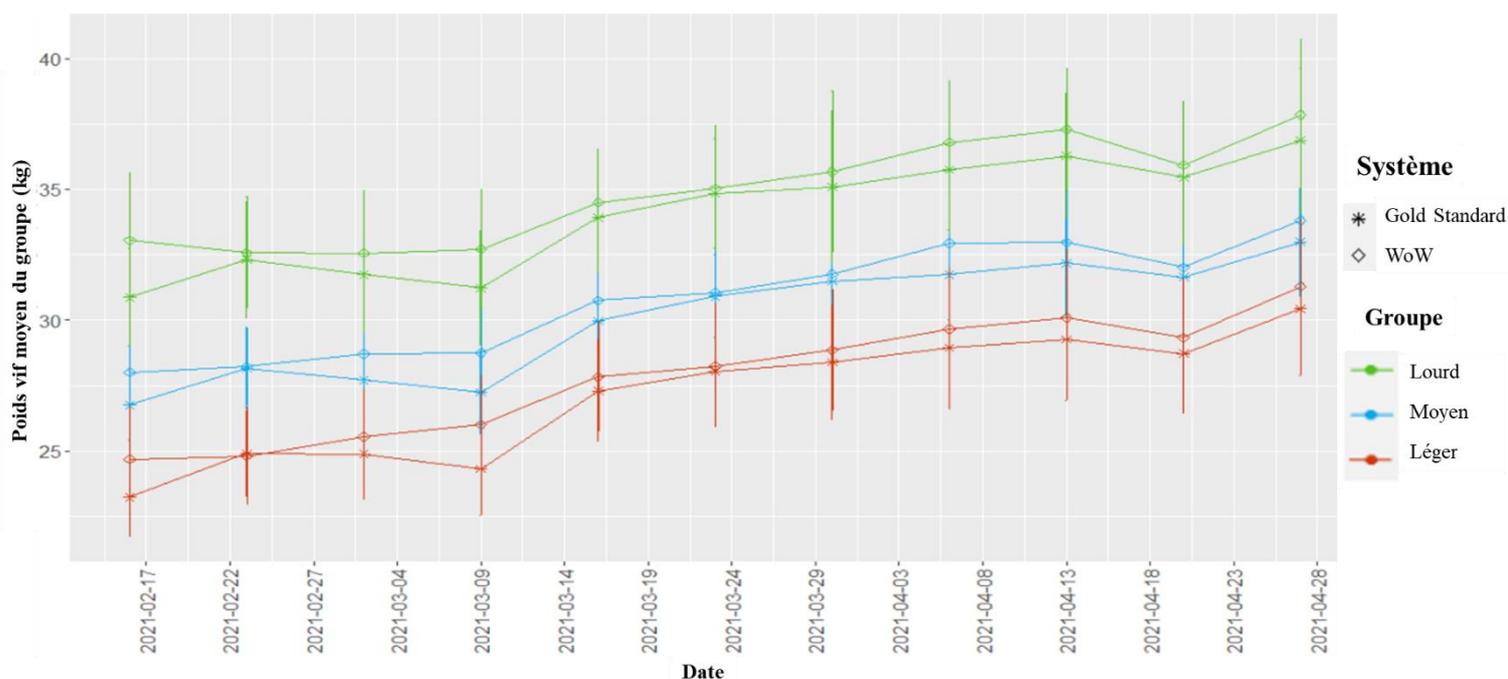
**Tableau 5** : Gain moyen quotidien (GMQ, g/j) pour chaque semaine de la seconde phase de l'expérimentation, GMQ et GMQ moyen sur l'ensemble de cette phase. *Semaine 5 à 14 : phase II de l'expérimentation.*

	Groupe			Système		Interaction						Effet, <i>p</i> -value		
	Lourd	Moyen	Léger	<i>Gold Standard</i>	WoW	<i>Gold Standard-Lourd</i>	<i>Gold Standard-Moyen</i>	<i>Gold Standard-Léger</i>	WoW-Lourd	WoW-Moyen	WoW-Léger	Groupe	Système	Interaction
<b>GMQ</b>	97 ± 227	103 ± 196	116 ± 195	123 ± 200	84 ± 213	116 ± 218	122 ± 188	132 ± 189	74 ± 233	82 ± 203	98 ± 199	0,3510	0,2949	0,9089

## II.2.2. À l'échelle du groupe d'agnelles, en fonction de leur poids

La *Figure 7* montre les courbes de PV au cours du temps pour chaque groupe et chaque système de pesée. Les courbes des trois groupes suivent la même allure, avec une augmentation du PV au cours du temps. Ils présentent néanmoins des pertes de poids sur les pesées des 9 mars et 20 avril 2021, lesquelles sont décrites de manière similaire par les deux systèmes. La pesée du 9 mars montre aussi une différence plus importante qu'aux autres dates entre le WoW et la pesée statique. Le *Tableau 4* présente les valeurs de PV pour chaque groupe de poids. Malgré une variation de l'ordre de 3 kg au sein de chacun des groupes, l'analyse statistique ne montre pas de différence significative entre les agnelles d'un même groupe. Elle confirme qu'il n'existe pas d'influence du système de pesée sur les valeurs de PV obtenues. Il n'y a également pas d'effet de l'individu (RFID) sur le PV quand le WoW et le GS sont comparés pour l'ensemble des groupes de poids ( $p > 0,05$ ).

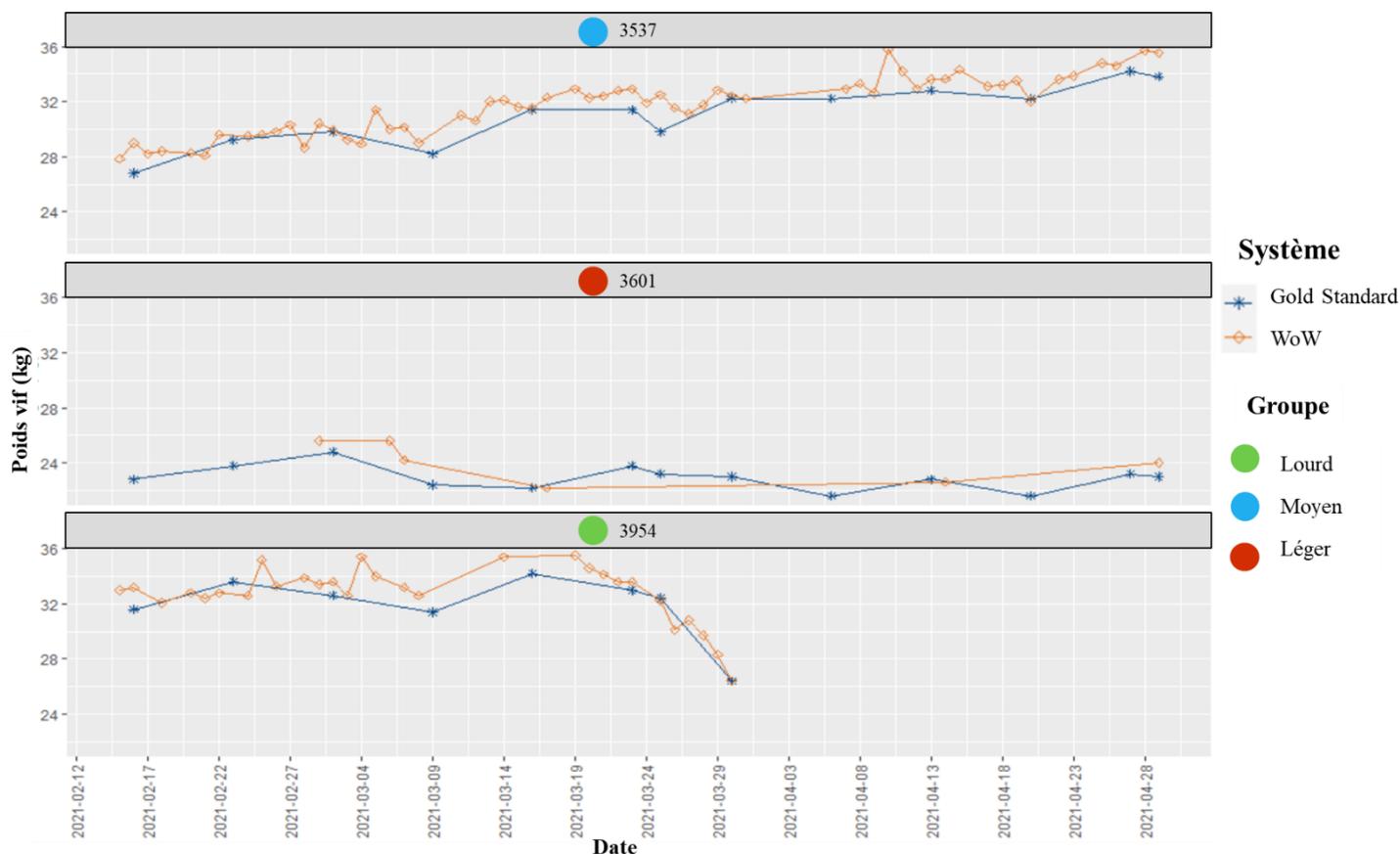
Une variation du GMQ de 227, 196 et 195 g/j à l'intérieur de chaque groupe de poids (respectivement Lourd, Moyen et Léger) est observée. À l'intérieur de chaque groupe, il n'existe pas d'effet inter-individus sur le GMQ entre les deux systèmes de mesure ( $p > 0,05$ ).



**Figure 7** : Courbes de croissance des trois groupes expérimentaux (Lourd, Moyen et Léger) obtenues avec chacun des deux systèmes de pesée. La courbe du *Gold Standard* (GS) représente les valeurs de poids vif hebdomadaire moyennes mesurées de façon statique. La courbe du WoW représente les valeurs moyennes des PV mesurés ou estimés sur les mêmes jours de mesures de référence du GS.

### II.2.3. À l'échelle individuelle

De la même manière que pour les échelles du lot et du groupe, les courbes de croissance individuelles ont été représentées et comparées avec les valeurs de PV progressives obtenues avec les deux systèmes (*Annexe V*). L'objectif étant d'évaluer les potentialités du WoW pour développer un système d'alerte précoce à l'avenir, trois agnelles identifiées comme extrêmes lors de l'expérimentation sont choisies pour illustrer les variations de PV individuelles. Il s'agit respectivement des agnelles 3537 (groupe Moyen, avec le plus de PV obtenus avec le WoW corrects), 3601 (groupe Léger, avec le moins de PV corrects enregistrés) et 3954 (groupe Lourd, morte le 01 avril 2021 ; *Figure 8*).

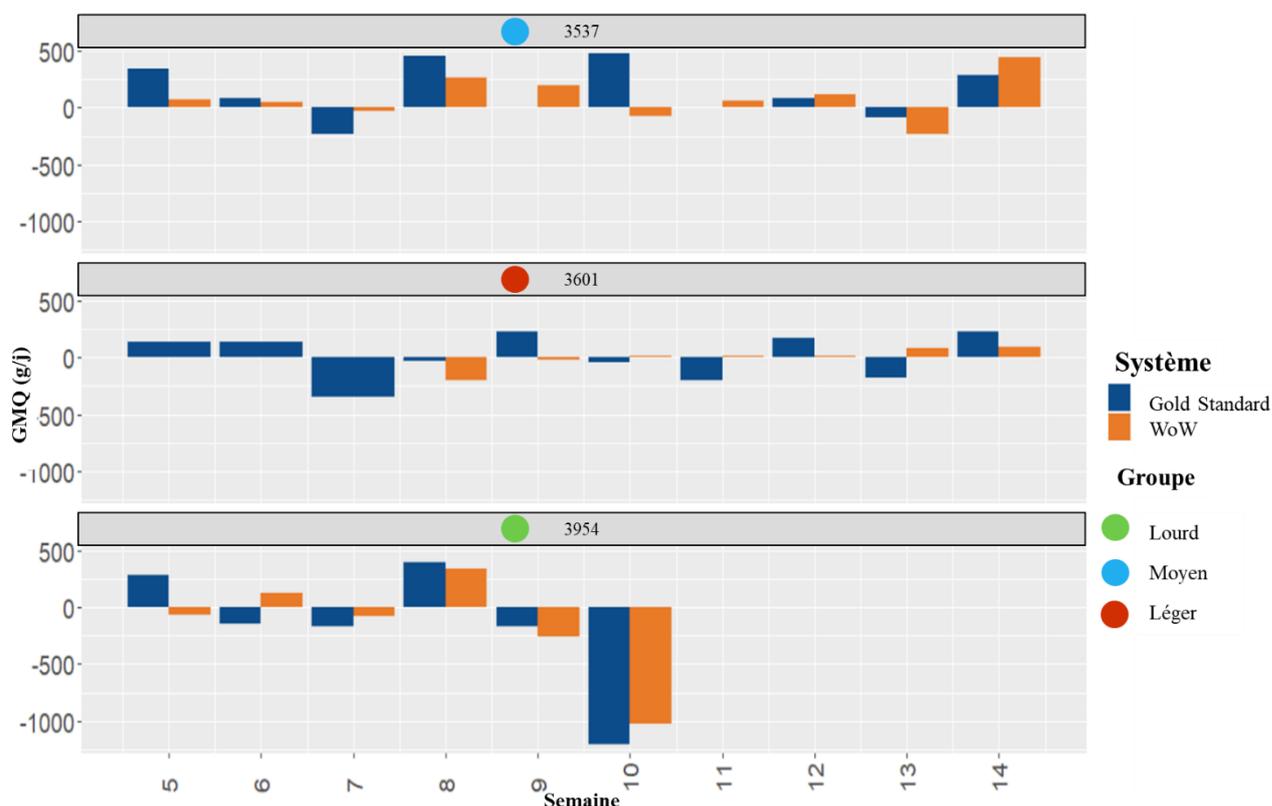


**Figure 8** : Courbes de croissance des agnelles 3537 (groupe Moyen), 3601 (groupe Léger) et 3954 (groupe Lourd) obtenues avec chacun des deux systèmes de mesures. La courbe du *Gold Standard* représente les valeurs de poids vif hebdomadaire mesurées de façon statique. Celle du *WoW* représente les valeurs journalières enregistrées. La figure illustre le potentiel d'utilisation du *WoW* pour créer un système d'alerte précoce au service de l'éleveur. *L'individu 3954 est mort au cours de l'expérimentation (01/04/2021).*

Les points représentés sur les graphiques correspondent aux mesures réellement effectuées par le WoW (ou à la moyenne des PV sur une journée quand plusieurs ont été enregistrées avec le WoW) et aux valeurs de référence. Hormis pour l'agnelle 3601, le WoW

présente des valeurs de PV beaucoup plus fréquemment qu'avec les mesures de GS et les courbes des deux systèmes présentent les mêmes allures. L'agnelle 3601 présente peu de variations de PV, elle n'a pas grossi pendant l'expérimentation. La courbe de croissance de l'agnelle 3954 montre une chute brutale du PV à partir du 19 mars 2021 avec le WoW et du 25 mars 2021 avec les mesures de GS. Les analyses statistiques réalisées sur les valeurs mesurées ou estimées des mardis montrent, pour les trois agnelles, que les valeurs de PV obtenues à l'aide du WoW et les valeurs de GS ne diffèrent pas ( $p > 0,05$ ).

Les variations des GMQ par semaine pour chacun des trois individus présentés auparavant sont illustrées sur la *Figure 9*. Le premier GMQ obtenu avec le WoW pour l'agnelle 3601 est en semaine 8, car aucune valeur de PV n'est obtenue avant le 15<sup>ème</sup> jour de la phase II. Ses GMQ par semaine varient peu et sont faibles (autour de 0 g/j). Les variations de GMQ de l'agnelle 3537 sont de l'ordre de 200 g/j durant l'expérimentation. La chute de PV observée pour l'agnelle 3954, se traduit par une perte de plus de 1 000 g/j en semaine 10. Pour les trois individus, il n'y a pas de différence significative entre les systèmes de pesée pour l'estimation du GMQ ( $p > 0,05$ ).



**Figure 9** : Valeurs des gains moyens quotidiens (GMQ, g/j) des agnelles 3537 (groupe Moyen), 3601 (groupe Léger) et 3954 (groupe Lourd) obtenues avec chacun des deux systèmes de pesée. Semaine 5 à 14 : phase II de l'expérimentation.

## II.3. Suivi comportemental

### II.3.1. À l'échelle des phases expérimentales

La *Figure 10* illustre le comportement d'adaptation des agnelles par l'évolution du pourcentage d'animaux traversant de manière volontaire la plateforme d'autopesée au cours de l'expérimentation. À la fin de la période d'adaptation, il y a une augmentation progressive du pourcentage d'agnelles à franchir le système. Ce taux est en moyenne plus élevé durant la seconde phase de l'expérimentation que la première ( $65,4 \pm 32,9 \%$  et  $90,5 \pm 7,4 \%$  respectivement pour les phases I et II). Il n'est pas influencé par les passages forcés (d'entraînement) ou de mesure de référence. La variabilité du taux d'individus à passer sur le WoW est plus élevée lors de la phase d'adaptation que pendant la phase de collecte (*Annexe VI*).



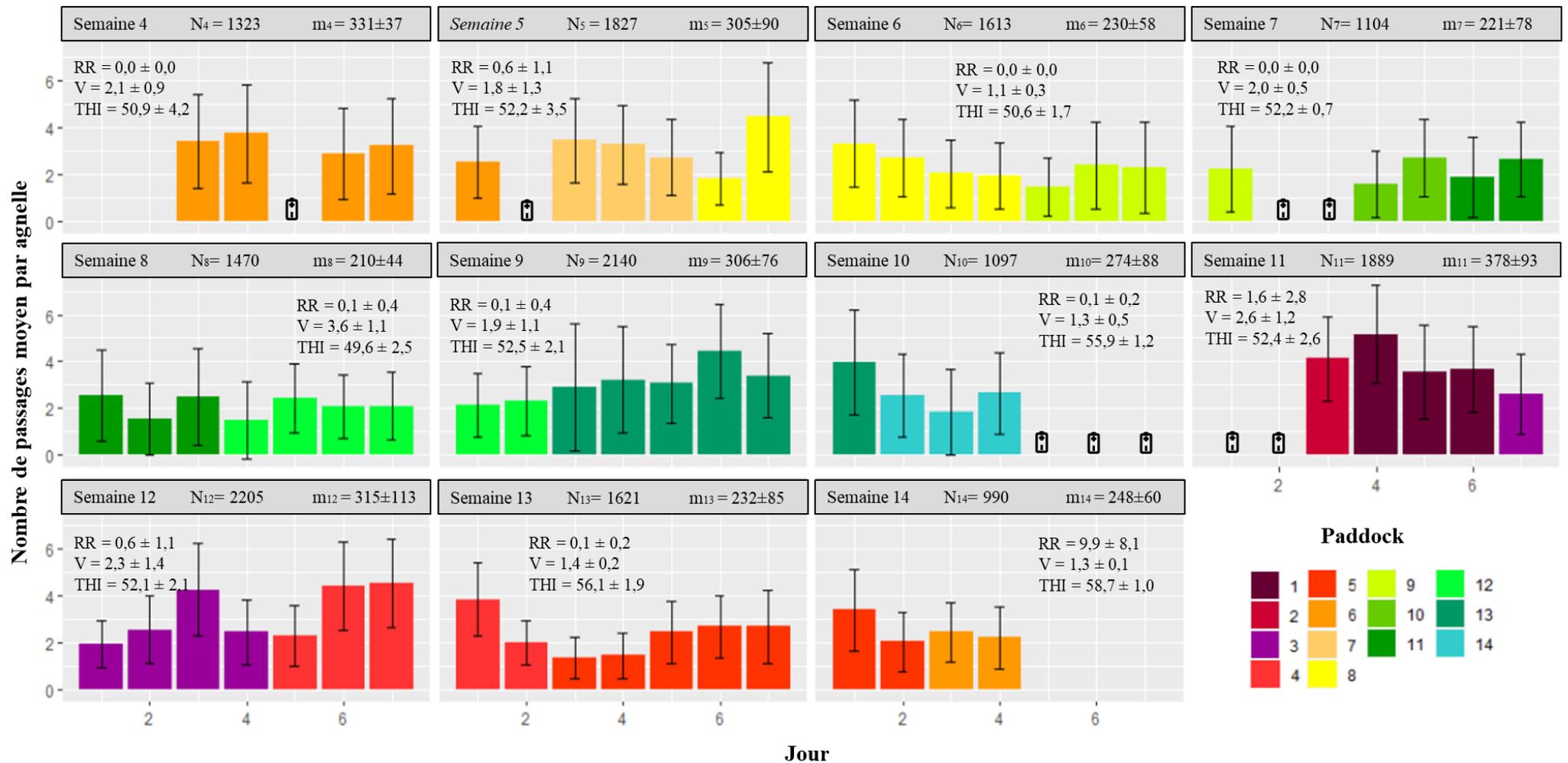
**Figure 10** : Pourcentage journalier d'agnelles ( $n= 100$  puis 99 à partir du 01/04/2021) traversant la plateforme du système WoW au cours des phases I et II de l'expérimentation (Adaptation et Collecte,  $p < 0,001$ ). Le symbole  indique les jours présentant un problème de batterie sur le système.

### II.3.2. À l'échelle de la semaine

La *Figure 11* présente les variations journalières du nombre de passages pour chaque semaine de la phase II. Elle montre également les variations de THI, RR et V et les parcelles utilisées par semaine. Le nombre moyen de passages pour l'ensemble des animaux est le plus faible pour les semaines 7 et 8. La dernière semaine d'expérimentation présente la moyenne et la variation des précipitations la plus grande avec  $9,9 \pm 8,1$  mm. À l'inverse, il n'y a pas eu de précipitations durant les semaines 4, 6 et 7. Durant la semaine 8, la vitesse moyenne journalière du vent atteignait  $3,6 \pm 1,1$  m/s (*Figure 11*). Les THI calculés pendant l'expérimentation étaient tous inférieurs à 60. Les données environnementales testées montrent un effet significatif de la

semaine ( $p=0,0002$ ) et des caractéristiques des parcelles ( $p=0,0009$ ) sur le nombre de passages journaliers moyen par individu sur l'ensemble de la phase II et du lot (hors jours de changement de parcelle). Les caractéristiques météorologiques ont également un effet significatif sur le nombre de passages collectés avec le WoW : la  $p$ -value de l'interaction  $THI \times V$ , des effets de  $THI$  et  $V$  sont  $<0,001$ . À faible vitesse du vent, le nombre de passages diminue lorsque  $THI$  augmente. À l'inverse, lorsque la vitesse moyenne journalière du vent est élevée, le nombre de passages par individu augmente avec  $THI$ . Le groupe n'influence pas le nombre de passages journaliers par individu ( $p=0,8419$ ).

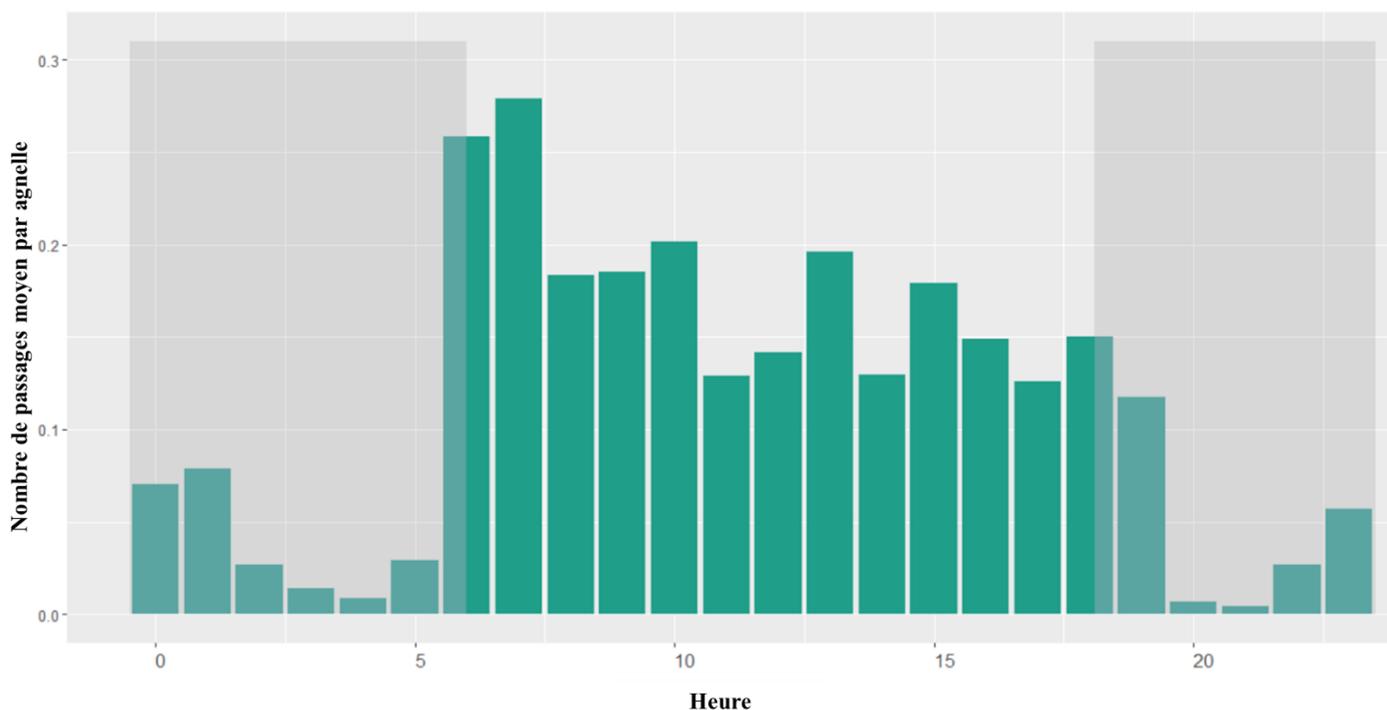
A l'entrée sur la parcelle, la biomasse disponible montre un effet significatif ( $p < 0,001$ ) sur le nombre de passages journaliers par individu. Une disponibilité accrue de biomasse augmente le nombre de passages sur la plateforme. La proportion de *Poacées* (en moyenne : 60,3 % dont 52,3 % de Ray-Grass Anglais **RGA**,  $p=0,0088$ ), ainsi que l'interaction entre la proportion de *Poacées* et de *Fabacées* (en moyenne : 16,2 %,  $p=0,0159$ ) présentes sur la parcelle influence significativement les passages. Plus le pourcentage de graminées est élevé et le pourcentage de légumineuses est faible, plus le nombre de passages journaliers par individu est important. La proportion de sol nu influence de manière significative le nombre de passages journaliers par individu ( $p < 0,001$ ) : ce nombre augmente lorsque le pourcentage de sol nu est élevé. La variable Semaine explique également le nombre de passages journaliers par animal ( $p < 0,001$ ).



**Figure 11 :** Représentation graphique par semaine ( $p < 0,0001$ ) du nombre de passage journalier sur la plateforme par agnelle ( $n= 100$  puis  $99$  à partir du 01/04/2021) en fonction des données systémiques et environnementales. THI : *Index Température-Humidité* ; RR : *hauteur des précipitations (mm)* ; V : *vitesse moyenne du vent (m/s)* ; Ni : *nombre total de passages pendant la semaine i* ; mi : *nombre moyen de passages journaliers pendant la semaine i*.

### II.3.3. À l'échelle de la journée

La *Figure 12* présente la quantité moyenne de passages par heure et par agnelle pour le lot au cours de la journée. Elle montre un nombre de passages important au début de la journée : entre 6h et 8h GTM+1, plus de 0,25 passages/heure/agnelle, soit plus de 25 passages horaires au total pour le lot ; puis une diminution au cours de la journée. Il n'existe pas de différence significative de la cinétique journalière en fonction de la semaine et du groupe de poids. En revanche, l'heure influence significativement le nombre de passages ( $p < 0,001$ ).



**Figure 12** : Cinétique journalière moyenne des passages par agnelle ( $n= 100$ ) : représente la fréquence de passage par heure et par individu sur une journée ( $p < 0,0001$ ). Les zones grisées représentent les heures nocturnes.

## III. Discussion

### III.1. Mise en place et évaluation de l'effectivité d'usage du système d'autopesée

#### III.1.1. Validation du système d'autopesée pour des agnelles au pâturage

L'objectif principal de cette étude était de valider la faisabilité de la mise en place du système d'autopesée afin de garantir, par la suite, une contribution significative de cette technologie d'élevage de précision au suivi précis de la croissance et du comportement des agnelles au pâturage. La première phase de l'expérimentation a permis la calibration du système mis en place. L'importance de la phase d'adaptation des animaux au dispositif en général ainsi que du nettoyage de la base de données brute, afin de pouvoir utiliser les valeurs du WoW pour le suivi des variations de PV, a été rapportée par divers auteurs (Alawneh *et al.*, 2011; Dickinson *et al.*, 2013; Brown *et al.*, 2014a; b; González-García *et al.*, 2018a, 2021). Le filtrage des

données aberrantes se fait souvent à l'aide des variations individuelles. Alawneh *et al.* (2011) suppriment l'ensemble des valeurs situées en dehors de l'intervalle [moyenne  $\pm$  4\*SD] ce qui correspond à seulement 12% de données aberrantes. Le processus utilisé dans cette étude s'effectue en trois étapes, la dernière phase correspond à la suppression des données aberrantes à l'échelle individuelle en fonction de l'intervalle [moyenne  $\pm$  2\*SD]. Alors que González-García *et al.* (2018a) suppriment 80% des données brutes avec cette méthode à l'échelle individuelle, 61.3% sont ici éliminées. Ce résultat est proche de celui obtenu par Brown *et al.* (2012) avec leur nettoyage à un niveau de 10% (en gardant les valeurs comprises dans un intervalle de 10% du PV prédéterminé).

Les données éliminées correspondent à de mauvais comportements des agnelles sur la plateforme, observés par les opérateurs lors de l'expérimentation. Malgré la structure en *S* conçue pour que les animaux passent un par un (González-García *et al.*, 2018), il était fréquent que deux agnelles montent ensemble sur la plateforme. Pour Brown *et al.* (2014a), ces mauvais comportements provoquent la faible répétabilité du système lorsqu'ils ne sont pas éliminés. Dans cette étude, le nettoyage des données diminue le nombre d'enregistrements réellement disponibles mais augmente, d'après le coefficient de Bland et Altman ( $-0.83 \pm 2.32$ ), la répétabilité du WoW (Grenier *et al.*, 2000). La reproductibilité, évaluée par le coefficient de concordance de Lin (CCC= 0.94), augmente également au fur et à mesure du processus de nettoyage. Ce coefficient montre cependant seulement une concordance modérée entre les deux systèmes de pesée. Cela pourrait s'expliquer par le fait que le flux d'animaux traversant la plateforme n'était pas contrôlé (Alawneh *et al.*, 2011; González-García *et al.*, 2021). Le nettoyage des données aurait donc laissé des données issues de mauvais comportements indétectables, même à l'échelle individuelle. Malgré cette concordance modérée, les valeurs obtenues montrent une bonne distribution autour de la droite à 45° (corrélation parfaite). Après l'ensemble du processus de nettoyage des données en trois étapes, les données obtenues correspondent aux valeurs plausibles de PV pouvant être utilisées pour le suivi de la croissance des agnelles. Elles permettent l'enregistrement d'un nombre de PV important sur une courte période. La fréquence minimale de données correctes (1 PV tous les 9 jours) permet un suivi régulier du PV et beaucoup plus fréquent qu'en ferme commerciale.

### III.1.2. Adaptation des agnelles après servage et au pâturage

Pour valider la mise en place du système d'autopesée, il faut que les animaux passent volontairement et fréquemment sur la plateforme. L'objectif était donc d'avoir des animaux autonomes et rapidement adaptés au WoW. Les agnelles du domaine du Merle étant élevées au pâturage avec leur mère jusqu'au sevrage, elles n'ont pas eu besoin de s'adapter à un nouvel environnement pour cette étude. En revanche, elles ont dû s'adapter au stress de la séparation avec leur mère, à un changement partiel de leur alimentation (d'un mélange lait maternel – herbe à un régime herbe seulement) et à la présence d'un nouvel objet dans leur environnement (système WoW).

La configuration identique du système d'autopesée à sens unique (malgré une orientation différente sur les parcelles) aide à l'apprentissage des agnelles qui traversent alors mieux la plateforme (Hutson, 1980). Pour obtenir une adaptation plus rapide et/ou avec plus d'animaux à passer quotidiennement lors de la phase II, une habituation au WoW pendant le pré-sevrage aurait pu être mise en place (Brown *et al.*, 2014b). Le temps d'adaptation de 3 semaines défini par González-García *et al.* (2018) reste néanmoins suffisant pour obtenir un pourcentage

acceptable d'agnelles traversant la plateforme quotidiennement. L'adaptation permet aux agnelles de s'habituer à passer une à une avec le moins de mauvais comportements possible. Cela permet l'obtention d'une moyenne de 1,5 enregistrements de PV corrects par jour et par animal lors de la phase de collecte. Le pourcentage de données valides ainsi obtenu est plus élevé qu'avec des antenaises et brebis adultes en conditions de pâturage (González-García *et al.*, 2018a).

### III.2. Utilisation des données fournies par le système d'autopésée

#### III.2.1. Suivi de la croissance

Le WoW permet d'estimer les valeurs de PV du lot et du groupe, proches de celles mesurées avec la pesée statique de référence sans différence significative. Le nombre plus important de données fournies permet d'observer de façon plus précise les variations dans le temps. Au début de la phase II, les agnelles présentent un bon état physique avec un PV à  $127 \pm 6$  jours correspondant à un PV légèrement supérieur à celui attendu à cet âge pour la race Mérinos d'Arles (Bénévent *et al.*, 1971). Le taux de croissance des animaux, estimé à 123 g/j et 84 g/j respectivement par la pesée statique du GS et par le WoW, est similaire au GMQ d'agneaux Mérinos d'Arles entre 130 et 160 jours (Bénévent *et al.*, 1971). Sans une bonne adaptation des agnelles, le résultat inverse aurait été observé, dû au facteur stressant d'un tel changement (Karakuş, 2014). Ces résultats ne montrent aucun problème apparent sur la croissance et la santé du lot ou du groupe. En revanche, les courbes de PV montrent des chutes de poids observées les 9 mars et 20 avril. Les animaux ont été pesés avant leur changement de parcelle effectué ces mêmes jours. La disponibilité en herbe était très limitée et les animaux avaient donc le rumen moins rempli par rapport aux autres jours de pesées influençant leur PV (Brown *et al.*, 2015). Le suivi des courbes des groupes de poids (ou du lot) permettrait alors d'améliorer la gestion alimentaire des animaux comme le proposent Brown *et al.* (2014b), avec une stratégie de nutrition de précision. Ce suivi pourrait aussi aider à la gestion sanitaire globale du troupeau en identifiant si une diminution de PV du lot est dû à du parasitisme par exemple. Mais une perte de PV identifiée à l'échelle du lot pourrait aussi être seulement le résultat d'un problème sur un nombre limité d'individus. C'est pourquoi il est nécessaire de pouvoir suivre les courbes de croissance individuelles obtenues avec le WoW. Ici, les valeurs de PV du WoW obtenues pour l'agnelle morte au cours de l'expérimentation identifient de façon précoce, par rapport au GS, la perte de poids de l'animal. Cette diminution de PV souligne un problème de santé de l'animal identifié par le WoW au moins 6 jours avant une mesure de référence avec le GS. En revanche, lorsqu'il y a un délai pour obtenir les premiers poids corrects d'une agnelle, la prise de décision via l'autopésée est retardée. Le suivi fin de la croissance à l'échelle individuelle est possible mais reste incertain pour les animaux avec peu de passages corrects sur la plateforme dans une période courte. Le suivi des variations individuelles pourrait contribuer à la prise de décision, sous conditions d'un faible délai pour obtenir les premières valeurs, ce que Brown *et al.* (2014a) rejetaient à cause de la faible répétabilité de leur système.

#### III.2.2. Suivi comportemental

Le comportement d'adaptation a déjà été montré précédemment. C'est grâce à cette adaptation que l'on peut suivre l'activité des animaux en réponse aux conditions environnementales.

Les activités des agnelles dans leur environnement ne varient pas en fonction du groupe de poids indiquant une homogénéité des réponses comportementales du lot expérimental. Ces réponses sont fonctions des conditions météorologiques, en particulier de la vitesse moyenne journalière du vent et de l'index d'inconfort THI. Les THI calculés montrent que les agnelles ont été dans des conditions climatiques confortables et n'ont pas subi de stress thermique pendant la phase de collecte (THI < 70 ; Silanikove, 2000). Il semblerait donc que ce soit la vitesse du vent qui influence l'effet de THI sur le nombre de passages vers la zone d'attraction. Une forte vitesse du vent augmenterait l'effet de THI, provoquant alors une augmentation de la consommation d'eau (Lees *et al.*, 2020) et par conséquent une augmentation du nombre de passages sur la plateforme.

La composition botanique influence également l'activité des animaux vers l'aire d'attraction. Une diminution de la proportion de *Fabacées* (majoritairement Trèfle Blanc) augmente le nombre de passages sur la plateforme. Le Trèfle Blanc a une valeur d'encombrement plus faible que le RGA (Forum de l'Innovation Tech'ovin, 2009), principale graminée des parcelles expérimentales. Or la consommation d'eau est d'autant plus importante que la valeur d'encombrement d'un aliment est élevée. Aussi, lorsque la valeur nutritionnelle est élevée (Trèfle Blanc ; Forum de l'Innovation Tech'ovin, 2009) l'animal a moins besoin de compenser en consommant de la mélasse présente dans l'aire d'attraction. De plus, une augmentation de la proportion de Trèfle Blanc par rapport au RGA, augmente l'ingestion (Niderkorn *et al.*, 2017). Les agnelles passent moins puisqu'elles sont occupées à pâturer. Au contraire, la motivation des agnelles à traverser vers la zone d'attraction augmente lorsque la proportion de sol nu est élevée, possiblement pour des besoins plus importants en énergie et nutriments fournis par la mélasse. Les passages sur la plateforme sont moins nombreux lorsque la biomasse disponible est plus faible. À l'inverse, l'augmentation de la quantité de MS disponible contribue à la motivation des animaux à passer vers la zone d'attraction, probablement en raison de l'augmentation de leur besoin d'ingestion en eau pour favoriser le processus d'ingestion (Bass, 1982).

La cinétique journalière des agnelles montre un faible nombre de passages sur la plateforme durant la nuit, illustrant la période de repos des animaux. Au début de la journée, avec le lever du soleil, la fréquence des passages par individu est plus importante que sur le reste de la journée. Après la nuit, les animaux passent plus afin de boire pour compenser la soif provoquée par l'utilisation de l'eau disponible dans le tractus gastro-intestinal lors du processus de rumination pendant le repos nocturne. Au cours de la journée, des variations des fréquences de passages sont observées. Elles illustrent une alternance de périodes d'ingestion et de passages motivés par l'abreuvement. Cette étude montre que la cinétique journalière est la même quel que soit le gabarit des animaux : il n'y a pas de différences significatives entre les groupes de poids dans les activités des animaux. En effet, les ovins sont des animaux grégaires établissant des associations sociales sans distinctions en fonction du PV et réalisant des activités coordonnées les uns avec les autres (AWIN, 2015; Ozella *et al.*, 2020). En revanche, le nombre moyen d'animaux traversant par heure est faible et indique que l'ensemble des agnelles ne passent pas aux mêmes moments. Cela suppose une différence comportementale entre les individus du lot. Certaines agnelles pourraient ne pas suivre la même cinétique que la moyenne du lot : elles passeraient à d'autres heures et/ou passeraient moins souvent sur la plateforme. Cela peut aussi traduire un isolement du groupe, les agnelles ne passent pas lorsqu'un mouvement de groupe est initié. Michelen *et al.* (2009) montrent que les animaux téméraires

ont tendance à explorer plus facilement l'espace, alors que les individus timides restent groupés au même endroit malgré le fort effet d'attraction entre congénères. Ainsi, les passages seraient initiés par les agnelles téméraires. Durant l'expérimentation, il a aussi été observé que certaines agnelles suivaient les initiatrices du mouvement jusqu'au WoW mais ne passaient pas. Ce comportement a également été observé chez des bovins au pâturage pour l'accès à l'eau (Williams *et al.*, 2020).

La représentation du nombre de passages enregistrés avec le WoW faciliterait l'interprétation des comportements des animaux en conditions de pâturage, pour lesquels il existe très peu de références. Le fait de traverser un nombre plus ou moins grand de fois la plateforme pourrait indiquer un rapport avec des épisodes de soif ou d'activité de pâturage plus intense par exemple, ou pourrait tout simplement être lié à des températures plus extrêmes au cours de la journée (levé du soleil ou midi par exemple). La richesse de ce type d'information résulte sans doute d'intérêt pour faire avancer l'état de l'art dans la compréhension du comportement et le suivi du BEA. Elle nécessite cependant de poursuivre les efforts d'interprétation avec la combinaison de ces résultats à plusieurs autres sources d'informations. L'observation directe par l'opérateur et les données issues d'autres technologies d'élevage de précision pourraient être utiles à la création d'outils d'aide à la décision couplées au WoW.

## Conclusion et perspectives

L'objectif principal de ce travail était l'évaluation de la mise en place du système d'autopesée WoW pour accompagner et améliorer le suivi de la croissance d'agnelles au pâturage après sevrage. Il a été montré que les données récoltées par le WoW ne sont utilisables qu'après leur filtrage. La perte de données engendrée est importante mais indispensable afin de garantir des valeurs de PV proches de celles obtenues avec des mesures statiques et fiables pour l'interprétation et l'analyse du système. Les résultats alors obtenus montrent une bonne estimation des PV à l'échelle du lot, sans distinction du gabarit des animaux. À l'échelle individuelle, le système mis en place semble convaincant afin de suivre la croissance de chaque individu, mais des délais sont nécessaires pour obtenir les premières valeurs correctes. Cela montre l'importance de la phase d'adaptation pour garantir le plus de passages volontaires corrects possible. L'utilisation du WoW semble pouvoir permettre un suivi proche et quasi continu de la croissance des agnelles. La possibilité de mettre en place un système d'alerte, afin d'avertir de façon précoce sur les variations de poids, est alors envisageable.

Cette étude visait aussi à caractériser le comportement d'animaux naïfs au système et récemment sevrés, dans des conditions de pâturage. Le système d'identification donne accès à des informations sur les activités des agnelles. Les composantes environnementales influencent les passages des animaux vers la zone d'attraction. Les passages suivent une cinétique journalière qui semble être fonction du comportement alimentaire des agnelles. Ces résultats restent cependant à l'étude. Il serait intéressant de coupler le système WoW à des capteurs accéléromètres, par exemple, dans le but de valider les observations réalisées ici. Cela permettrait d'identifier l'activité des animaux avant et après leur passage sur la plateforme. Il sera alors possible de vérifier que les passages sont motivés par la soif et/ou les besoins nutritionnels des animaux.

Le système d'autopesée, basé sur des passages volontaires en continu des agnelles, est un outil prometteur pour suivre la croissance et comprendre le comportement d'animaux en croissance, après sevrage et sans intervention humaine. Quelques progrès restent à faire afin de garantir sa mise en place en exploitation, dans des conditions commerciales. En effet, la mise en place pratique du système en condition de pâturage tournant dynamique est lourde. Un système plus léger, avec moins d'éléments à déplacer, ou placé à un point spécifique de la prairie, serait garant d'une faisabilité en ferme. Il serait aussi intéressant de développer l'accès à distance pour télécharger les données du système. L'automatisation de la phase de nettoyage des données et la mise en place d'une application connectée seraient également avantageuses pour faciliter la prise de décision par les éleveurs. L'utilisation d'une application R Shiny (R Core Team, 2021) serait alors envisageable. Elle pourrait prendre en compte le code R utilisé pour l'élimination des valeurs extrêmes et aberrantes pour ne montrer que les graphiques et les valeurs intéressantes pour l'éleveur dans une interface simple d'utilisation et d'interprétation. Ainsi, les éleveurs auraient un outil à leur disposition leur permettant de suivre et gérer leurs animaux au pâturage de façon précise en limitant le stress et avec un gain de temps indéniable.

## Bibliographie

1. Alawneh JI, Stevenson MA, Williamson NB, Lopez-Villalobos N et Otle T 2011. Automatic recording of daily walkover liveweight of dairy cattle at pasture in the first 100 days in milk. *Journal of Dairy Science* 94, 4431-4440.
2. AWIN 2015. AWIN Welfare assessment protocol for sheep.
3. Bass JM 1982. A note on the effects of various diets on the drinking behaviour of wether sheep. *Animal Science* 35, 293-294.
4. Bénévent M, Bressot C et Paolantonacci S 1971. Croissance relative pondérale postnatale, dans les deux sexes, des principaux tissus et organes de l'agneau Mérinos d'Arles. *Annales de Biologie Animale Biochimie Biophysique* 11, 5-39.
5. Bland JM et Altman DG 1999. Measuring agreement in method comparison studies. *Statistical Methods in Medical Research* 8, 135-160.
6. Brown DJ, Savage DB et Hinch GN 2014a. Repeatability and frequency of in-paddock sheep walk-over weights: implications for flock-based management. *Animal Production Science* 54, 582-586.
7. Brown DJ, Savage DB et Hinch GN 2014b. Repeatability and frequency of in-paddock sheep walk-over weights: implications for individual animal management. *Animal Production Science* 54, 207-213.
8. Brown DJ, Savage DB, Hinch GN et Hatcher S 2015. Monitoring liveweight in sheep is a valuable management strategy: a review of available technologies. *Animal Production Science* 55, 427-436.
9. Brown DJ, Savage DB, Hinch GN et Semple SJ 2012. Mob-based walk-over weights: similar to the average of individual static weights? *Animal Production Science* 52, 613-618.
10. Caja G, Castro-Costa A, Salama AAK, Oliver J, Baratta M, Ferrer C et Knight CH 2020. Sensing solutions for improving the performance, health and wellbeing of small ruminants. *Journal of Dairy Research* 87, 34-46.
11. Chastant-Maillard S, Saint-Dizier M et Schelcher FJ 2016. Élevage de précision. France Agricole (Editions), *Agriproduction*, 252.
12. Core S, Miller S et Kelly M 2008. Development of the laser remote caliper as a method to estimate surface area and body weight in beef cattle. *SURG Journal* 1, 57-72.
13. Dickinson RA, Morton JM, Beggs DS, Anderson GA, Pyman MF, Mansell PD et Blackwood CB 2013. An automated walk-over weighing system as a tool for measuring liveweight change in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 96, 4477-4486.
14. Doughty A, Coleman G, Hinch G et Doyle R 2017. Stakeholder Perceptions of Welfare Issues and Indicators for Extensively Managed Sheep in Australia. *Animals* 7, 28.
15. FAO 2011. L'élevage dans le monde en 2011 – Contribution de l'élevage à la sécurité alimentaire. *Population* (French Edition) 5, 764.

16. Forum de l'Innovation Tech'ovin 2009. Quelles prairies pour les ovins ? Conduite de la prairie et choix des espèces fourragères.
17. González-García E, Alhamada M, Nascimento H, Portes D, Bonnafe G, Allain C, Llach I, Hassoun P, Gautier JM et Parisot S 2021. Measuring liveweight changes in lactating dairy ewes with an automated walk-over-weighing system. *Journal of Dairy Science* 104, 5675-5688.
18. González-García E, Alhamada M, Pradel J, Douls S, Parisot S, Bocquier F, Menassol JB, Llach I et González LA 2018a. 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.
19. González-García E, Golini P deOliveira, Hassoun P, Bocquier F, Hazard D, González LA, Ingham AB, Bishop-Hurley GJ et Greenwood PL 2018b. An assessment of Walk-over-Weighing to estimate short-term individual forage intake in sheep. *Animal* 12, 1174-1181.
20. Grenier B, Dubreuil M et Journois D 2000. Comparaison de deux méthodes de mesure d'une même grandeur : méthode de Bland et Altman. *Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation* 19, 128-135.
21. Hutson GD 1980. The effect of previous experience on sheep movement through yards. *Applied Animal Ethology* 6, 233-240.
22. Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) 1989. Ruminant nutrition. Jarrige edn. John Libbey Eurotext, London.
23. Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement (INRAE) - AgroClim 2021. Données météo 2021 (station du Domaine du Merle, Salon de Provence).
24. Karakuş F 2014. Weaning stress in lambs. *Agriculture and Food* 2, 165-170.
25. Kenyon PR, Thompson AN et Morris ST 2014. Breeding ewe lambs successfully to improve lifetime performance. *Small Ruminant Research* 118, 2-15.
26. Le Cozler Y, Allain C, Xavier C, Depuille L, Caillot A, Delouard JM, Delattre L, Luginbuhl T et Faverdin P 2019. Volume and surface area of Holstein dairy cows calculated from complete 3D shapes acquired using a high-precision scanning system: Interest for body weight estimation. *Computers and Electronics in Agriculture* 165, 104977.
27. Lees AM, Sullivan ML, Olm JCW, Cawdell-Smith AJ et Gaughan JB 2020. The influence of heat load on Merino sheep. 1. Growth, performance, behaviour and climate. *Animal Production Science* 60, 1925-1931.
28. Levy F et Madden EA 1933. The point method of pasture analysis. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture*, 267-279.
29. Lin LI-K 1989. A Concordance Correlation Coefficient to Evaluate Reproducibility. *Biometrics* 45, 255-268.

30. Michelena P, Sibbald AM, Erhard HW et McLeod JE 2009. Effects of group size and personality on social foraging: the distribution of sheep across patches. *Behavioral Ecology* 20, 145-152.
31. Morris JE, Cronin GM et Bush RD 2012. Improving sheep production and welfare in extensive systems through precision sheep management. *Animal Production Science* 52, 665-670.
32. Niderkorn V, Martin C, Le Morvan A, Rochette Y, Awad M et Baumont R 2017. Associative effects between fresh perennial ryegrass and white clover on dynamics of intake and digestion in sheep. *Grass and Forage Science* 72, 691-699.
33. Ozella L, Langford J, Gauvin L, Price E, Cattuto C et Croft DP 2020. The effect of age, environment and management on social contact patterns in sheep. *Applied Animal Behaviour Science* 225, 104964.
34. Phythian CJ, Michalopoulou E, Jones PH, Winter AC, Clarkson MJ, Stubbings LA, Grove-White D, Cripps PJ et Duncan JS 2011. Validating indicators of sheep welfare through a consensus of expert opinion. *Animal* 5, 943-952.
35. Polat ES, Çağlayan T, Garip M et Coşkun B 2013. Improving mobile sheep walk-over weighing system designed for quick, easy and accurate evaluation of herds' status in field. *Current Opinion in Biotechnology* 24, S28-S47.
36. R Core Team 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
37. Richmond SE, Wemelsfelder F, de Heredia IB, Ruiz R, Canali E et Dwyer CM 2017. Evaluation of Animal-Based Indicators to Be Used in a Welfare Assessment Protocol for Sheep. *Frontiers in Veterinary Science* 4, 210.
38. Roguet C, Delanoue E, Disenhaus C et Cozler YL 2015. Perception de l'élevage par de jeunes adultes en France en 2014. *Journées de la Recherche Porcine en France*, 2015, 47.
39. Segnalini M, Nardone A, Bernabucci U, Vitali A, Ronchi B et Lacetera N 2011. Dynamics of the temperature-humidity index in the Mediterranean basin. *International Journal of Biometeorology* 55, 253-263.
40. Silanikove N 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Production Science* 67, 1-18.
41. Teyssier J, Migaud M, Debus N, Maton C, Tillard E, Malpoux B, Chemineau P and Bodin L 2011. Expression of seasonality in Merinos d'Arles ewes of different genotypes at the MT1 melatonin receptor gene. *Animal* 5, 329-336.
42. Webster AJF 2001. Farm Animal Welfare: the Five Freedoms and the Free Market. *The Veterinary Journal* 161, 229-237.
43. Williams LR, Moore ST, Bishop-Hurley GJ et Swain DL 2020. A sensor-based solution to monitor grazing cattle drinking behaviour and water intake. *Computers and Electronics in Agriculture* 168, 105141.

44. Wishart H, Morgan-Davies C, Stott A, Wilson R et Waterhouse T 2017. Liveweight loss associated with handling and weighing of grazing sheep. *Small Ruminant Research* 153, 163-170.

## Sitographie

1. TechCare Project – Integrating innovative TECHNOLOGIES along the value Chain to improve small ruminant welfare management 2020. [Consulté le 13/07/2021 à l'adresse suivante : <https://techcare-project.eu/>].

## Annexes

**Annexe I** : Extrait du script R (R Core Team, 2021) utilisé pour le nettoyage et l'analyse des données de poids vif. Cet extrait montre la **première étape** du nettoyage des données.

**Annexe II** : Extrait du script R (R Core Team, 2021) utilisé pour le nettoyage et l'analyse des données de poids vif. Cet extrait montre la **deuxième étape** du nettoyage des données.

**Annexe III** : Extrait du script R (R Core Team, 2021) utilisé pour le nettoyage et l'analyse des données de poids vif. Cet extrait montre la **troisième étape** du nettoyage des données.

**Annexe IV** : Courbes de croissances du lot ( $n= 100$ ) obtenues avec chacun des deux systèmes de mesures. La courbe du *Gold Standard* représente les valeurs de poids vif hebdomadaire mesurées de façon statique. Celle du WoW représente les valeurs journalières obtenues. La figure illustre le potentiel d'utilisation du WoW pour créer un système d'alerte précoce au service de l'éleveur.

**Annexe V** : Courbes de croissances de l'ensemble des agnelles du lot ( $n= 100$ ) obtenues avec chacun des deux systèmes de mesures. La courbe du *Gold Standard* représente les valeurs de poids vif hebdomadaire mesurées de façon statique. Celle du WoW représente les valeurs journalières obtenues. La figure illustre le potentiel d'utilisation du WoW pour créer un système d'alerte précoce au service de l'éleveur. *L'individu 3954 est mort au cours de l'expérimentation (01/04/2021).*

**Annexe VI** : Variabilité du pourcentage d'agnelles ( $n= 100$  puis 99 à partir du 01/04/2021) traversant la plateforme du système WoW au cours des phase I et II de l'expérimentation (Adaptation et Collecte,  $p < 0,0001$ ). *Les jours avec un problème de batterie sur le système ont été éliminés.*



Photo par Estelle Leroux, Domaine du Merle, 12 février 2021

**Annexe I** : Extrait du script R (R Core Team, 2021) utilisé pour le nettoyage et l'analyse des données de poids vif. Cet extrait montre la **première étape** du nettoyage des données.

```
422 ## Nettoyage des données: étape 1
423 ```{r}
424
425 # Suppression des valeurs extrêmes
426
427 data_WOW_merinos <- data_WOW_merinos %>%
428   filter(WOW_BW > 10) %>%
429   filter(WOW_BW < 50)
430
431 ...
432
433 ```{r}
434
435 # Moyenne des PV hebdomadaire du lot
436
437 mean_GS_week <- data_LW_estimated %>%
438   group_by(week) %>%
439   summarize(m=mean(LW_estimated))
440
441 validation<-c()
442 # validation = TRUE quand le PV enregistré par le WoW est < à 2*moyenne PV du Gold Standard, sinon FALSE
443
444 for (i in 1:nrow(data_WOW_merinos)){
445   for (j in 1:nrow(mean_GS_week)){
446     if (data_WOW_merinos$Week[i]==mean_GS_week$Week[j]){
447       if (data_WOW_merinos$WOW_BW[i]<2*mean_GS_week$m[j]){
448         validation<-c(validation,TRUE)
449       }
450     } else{
451       validation<-c(validation,FALSE)
452     }
453   }
454 }
455 }
456 }
457 }
458
459 data_WOW_merinos<-data_WOW_merinos %>%
460   cbind(validation)
461 ...
462
463 ```{r}
464
465 # Suppression des valeurs > à 2*moyenne PV du Gold Standard, soit validation = FALSE
466 # On garde les lignes pour lesquelles validation = TRUE
467
468 data_WOW_merinos<-data_WOW_merinos %>%
469   filter(validation==TRUE)
470
471 data_WOW_merinos <- data_WOW_merinos[,-10]
472
473 ...
474
```

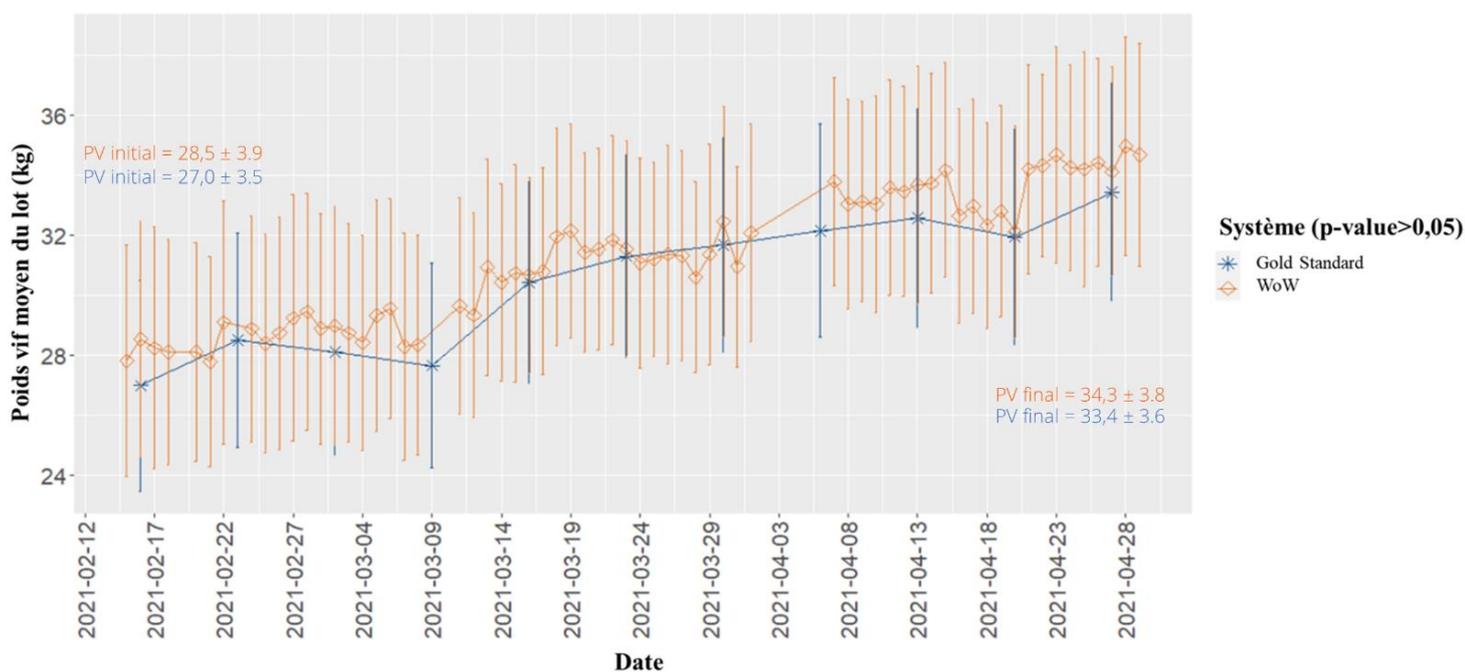
**Annexe II** : Extrait du script R (R Core Team, 2021) utilisé pour le nettoyage et l'analyse des données de poids vif. Cet extrait montre la **deuxième étape** du nettoyage des données.

```
552 - ## Nettoyage des données: étape 2
553 - ```{r}
554
555   # Moyenne des PV hebdomadaire pour chaque groupe de poids
556
557   mean_GS_week <- data_WOW_merinos %>%
558     group_by(Group,week) %>%
559     summarize(min=min(LW_estimated))
560
561   max <- data_WOW_merinos %>%
562     group_by(Group,week) %>%
563     summarize(max=max(LW_estimated))
564
565   mean_GS_week <- mean_GS_week %>%
566     cbind(max=max$max)
567
568   validation<-c()
569
570   # validation = TRUE quand le PV enregistré par le WoW est > min-2.5 et < |max+2.5
571
572   for (i in 1:nrow(data_WOW_merinos)){
573     for (j in 1:nrow(mean_GS_week)){
574
575       if (data_WOW_merinos$Week[i]==mean_GS_week$Week[j]){
576         if (data_WOW_merinos$Group[i]==mean_GS_week$Group[j]){
577           if (data_WOW_merinos$WOW_BW[i]>mean_GS_week$min[j]-2.5
578             & data_WOW_merinos$WOW_BW[i]<mean_GS_week$max[j]+2.5){
579             validation<-c(validation,TRUE)
580           }
581         } else{
582           validation<-c(validation,FALSE)
583         }
584       }
585     }
586   }
587 }
588
589 data_WOW_merinos<-data_WOW_merinos %>%
590   cbind(validation)
591
592 ...
593
594
595 - ```{r}
596
597   data_WOW_merinos<-data_WOW_merinos %>%
598     filter(validation==TRUE)
599
600   data_WOW_merinos <- data_WOW_merinos[,-10]
601
602 ...
```

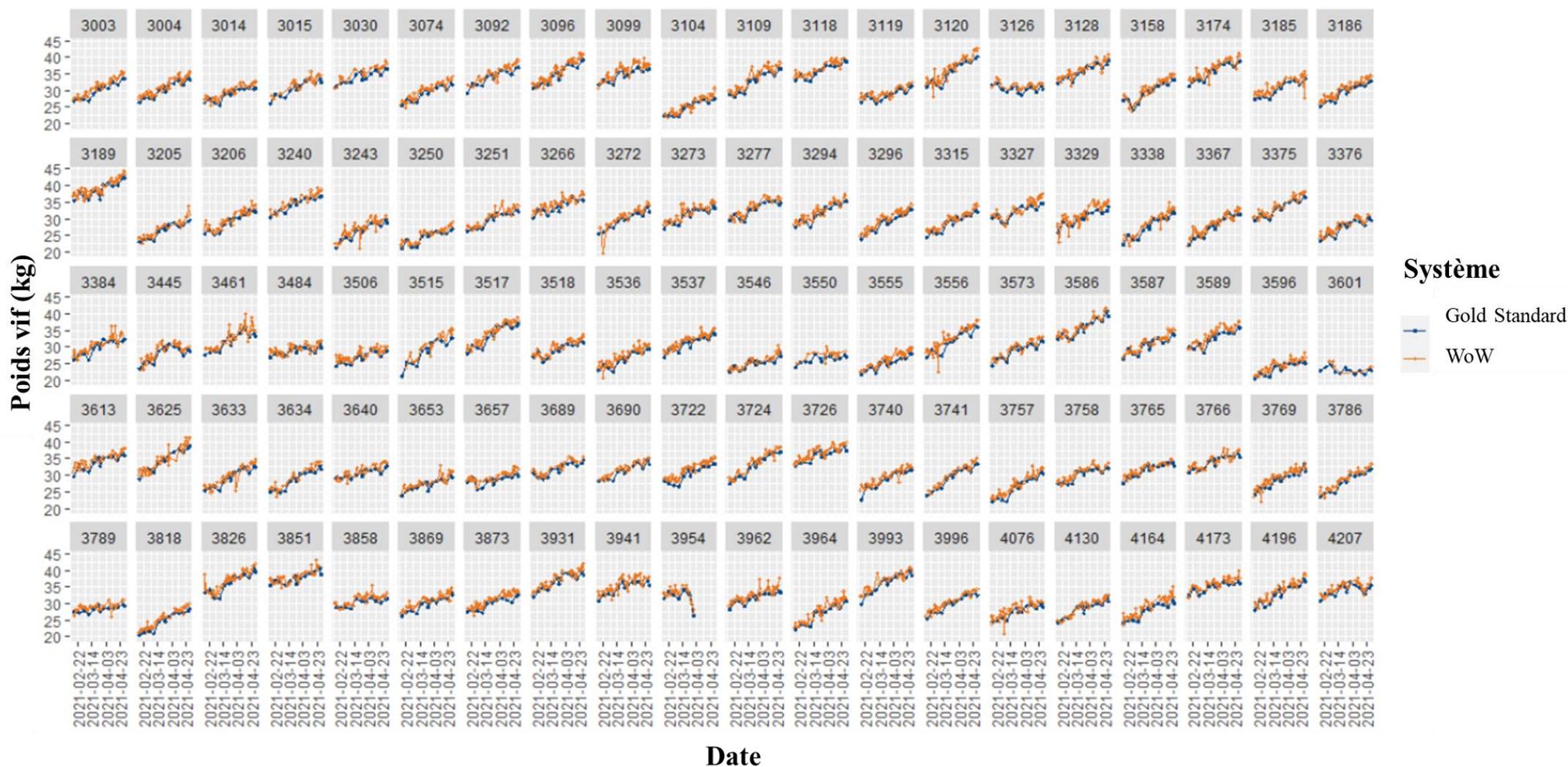
**Annexe III** : Extrait du script R (R Core Team, 2021) utilisé pour le nettoyage et l'analyse des données de poids vif. Cet extrait montre la **troisième étape** du nettoyage des données.

```
679 > ## Nettoyage des données: étape 3
680 > ```{r}
681
682 validation<-c()
683
684 #validation = TRUE quand le PV enregistré par le Wow est dans l'intervalle de confiance du Gold Standard
685
686 > for (i in 1:nrow(data_WOW_merinos)){
687   if (data_WOW_merinos$SD_min[i]<data_WOW_merinos$WOW_BW[i] &
688     data_WOW_merinos$WOW_BW[i]<data_WOW_merinos$SD_max[i]){
689     validation<-c(validation,TRUE)
690   }
691   else{
692     validation<-c(validation,FALSE)
693   }
694 }
695
696 data_WOW_merinos<-data_WOW_merinos %>%
697   cbind(validation)
698
699 data_WOW_merinos$ID<- as.character(data_WOW_merinos$ID)
700
701 ```
702
703 > ```{r}
726
727 > ```{r}
752
753 > ```{r}
754
755 data_WOW_merinos<- data_WOW_merinos %>%
756   filter(validation==TRUE)
757
758 data_WOW_merinos<- data_WOW_merinos %>%
759   select(ID,Date,Week, WOW_BW,LW_estimated,SD_min,SD_max)
760
761 ```
```

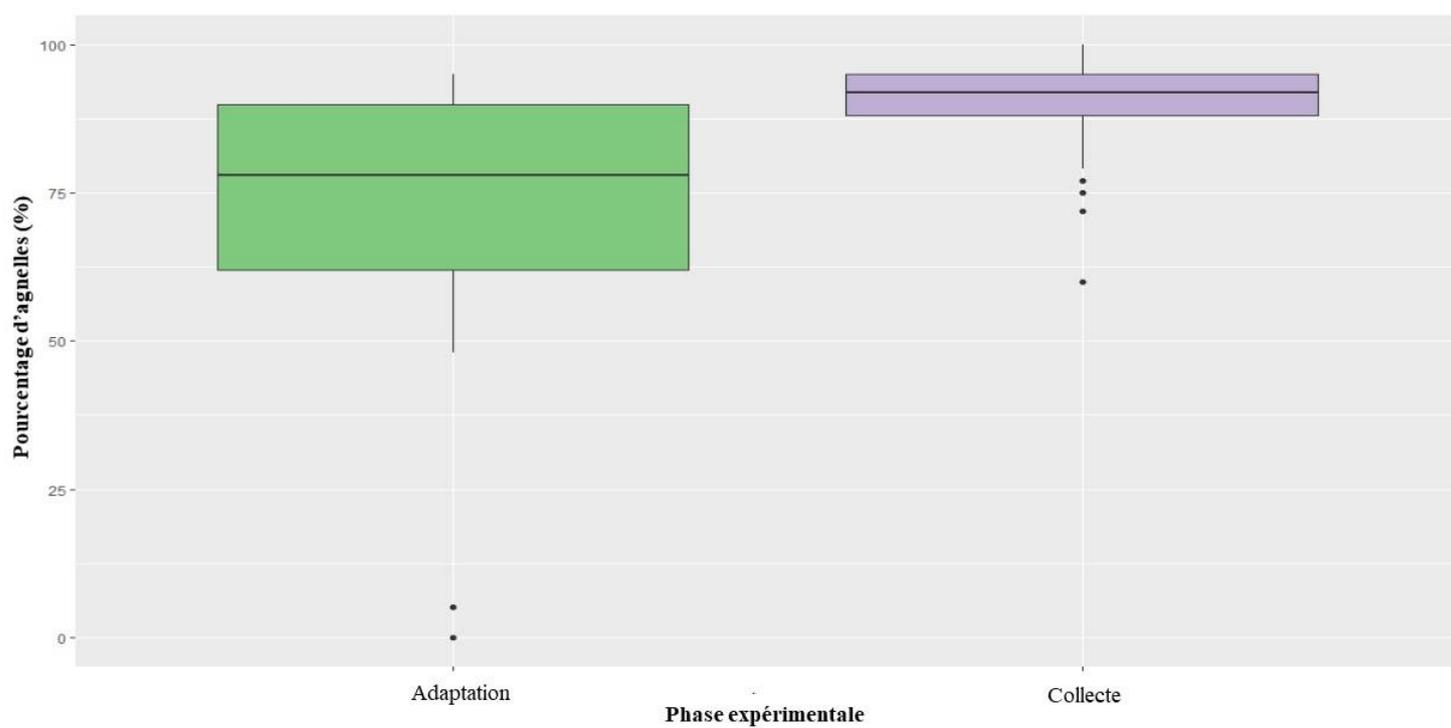
**Annexe IV** : Courbes de croissances du lot ( $n=100$ ) obtenues avec chacun des deux systèmes de mesures. La courbe du *Gold Standard* représente les valeurs de poids vif hebdomadaire mesurées de façon statique. Celle du *WoW* représente les valeurs journalières obtenues. La figure illustre le potentiel d'utilisation du *WoW* pour créer un système d'alerte précoce au service de l'éleveur.



**Annexe V** : Courbes de croissances de l'ensemble des agnelles du lot ( $n= 100$ ) obtenues avec chacun des deux systèmes de mesures. La courbe du *Gold Standard* représente les valeurs de poids vif hebdomadaire mesurées de façon statique. Celle du *WoW* représente les valeurs journalières obtenues. La figure illustre le potentiel d'utilisation du *WoW* pour créer un système d'alerte précoce au service de l'éleveur. *L'individu 3954 est mort au cours de l'expérimentation (01/04/2021).*



**Annexe VI** : Variabilité du pourcentage d'agnelles ( $n= 100$  puis  $99$  à partir du 01/04/2021) traversant la plateforme du système WoW au cours des phase I et II de l'expérimentation (Adaptation et Collecte,  $p < 0,0001$ ). *Les jours avec un problème de batterie sur le système ont été éliminés.*







 agriculture • alimentation • environnement	Diplôme : d'ingénieur d'AGROCAMPUS OUEST (École nationale supérieure des sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage), école interne de L'institut Agro (Institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement) Spécialité : Agronomie Spécialisation / option : Sciences et Ingénierie en Productions Animales (SIPA) Enseignant référent : Pierre-Guy MARNET
Auteur(s) : Estelle LEROUX	Organisme d'accueil : Centre de recherche INRAE
Date de naissance* : 05/04/1996	Occitanie Montpellier (UMR SELMET)
Nb pages : 28	Adresse : 2 Place Pierre Viala, 34060 Montpellier
Annexe(s) : 6	Maître de stage : Eliel González-García
Année de soutenance : 2021	
<b>Titre français</b> : Évaluation d'une plateforme d'autopesée pour le suivi de la croissance et du comportement d'agnelles Mérinos d'Arles sevrées dans des conditions de pâturage méditerranéen.	
<b>Titre anglais</b> : Evaluating a walk-over-weighing platform for the automatic monitoring of growth and behaviour in post-weaned <i>Mérinos d'Arles</i> ewelambs under Mediterranean grazing conditions.	
<b>Résumé</b> : Le Poids Vif (PV) est un indicateur essentiel à l'évaluation du Bien-Être Animal (BEA) et des performances des animaux. Il traduit leur état physiologique, physique et sanitaire. La mesure du PV est rare en élevage ovin car elle est très chronophage et stressante pour l'opérateur et pour les animaux. Un système d'autopesée (WoW) sans intervention humaine est testé afin de valider son utilisation pour le suivi de la croissance et du comportement, en lien avec le BEA, d'agnelles au pâturage. Une période d'adaptation des animaux est indispensable afin de garantir des passages volontaires et un nombre important de données correctes. Pour suivre la croissance, le nettoyage des données brutes est indispensable. La concordance des données WoW avec celles de référence montre la possibilité d'avoir un suivi proche des PV individuels. Pour chaque individu, même avec un faible nombre de valeurs, il est possible d'observer les variations du PV. La mise en place d'un système d'alerte précoce serait donc envisageable. Le système permet aussi l'évaluation du comportement des agnelles au pâturage. Les données météorologiques, la composition botanique et la biomasse disponible influencent les passages des animaux vers l'aire d'attraction où de l'eau, de la mélasse et des minéraux sont disponibles. Ces passages varient en fonction de l'heure de la journée supposant une cinétique en lien avec les heures de repas. Cette étude ouvre des perspectives intéressantes : elle permet un suivi plus précis et fréquent des animaux au pâturage par rapport à ce qui est actuellement effectué en élevage.	
<b>Abstract</b> : Live weight (LW) is key indicator for assessing animal welfare and performance. It evaluates their physiological, physical and health status. LW measurement is rare in ovine farming because it is very time consuming and stressful for the operator and the animals. A Walk-over-Weighing system (WoW) without human intervention is being tested to validate its use for monitoring the growth and behaviour, in relation to animal welfare, of pasture ewe lambs. An adaptation phase is first necessary to allow voluntary passages across the platform and a high volume of correct data. To allow growth monitoring, a raw data cleaning is essential. The concordance of WoW data with the reference data shows the possibility of having close monitoring of individual LW. Indeed, for each individual, even with a low number of values, it is possible to observe the variations in LW. The establishment of an early warning system would therefore be possible. The data provided by the system also allows the evaluation of the behaviour of ewe lambs on pasture. Meteorological data, botanical composition and available biomass influence the passages of animals to the attraction area where water, molasses and minerals are available. These passages vary depending on the time of day, assuming kinetics related to mealtimes. This study shows interesting perspectives: it allows more precise and frequent monitoring of grazing animals compared to what is currently carried out on farm.	
<b>Mots-clés</b> : Poids vif, système d'autopesée, agnelle, croissance, comportement, pâturage	
<b>Key Words</b> : Live weigh, Walk-over-Weighing system, ewelamb, growth, behaviour, grazing system	

\* Élément qui permet d'enregistrer les notices auteurs dans le catalogue des bibliothèques universitaires