

Pourquoi et comment repenser les pratiques d'allotement des broutards en vue de l'engraissement ?

MOREL-JOURNEL T. (1), HERVE L. (2), ASSIE S. (1), MERCIER J.-B. (2), VERGU E. (3), EZANNO P. (1), BAREILLE N. (1)

(1) BIOEPAR, INRAE, Oniris, 44307, Nantes, France

(2) Terrena Innovation, La Noëlle, 44155 Ancenis, France

(3) MaIAGE, Université Paris-Saclay, INRAE, 78350, Jouy-en-Josas, France

RESUME

En vue de leur engraissement, les broutards sont transportés après leur sevrage vers des centres de tri et regroupés en lots de poids vifs similaires. Cette pratique vise à faciliter la conduite alimentaire des jeunes bovins et permettrait d'améliorer et d'homogénéiser leurs performances de croissance. Elle conduit toutefois à d'autres pratiques affectant le bien-être, la santé et la performance des broutards. Dans cette étude nous avons cherché à identifier ces pratiques et à quantifier leur impact sur les performances de croissance des jeunes bovins à l'engrais. L'impact des caractéristiques de lots de broutards sur leur performance de croissance en terme de gain moyen quotidien (GMQ) et de durée d'engraissement a été évalué sur un jeu de données de 15 735 broutards charolais appartenant à 740 lots différents mis en place en 2014 et 2015 par le groupement Ter'Elevage. La distance de transport était associée négativement au GMQ (-11 g/j pour 120 km supplémentaires parcourus), tandis que l'homogénéité de poids n'avait aucun effet. De plus, le poids moyen du lot et la proportion d'animaux vaccinés contre les maladies respiratoires avant dans le lot étaient positivement associées au GMQ. Dans la présente étude, la distance de transport des bovins a été identifiée comme impactant fortement les performances de croissance et est un facteur sur lequel la filière peut agir, c'est pourquoi nous avons développé un algorithme d'optimisation des distances de transport. Cet algorithme vise à minimiser les distances de transport des broutards sans modifier leur lot, origine ou destination, mais en sélectionnant le centre de tri par lequel ils transitent. Nous avons testé l'efficacité de cet algorithme avec un jeu de données de 129 756 broutards mis en place dans 9 383 lots par Ter'Elevage dans 13 centres de tri distincts entre 2010 et 2018. Les résultats montrent une diminution des distances de transport de 29 km par bovin en moyenne, et de 84 km par bovin pour les trajets de plus de 300km. De plus, la répartition des broutards entre les centres de tri recommandés par l'algorithme diffère sensiblement de la répartition réelle, révélant ainsi l'utilité relative de chaque centre de tri pour réduire les distances de transport. Cette étude montre qu'il serait donc possible pour la filière jeunes bovins français de repenser les critères de constitution des lots notamment à l'aide d'outils d'aide à la décision tel que l'algorithme développé dans cette étude pour améliorer le bien-être, la santé et les performances des animaux.

Why and how should we rethink the practice of sorting weaned calves for fattening?

MOREL-JOURNEL T. (1), HERVE L. (2), ASSIE S. (1), MERCIER J.-B. (2), VERGU E. (3), EZANNO P. (1), BAREILLE N. (1)

(1) BIOEPAR, INRAE, Oniris, 44307, Nantes, France

SUMMARY

After being weaned, beef calves are transported to sorting centres, and grouped into batches of similar live weight for fattening. This practice aims to facilitate the feeding of young cattle and is expected to improve and homogenize their growth performance. However, it also leads to other practices affecting the welfare, health and performance of weaned calves. This study was carried out to identify such practices and quantify their impact on young bulls' performance during the fattening period. The impact of batch characteristics on the growth and performance of young bulls indicated by their average daily gain (ADG) and fattening period duration was analysed using a dataset of 15,735 Charolais young bulls belonging to 740 different batches operated by the beef producers' organization Ter'Elevage in 2014 and 2015. The transportation distance of the calves was negatively correlated with ADG (-11 g/d for each additional 120 km travelled), while weight homogeneity had no effect. Besides, the average weight in the batch and the proportion of animals vaccinated for bovine respiratory disease before batch creation were positively correlated with ADG. In the present study, the transportation distance was identified as an important factor affecting young bulls' performance and is a factor on which it is possible to act. That is why we then developed an algorithm to minimize the transportation distance, without modifying the batch, the origin or the fattening farm of destination of young bulls but by selecting the sorting centre they should go through. We tested the efficiency of the algorithm using a dataset of 129,756 grazers sorted by Ter'Elevage into 9,383 batches via 13 different sorting centres between 2010 and 2018. The results showed a decrease in transportation distances of 29 km per calf on average, and 84 km per calf transported over more than 300km. In addition, the distribution of calves across sorting centres recommended by the algorithm differs significantly from the actual distribution, showing the relative usefulness of each sorting centre to reduce transportation distances. This study shows that it is possible for the beef cattle sector to reconsider which criteria should be used for batch constitution in particular thanks to decision support tools such as the present algorithm to improve the animal welfare, health and performance.

INTRODUCTION

La filière des jeunes bovins de boucherie en France est majoritairement structurée autour de deux types d'acteurs. D'une part, les naisseurs élèvent les veaux sous la mère jusqu'à l'âge de cinq à dix mois. D'autre part, les engraisseurs achètent ces veaux une fois sevrés, et les engraisent jusqu'à l'abattage (Poizat *et al.*, 2019). Ces deux types d'acteurs ne se situent pas nécessairement dans les mêmes zones géographiques. Les élevages naisseurs sont particulièrement présents dans des zones rurales telles que le centre de la France, tandis que les élevages engraisseurs sont principalement situés dans des zones d'agriculture plus intensive, par exemple le nord-ouest de la France. Cette organisation de la filière implique le transport des animaux entre ces différents acteurs. Afin de gérer le transport et faciliter l'adéquation entre l'offre et la demande, les naisseurs et engraisseurs peuvent faire appel à des intermédiaires tels que des coopératives. Celles-ci achètent de nombreux animaux à de multiples élevages naisseurs, afin de constituer des lots dans des centres de tri pour ensuite les vendre et les mettre place chez des engraisseurs. Les coopératives sont impliquées dans plus de la moitié des transferts de broutards effectués en France (Malpel *et al.*, 2012).

Le principal critère considéré lors de la constitution des lots est le poids vif des animaux : les animaux de poids vifs similaires sont regroupés dans les mêmes lots. Cette pratique correspond à une demande de la majorité des engraisseurs, pour faciliter la conduite des animaux pendant l'engraissement et améliorer leurs performances de croissance. Cependant, ce critère est remis en cause par Mounier *et al.* (2005), qui ont montré que regrouper des jeunes bovins de poids vifs similaires au début de l'engraissement ne garantit pas de meilleures performances et semble être délétère pour le bien-être des animaux. Cette organisation de la filière engendre par ailleurs d'autres pratiques pouvant potentiellement altérer le bien-être, la santé et les performances de croissance des jeunes bovins. Premièrement, les animaux sont généralement transférés, parfois sur de longues distances, pour constituer les lots dans des centres de tri. Cette pratique est une source de stress pour les jeunes bovins (Van Engen et Coetzee, 2018). Elle affecte également leur santé, notamment en augmentant le risque de transmission des pathogènes (Chirase *et al.*, 2004 ; Sanderson *et al.*, 2008 ; Cernicchiaro *et al.*, 2012), ce qui peut, in fine, mener à des performances de croissance dégradées (Schwartzkopf-Genswein *et al.*, 2007 ; Cernicchiaro *et al.*, 2012). Les jeunes bovins sont en effet particulièrement nombreux à développer des maladies respiratoires de type bronchopneumonies dans les semaines de l'engraissement qui suivent leur transport (Assié *et al.*, 2009), symptômes dont l'incidence a été corrélée à la distance de transport effectué (Knowles, 1999 ; Mackenzie *et al.*, 1997, Early *et al.*, 2017). Ces syndromes respiratoires ont de plus un impact négatif sur la performance des jeunes bovins à l'engraissement (Smith, 1998). Deuxièmement, le mélange d'animaux de différents âges, parfois de différentes races et provenant de différents élevages naisseurs augmente aussi le risque de développer les maladies respiratoires (Sanderson *et al.*, 2008 ; Step *et al.*, 2008). Au contraire, des pratiques incluses dans des programmes de prévention avant la vente sont connues pour réduire le stress et améliorer la santé des jeunes bovins et donc améliorer leurs performances de croissance (Thrift et Thrift, 2011). Parmi ces pratiques, la vaccination contre les agents responsables des bronchopneumonies avant le sevrage permet notamment le développement de l'immunité avant la période à fort risque d'exposition aux pathogènes que représente le transport et le passage au centre de tri. Cette pratique n'est cependant pas répandue et rarement prise en compte lors de la constitution des lots (Poizat, 2018).

Beaucoup de ces connaissances ont été acquises dans les systèmes d'élevage nord-américains (feedlots) ; l'exposition plus modérée des bovins à ces facteurs de risque en France pourrait conduire à une modulation de ces conclusions.

L'objectif de cette étude était d'identifier dans le contexte de production français, les facteurs liés à la mise en lot affectant les performances de croissance des jeunes bovins à l'engrais et de quantifier leur impact puis de développer un outil permettant de minimiser l'impact de l'un de ces facteurs. Pour cela, nous avons tout d'abord réalisé une étude épidémiologique afin d'améliorer les connaissances concernant les effets de chaque caractéristique des lots sur les performances de croissance et d'identifier les caractéristiques bénéfiques et délétères. Ensuite, nous avons développé un algorithme visant à optimiser un des facteurs identifiés – la distance de transport des broutards – en choisissant le centre de tri dans lequel ils transitent afin d'obtenir la plus courte distance de transport possible.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. EFFET DE LA MISE EN LOT SUR LES PERFORMANCES DE CROISSANCE DES JEUNES BOVINS

Nous avons réalisé une étude épidémiologique à partir des données de 15 735 jeunes bovins Charolais mis en place dans 740 lots dans des élevages engraisseurs du groupement Ter'Elevage en 2014 et 2015. Pour répondre à la demande des engraisseurs, les lots sont généralement formés de manière à avoir des animaux les plus homogènes possibles en terme de poids vif. Certains animaux de la population étudiée (8,3 %) ont été vaccinés chez le naisseur avant le sevrage avec un vaccin dirigé contre différents agents responsables des bronchopneumonies (Rispoval® RS, Rispoval® RS-BVD ou Rispoval® 3, Zoetis ou Bovilis® Bovigrip, MSD Animal Health) et ont reçu le rappel au centre de tri. Les données disponibles pour ces animaux concernaient la période d'élevage chez le naisseur, la constitution des lots dans les centres de tri et la période d'engraissement.

A partir de ces données, nous avons obtenu les caractéristiques de lot auquel appartenait chaque jeune bovin :

- Le nombre d'animaux constituant le lot
- Le poids vif et l'âge moyen des animaux
- Les coefficients de variation du poids vif et de l'âge des animaux au sein du lot
- Le taux de mélange, défini comme le quotient entre le nombre d'élevages naisseurs ayant fourni les animaux du lot et le nombre d'animaux dans le lot
- La distance de transport moyenne des animaux du lot
- La présence ou non d'autres races que des Charolais dans le lot
- Le pourcentage d'animaux vaccinés contre les bronchopneumonies avant le sevrage dans le lot :]0-13 %],]13-50 %] ou]50-100 %] d'animaux vaccinés
- La saison de mise en place
- L'année de mise en place

Nous avons également obtenu deux indicateurs des performances de croissance des jeunes bovins : le gain moyen quotidien (GMQ) pendant la période d'engraissement et la durée de cette période d'engraissement.

Nous avons étudié l'effet des caractéristiques de lots sur les performances de croissance des bovins grâce à des modèles linéaires mixtes. Pour chaque variable à expliquer (GMQ et durée de la période d'engraissement), le modèle comprenait les caractéristiques de lot en variables explicatives (à l'exception de l'âge moyen en raison de sa colinéarité avec le poids moyen). Une interaction entre la saison et l'année de mise en place a été incluse dans les modèles. L'interaction entre le pourcentage d'animaux vaccinés et la saison de mise

en place a été testée mais n'affectait pas significativement les performances de croissance et n'a donc pas été conservée dans les modèles finaux. Enfin, l'élevage engraisseur a été considéré dans les modèles comme effet aléatoire, afin de tenir compte des différences dans leurs pratiques d'élevage. Les analyses ont été réalisées grâce au package lme4 (Bates *et al.*, 2020) du logiciel R (R Core team, 2020).

1.2. CALCUL DE DISTANCES DE TRANSPORT

Nous avons estimé des distances de transport parcourus par les broutards à partir d'une base de données fournie par Ter'Elevage, recensant 129 756 trajets effectués entre 2010 et 2018. La base contenait les informations suivantes : la race des broutards, le lot dans lequel ils ont été mis en place, l'élevage naisseur dont ils provenaient, le premier centre de tri par lequel ils sont passés, l'élevage engraisseur où ils ont été envoyés, leur date de départ de l'élevage naisseur et leur date d'arrivée dans l'élevage engraisseur. Sur toute la base de données, nous avons identifié 9 383 lots, 3 675 élevages naisseurs, 1 028 élevages engraisseurs et 13 centres de tri. Les centres de tri sont ici numérotés de 1 à 13, par ordre croissant du nombre de broutards reçus d'après la base de données.

La première étape pour calculer les distances de transport était de reconstituer les itinéraires complets des broutards, qui étaient constitués de trajets successifs : un premier entre l'élevage naisseur et le premier centre de tri, potentiellement entre centres de tri, et un dernier entre le dernier centre de tri et l'élevage engraisseur. Nous avons pu déduire le premier trajet de la base de données, qui renseigne le premier centre de tri par lequel chaque broutard est passé, mais les autres trajets ont dû être inférés. Pour cela, nous avons fait deux hypothèses : (i) les broutards d'un même lot avaient tous le même dernier centre de tri et (ii) les trajets parcourus étaient les plus courts possibles. Partant de ces hypothèses, nous avons rencontré deux cas de figure. 87% des lots étaient composés de broutards ayant le même premier centre de tri. Dans ce cas, nous avons supposé qu'ils n'étaient passés que par ce centre de tri. Leur itinéraire était donc de l'élevage naisseur vers le premier centre de tri vers l'élevage engraisseur. Les 13% de lots restants étaient composés de broutards initialement envoyés dans des centres de tri différents. Dans ce cas, nous avons identifié le centre de tri vers lequel avaient été envoyés le plus de broutards du lot, et supposé que les broutards initialement envoyés dans d'autres centres avaient été transférés vers celui-ci.

L'itinéraire de ces derniers était donc de l'élevage naisseur vers le premier centre de tri vers le deuxième centre de tri vers l'élevage engraisseur.

La deuxième étape était de calculer la distance totale parcourue par chaque broutard à partir des itinéraires. Pour cela, nous avons d'abord localisé chacun des lieux considérés dans la base de données (élevage naisseur, centre de tri ou élevage engraisseur). Nous avons associé chaque lieu à un couple de coordonnées géographiques, basé sur la commune dans laquelle il se trouvait. Ensuite, nous avons calculé les distances à vol d'oiseau entre des lieux A et B (notée $dist_{A,B}$) en utilisant la formule suivante : $dist_{A,B} = R * \cos(\sin(\alpha_A) * \sin(\alpha_B) + \cos(\alpha_A) * \cos(\alpha_B) * \cos(\theta_A * \theta_B))$, avec R le rayon terrestre (en km), α_A et α_B les latitudes respectives des points A et B (en radians) et θ_A et θ_B leurs longitudes respectives (en radians). Les rapports entre deux itinéraires étaient représentatifs des rapports entre les distances routières correspondantes, car ces distances à vol d'oiseau correspondaient à une proportion stable (de 77,3%, intervalle de confiance 95% : [0,65 ; 0,87]) des distances roulées dans la zone concernée par la base de données. Les distances totales ont été ensuite calculées comme la somme algébrique des distances entre tous les lieux par lesquels les broutards sont passés au long de leur itinéraire.

1.3. PRESENTATION DE L'ALGORITHME D'OPTIMISATION DES DISTANCES DE TRANSPORT

L'algorithme que nous avons développé a pour but de sélectionner le centre de tri dans lequel chaque broutard devrait être envoyé afin à minimiser sa distance de transport. Pour fonctionner, il utilise une liste de broutards à mettre en place et à envoyer dans des élevages engraisseurs et une liste des centres de tri disponibles, selon leur remplissage et leur capacité maximale. Cette capacité maximale, définie pour chaque année considérée, fixe une limite au nombre de broutards qui peuvent être présents simultanément dans un centre de tri.

L'algorithme fonctionne de manière chronologique, en assignant les broutards par ordre de date de trajet de l'élevage naisseur au premier centre de tri. Pour chaque jour considéré, il identifie le centre de tri optimal où envoyer chaque broutard en deux étapes : (i) l'identification des centres de tri disponibles et (ii) la sélection du centre de tri optimal. Un centre de tri est considéré comme disponible si, au moment de l'assignation du broutard, le nombre d'individus déjà présents dans le centre de tri (le remplissage du centre) est inférieure à sa capacité maximale. Pour sélectionner le centre de tri optimal, l'algorithme calcule les distances de transport totales (DT) pour le lot de l'animal s'il passait par un centre de tri donné. La DT pour un lot et un centre de tri est calculée comme la somme des distances de transport de tous les animaux du lot si leur itinéraire était de l'élevage naisseur vers ce centre de tri puis vers l'élevage engraisseur. Le centre sélectionné est le centre disponible pour lequel la DT est minimale pour le lot donné. Lorsque des broutards de lots différents doivent être assignés le même jour, l'algorithme privilégie systématiquement les broutards pour lesquels la différence entre la DT la plus faible et la seconde DT la plus faible est la plus importante. En d'autres termes, l'algorithme privilégie les lots dont la DT augmenterait le plus si le centre optimal n'était plus disponible. Lorsque tous les broutards ont été assignés pour une journée donnée, l'algorithme soustrait des remplissages des centres le nombre de broutards supposés quitter le centre de tri ce jour-ci pour partir à l'engraissement.

Afin de tester l'efficacité de l'algorithme pour diminuer les distances de transport des broutards, nous l'avons utilisé pour réassigner les broutards de la base de données fournie par Ter'Elevage, pour laquelle nous avons déjà calculé les distances de transport réelles. Ainsi, nous avons pu comparer les distances originales (calculées à partir de la base de données) et les distances optimisées (celles qu'auraient traversé les broutards si l'assignation avait été réalisée par l'algorithme).

2. RESULTATS

2.1. LES CARACTERISTIQUES DES LOTS INFLUENT SUR LES PERFORMANCES DE CROISSANCE DES JEUNES BOVINS EN ENGRAISSEMENT

Certaines caractéristiques des lots avaient un effet positif sur les performances de croissance des jeunes bovins alors que d'autres les impactaient négativement. Le poids moyen du lot était associé positivement au GMQ et négativement à la durée d'engraissement (+35 g/j d'engraissement et -37.9 j respectivement, pour une augmentation de 50 kg, $p < 0.001$), tandis que l'augmentation du coefficient de variation d'âge des animaux au sein d'un lot diminuait la durée de l'engraissement (-1,0 j pour une augmentation du coefficient de variation de 5%, $p = 0,03$). De plus, les animaux appartenant à un lot ne comprenant que des Charolais avaient un GMQ plus élevé (+22 g/j, $p < 0,001$) et une durée d'engraissement plus courte (-4 j, $p < 0,001$). La saison de mise en place avait aussi un effet, les animaux mis en place au printemps ayant un GMQ plus élevé et une durée d'engraissement plus courte (+39 g/j et -11,7 j par rapport à ceux mis en place en automne, respectivement). Enfin, l'augmentation de la proportion d'animaux vaccinés contre les bronchopneumonies dans le lot augmentait le GMQ des

animaux (+13 g/j, +15 g/j et +28 g/j respectivement, pour des lots composés de]0 ; 13%],]13 ; 50%] et]50 ; 100%] d'animaux vaccinés, par rapport à des lots sans animal vacciné, $p < 0,05$), et diminuait la durée de leur période d'engraissement ($p < 0,05$). Au contraire, la distance de transport avait un impact négatif sur le GMQ et augmentait la durée de l'engraissement (-11 g/j d'engraissement et +1,6 j respectivement pour une augmentation de 120 km). Enfin, Le coefficient de variation du poids des animaux au sein du lot, le taux de mélange et le nombre d'animaux constituant le lot n'avaient pas d'effet sur les performances de croissance des jeunes bovins en engraissement.

2.2. L'ALGORITHME PERMET D'OPTIMISER LES DISTANCES DE TRANSPORTS DES JEUNES BOVINS

Les résultats comparant les distances de transport originales des broutards selon la base de données et des distances de transport optimisées par l'algorithme sont présentées dans le Tableau 1.

En moyenne, nous avons observé une différence de 29 km entre la distance moyenne de transport originale des broutards et la distance moyenne optimisée, soit une diminution de 13,3%. Cependant, nous avons également observé des différences importantes entre des trajets dits « à courte distance » (de moins de 300 km au total) et des trajets dits « à longue distance » (de plus de 300 km). Un premier impact de l'algorithme était d'augmenter légèrement la proportion de trajets à courte distance, et donc réduire d'autant la proportion de trajets à longue distance (diminution de 0,7% de tous les trajets, de 23,8% des trajets à longue distance). Cependant, l'impact le plus important était de réduire la distance moyenne des trajets à longue distance, de 19,5%. L'algorithme diminuait aussi la distance moyenne des trajets « courte distance » dans une moindre mesure (de 2,6%).

Un autre impact de l'algorithme, en plus de son impact sur les distances de transport des broutards, était de modifier la répartition des broutards entre les centres de tri. Ces résultats sont présentés dans la Figure 1. En effet, malgré la contrainte de respect des capacités maximales des centres, l'algorithme a modifié les proportions de la totalité des broutards envoyés dans les 13 centres de tri. Les deux changements les plus notables étaient : (i) l'augmentation du nombre de broutards envoyés dans les plus petits centres de tri et (ii) la réduction drastique du nombre d'individus envoyés dans le centre de tri 12, qui était initialement parmi ceux recevant le plus d'animaux. L'augmentation du nombre de broutards envoyés dans les plus petits centres montraient que leur impact potentiel sur les distances de transport n'est pas à négliger. Bien qu'ils n'aient pas pu recevoir un grand nombre de broutards à la fois, l'algorithme est parvenu à les utiliser de manière plus intensive, afin de minimiser les distances de transport. La très forte diminution du nombre de broutards envoyés dans le centre 12 était cohérente avec l'impact de l'algorithme prépondérant sur les trajets de longue distance observés auparavant. En effet, d'après la base de données de Ter'Elevage, ce centre de tri regroupait une majorité des trajets de plus de 300 km (59,9%) et la quasi-totalité des trajets passant par ce centre de tri étaient des trajets à longue distance (96,8%). L'algorithme était parvenu

	Données historiques	Données optimisées
Distance moyenne de transport	218 km	189 km
Proportion de trajets à longue distance (> 300 km)	0,295	0,225
Distance moyenne des trajets à courte distance (< 300 km)	132,2 km	128,7 km
Distance moyenne des trajets à longue distance (> 300 km)	431,5 km	347,5 km

Tableau 1 Comparaison des distributions des distances de trajets historiques (selon la répartition fournie par la base de données) et optimisées (selon l'algorithme)

à diminuer le nombre et la distance des trajets à longue distance en diminuant le nombre de broutards envoyés dans le centre de tri 12.

3. DISCUSSION

Notre étude épidémiologique a permis de mettre en évidence les caractéristiques de lot bénéfiques et délétères pour les performances de croissance des jeunes bovins en engraissement. Elles sont en accord avec les connaissances acquises en systèmes d'élevage nord-américains.

Actuellement, le principal critère pris en compte pour la constitution des lots est le poids vif, l'objectif étant de faire des lots d'animaux les plus homogènes possibles en terme de poids vif. Ce choix est basé sur le fait que former des groupes de poids homogènes au début de l'engraissement permettrait, en plus de faciliter la conduite des animaux, d'améliorer leurs performances de croissance. Or, dans notre étude, le coefficient de variation du poids au sein des lots n'a pas eu d'effet sur les performances de croissance des animaux. Ce résultat est en accord avec une précédente étude dans laquelle des animaux engraisés dans les lots de poids homogènes avaient un GMQ similaire à des animaux engraisés dans des lots de poids hétérogènes (Mounier *et al.*, 2005). Cela remet en cause le bénéfice supposé de former des lots homogènes en début d'engraissement qui engendre d'autres pratiques potentiellement délétères pour les performances de croissance des bovins. La première est le mélange par les coopératives d'individus provenant de différents élevages naisseurs pour former ces lots homogènes en poids. Nous n'avons pas mis en évidence dans cette étude d'impact du taux de mélange sur les performances de croissance, mais un effet délétère du mélange a été identifié par d'autres études (Mounier *et al.*, 2006 ; Step *et al.*, 2008). La deuxième est le transport d'animaux potentiellement sur de longues distances, qui a précédemment été mis en évidence comme un facteur impactant négativement les performances de croissance des jeunes bovins dans les systèmes nord-américains et australiens (Ribble *et al.*, 1995 ; Cernicchiaro *et al.*, 2012). Dans ces pays, les animaux sont transportés sur de très longues distances pouvant atteindre jusqu'à 1300 km. Cependant, les effets négatifs du transport sont significatifs à

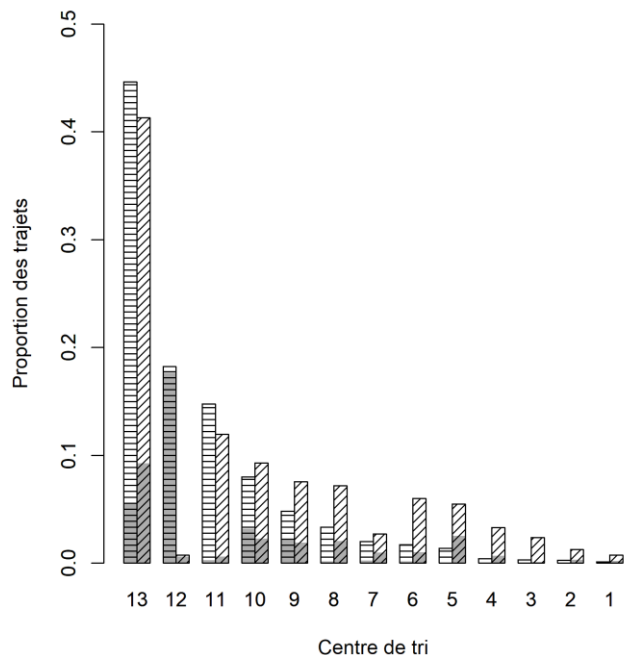


Figure 1 Proportion de la totalité des trajets et des trajets à longue distance (de plus de 300 km, foncé) passant par chaque centre de tri (numérotés de 1 à 13), pour les données historiques (hachures horizontales) et les données optimisées (hachures obliques).

partir de 250 km parcourus (Cernicchiaro *et al.*, 2012). Dans notre étude et dans le système de production français en général, les animaux sont transportés sur de plus courtes distances (entre 15 et 659 km dans notre étude) mais nous avons montré que ces distances, même plus courtes avaient un impact sur les performances de croissance des bovins. En effet, plus la distance moyenne de transport des animaux au sein d'un lot était importante, moins le GMQ de ces animaux était élevé et plus leur période d'engraissement était longue. Le transport étant reconnu comme un facteur de risque de développement de bronchopneumonies (Sanderson *et al.*, 2008 ; Hay *et al.*, 2014), cette perte de performance de croissance avec l'augmentation de la distance moyenne de transport des animaux observée dans notre étude pourrait être liée à une augmentation du risque de développer des bronchopneumonies. Cette conclusion a motivé le développement d'un outil permettant de limiter les distances de transport des animaux.

Notre analyse met de plus en évidence l'impact d'autres facteurs sur la performance des jeunes bovins. Ainsi, comme précédemment observé dans une étude réalisée dans des élevages commerciaux français (Mounaix *et al.*, 2018), nous avons confirmé que la vaccination des veaux contre les bronchopneumonies avant le sevrage améliorerait leurs performances de croissance : plus la proportion d'animaux vaccinés dans le lot était élevée, plus le GMQ était élevé. La saison de mise en place et le poids moyen des animaux au sein du lot influait aussi sur les performances de croissance, les meilleures performances étant observées pour les animaux appartenant à des lots mis en place au printemps et présentant un poids moyen plus important. L'amélioration des performances de croissance avec ces caractéristiques de lot peut être associée à un moindre risque de développer des bronchopneumonies (Sanderson *et al.*, 2008; Cernicchiaro *et al.*, 2012 ; Hay *et al.*, 2016). Les coopératives pourraient donc prendre en compte des critères lors de la constitution des lots de jeunes bovins afin d'améliorer les performances de croissance des animaux en engraissement.

Le test de notre algorithme sur des données réelles nous a permis de confirmer qu'il était possible de minimiser l'un des facteurs identifiés dans notre étude épidémiologique comme particulièrement délétère pour les performances en engraissement. Nous avons ainsi pu identifier des améliorations possibles dans les transferts de broutards effectués par Ter'Elevage, particulièrement pour minimiser les itinéraires les plus longs, ce qui est cohérent avec le fait que les trajets de longue distance sont ceux pour lesquels la marge d'amélioration est a priori la plus importante. Nous pouvons aisément envisager qu'un tel algorithme soit à l'avenir intégré dans l'ensemble des outils d'aide à la décision à disposition des coopératives, pour faciliter la répartition des broutards dans les différents centres de tri. Par ailleurs, l'algorithme pourrait aussi aider les coopératives à estimer la pertinence de la localisation des centres de tri pour minimiser les distances de transport des broutards. Les sorties de l'algorithme soulignent par exemple que la localisation du centre 12 n'est pas optimale, bien qu'il soit un des plus utilisés (à noter qu'il n'était plus en activité dans les dernières années couvertes par la base de données). Inversement, les centres de petite taille sont utilisés par l'algorithme, indiquant ainsi leur placement plus intéressant pour la diminution des distances de transport. Ce résultat suggère une deuxième utilisation de l'algorithme, pour une gestion à plus long terme de la capacité des centres de tri. Réaliser une optimisation avec un centre potentiel ou sans un centre existant pourrait ainsi guider une coopérative cherchant à étendre ou réduire son activité. Bien que la localisation et la taille des centres de tri dépende d'un grand nombre de facteurs, nombreux indépendants de la question de la distance de transport, de telles informations pourraient également aider à la prise de décision à un niveau plus global.

Le fonctionnement de l'algorithme repose sur deux contraintes majeures à prendre en compte. Premièrement, il

est nécessaire de définir la composition des lots de broutards avant qu'ils soient envoyés en centre de tri, afin de calculer la distance totale de transport des animaux. Obtenir une telle information à l'avance peut s'avérer compliqué, en particulier si l'homogénéité de poids reste le critère principal pour la composition des lots. Cependant, nous avons vu qu'elle ne semble pas avoir de réel impact sur la performance en engraissement. Envisager d'autres critères pouvant être définis a priori, tels que le mélange d'origine des jeunes bovins, permettrait d'utiliser un tel algorithme, minimisant un facteur dont l'effet délétère est clairement identifié. La deuxième contrainte majeure de l'algorithme est de modifier uniquement le centre de tri par lequel passent les broutards. Il serait possible d'envisager d'autres modifications des itinéraires pour réduire encore les distances de transport, bien que leur réel impact reste à évaluer. Une première approche serait de favoriser les transferts directs de l'élevage naisseur à l'élevage engraisseur. Ce type de trajets, qui seraient par définition les plus courts, représentent 5% des trajets recensés entre 2010 et 2018 effectués par Ter'Elevage (qui n'ont pas été pris en compte pour l'optimisation). Il serait donc possible d'augmenter leur proportion, tout en laissant aux coopératives la gestion du transfert en lui-même. Une deuxième possibilité serait d'utiliser le critère de distance de transport dans la composition des lots eux-mêmes. Le gain supplémentaire d'un tel algorithme est cependant incertain, pour deux raisons. Premièrement, la composition des lots dépend déjà d'un grand nombre de critères, dont certains (tels que la race des broutards) resteront privilégiés par les coopératives et les engraisseurs par rapport aux distances de transport. Deuxièmement, les différences de bassins géographiques entre les élevages naisseurs et engraisseurs impliquent toujours une distance irréductible de transport.

CONCLUSION

La mise en lot des jeunes bovins dans des centres de tri est reconnue comme une période stressante pour les animaux pouvant nuire à leur bien-être, leur santé et leurs performances ultérieures. Dans cette étude, nous avons cherché traiter cette question de façon globale en quantifiant l'impact des critères de mise en lot sur les performances pour mettre en évidence les caractéristiques bénéfiques et délétères puis en développant un outil d'aide à la décision permettant de limiter l'impact de l'un des facteurs identifiés comme délétère. Grâce à une étude épidémiologique sur une base de données de plus de 15 000 jeunes bovins, nous avons non seulement identifié les facteurs affectant leurs performances en engraissement, mais aussi quantifié leur impact. Nos résultats remettent en cause la pertinence du critère d'homogénéité de poids au sein d'un lot, et suggèrent d'autres aspects, actuellement pas ou peu pris en compte lors de la constitution des lots, tels que la distance parcourue par les broutards, le poids moyen dans le lot ou le statut vaccinal des animaux, pour lesquels nous avons observé un impact non négligeable sur les performances. Grâce à l'algorithme développé dans notre étude, nous avons également montré qu'il était possible de cibler un facteur identifié comme impactant les performances de croissance des animaux, à savoir la distance de transport, en changeant uniquement le centre de tri dans lequel les bovins étaient envoyés pour constituer les lots. Ces résultats soulignent la possibilité pour la filière jeunes bovins française de reconsidérer les critères retenus pour la constitution des lots et la pertinence de l'utilisation d'outils d'aide à la décision dans un but d'amélioration du bien-être, de la santé et des performances des jeunes bovins.

Les auteurs remercient le groupement Ter'Elevage (Mesanger, France) d'avoir accepté de fournir les données nécessaires à la réalisation de cette étude. Les auteurs remercient aussi Anne Lehébel (INRAE, UMR BIOEPAR) et

Virginie Le Cras (Terrena Innovation) pour leur aide lors de la réalisation des analyses statistiques. Cette étude a reçu le soutien financier du Programme Pour et Sur le Développement régional (PSDR Grand Ouest) SANT'Innov et du projet ANR-368 16-CE32-0007 CADENCE.

- Assié, S., Seegers, H., Makoschey, B., Désiré-Bousquie, L., Bareille, N., 2009. *Vet. Rec.*, 165(7), 195-199.
- Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., Walker, S., 2014. *R package ver. 1*, 1–23.
- Cernicchiaro, N., White, B. J., Renter, D. G., Babcock, A. H., Kelly, L., Slattery, R., 2012. *J. Anim. Sci.*, 90(6), 1929-1939.
- Chirase, N. K., Greene, L. W., Purdy, C. W., Loan, R. W., Auvermann, B. W., Parker, D. B., Walborg E. F., Stevenson, D. E., Xu, Y., Klaunig, J. E., 2004. *Am. J. Vet. Res.*, 65(6), 860-864.
- Earley, B., Sporer, K. B., & Gupta, S., 2017. *Animal*, 11(3), 486-492.
- Hay, K. E., Barnes, T. S., Morton, J. M., Clements, A. C. A., Mahony, T. J., 2014. *Prev. Vet. Med.*, 117(1), 160-169.
- Hay, K.E., Morton, J.M., Mahony, T.J., Clements, A.C.A., Barnes, T.S., 2016. *Prev. Vet. Med.* 125, 66–74.
- Knowles, G., 1999. *Vet. Rec.* 144, 197–201.
- Mackenzie, A., Drennan, M., Rowan, T., Dixon, J., Carter, S., 1997. *Res. Vet. Sci.* 63, 227–230.
- Malpel, G. P., Cointat, A., Foullade, P., Devos, P., & Amanda, F., 2012 Rapport. Paris, Conseil général de l'alimentation, de l'agriculture et des espace ruraux, CGAAER, 11104.
- Mounaix, B., Brun-lafleur, L., Assie, S., Jozan, T., 2018. *Renc. Rech. Ruminants*, 24, 319-322.
- Mounier, L., Veissier, I., Boissy, A., 2005. *J. Anim. Sci.* 83, 1696–1704.
- Mounier, L., Veissier, I., Andanson, S., Delval, E., Boissy, A., 2006. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 96, 185–200.
- Poizat, A., 2018. Thèse de doctorat. Nantes, Ecole nationale vétérinaire.
- Poizat, A., Duvaléix-Treguer, S., Rault A., Bonnet-Beaugrand, F., 2019. *Economie Rurale.* 368, 107–127
- R Core team, 2018. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Ribble, C.S., Meek, A.H., Shewen, P.E., Jim, G.K., Guichon, P.T., 1995. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 207, 612–615.
- Sanderson, M. W., Dargatz, D. A., Wagner, B. A., 2008. *Canadian Vet J.*, 49(4), 373–378.
- Schwartzkopf-Genswein, K. S., Booth-McLean, M. E., Shah, M. A., Entz, T., Bach, S. J., Mears, G. J., Schaefer, A. L., Cook, N., Church, J., McAllister, T. A., 2007. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 108(1-2), 12-30.
- Smith, R.A., 1998. *J. Anim. Sci.* 76, 272–274.
- Step, D. L., Krehbiel, C. R., DePra, H. A., Cranston, J. J., Fulton, R. W., Kirkpatrick, J. G., Gill, D. R., Payton, M. E., Montelongo, M. A., Confer, A. W., 2008. *J. Anim. Sci.*, 86(11), 3146-3158.
- Van Engen, N. K., & Coetzee, J. F., 2018. *Anim. Health Res. Rev.*, 19(2), 142-154.
- Thriff, F.A., Thriff, T.A., 2011. *Prof. Anim. Sci.* 27, 73–82.