



HAL
open science

Simulation de l'impact de la pratique de l'insémination sans hormones sur les performances et l'alimentation d'un troupeau ovin laitier

Ellen Laclef, Nathalie Debus, Patrick Taillandier, Philippe Hassoun, Sara Parisot, Eliel González García, Amandine Lurette

► To cite this version:

Ellen Laclef, Nathalie Debus, Patrick Taillandier, Philippe Hassoun, Sara Parisot, et al.. Simulation de l'impact de la pratique de l'insémination sans hormones sur les performances et l'alimentation d'un troupeau ovin laitier. Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants, Institut de l'Elevage - INRAE, Dec 2022, Paris, France. hal-04033343

HAL Id: hal-04033343

<https://hal.inrae.fr/hal-04033343v1>

Submitted on 17 Mar 2023

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.

Simulation de l'impact de la pratique de l'insémination sans hormones sur les performances et l'alimentation d'un troupeau ovin laitier

LACLEF E. (1), DEBUS N. (1), TAILLANDIER P. (2), HASSOUN P. (1), PARISOT S. (3), GONZALEZ-GARCIA E. (1), LURETTE A. (1)

(1) CIRAD, INRAE, Montpellier SupAgro, SELMET, 34000, Montpellier, France

(2) INRAE, Toulouse University, MIAT, 31326 Castanet Tolosan, France

(3) INRAE, La Fage, 12250 Saint Jean et Saint Paul, France

RESUME - En élevage ovin laitier (OVL), la gestion de la reproduction sans hormones de synchronisation des cycles ovariens est un levier à mobiliser pour répondre aux enjeux de l'agro-écologie et à l'évolution des demandes sociétales. Cependant, dans les grands bassins de production français, comme le Bassin Nord Occitanie (BNO), le développement d'alternatives aux traitements hormonaux de synchronisation (TH) tout en conservant la possibilité de faire de l'insémination artificielle (IA), est nécessaire pour pouvoir continuer à diffuser les schémas de sélection de manière efficace. L'effet mâle, qui consiste à mettre un bélier dans un groupe de femelles après un temps de séparation est une pratique alternative possible pour induire et synchroniser les chaleurs des brebis. Elle doit être accompagnée d'une détection précise des chaleurs pour permettre d'inséminer des brebis. L'utilisation de cette pratique alternative implique donc des changements au niveau de la conduite de la reproduction mais aussi potentiellement au niveau d'autres conduites associées comme la gestion de l'alimentation du troupeau. A ce jour, les conséquences sur le fonctionnement global du troupeau sont encore peu connues. L'objectif de cette étude est donc d'évaluer, à l'aide d'un simulateur informatique, des scénarios d'introduction de pratiques alternatives de la reproduction en élevages OVL et d'en évaluer les conséquences sur les performances du troupeau. Le modèle dynamique de troupeau OVL, REPROsheep, a donc été développé afin de représenter le fonctionnement d'un troupeau OVL en tenant compte de la variabilité individuelle de réponse à la méthode de synchronisation des chaleurs utilisée. Le modèle simule des sorties dynamiques : nombre quotidien d'agnelages, production laitière (PL) quotidienne du troupeau, besoins nutritionnels quotidiens en énergie et en protéines du troupeau, ainsi que des sorties annuelles : nombre total d'agnelages, PL totale, besoin énergétique et protéique sur l'année. A partir du fonctionnement de référence de la ferme expérimentale de la FAGE (n= 597 brebis Lacaune) où les brebis sont mises à la reproduction en été, six scénarios de gestion de la reproduction ont été simulés et comparés sur une campagne de production: un scénario avec TH+AI en juillet (*TardifEte*) qui correspond à la situation actuelle de la FAGE; un scénario avec TH+AI à la mi-mai (*Hâtif*) ; un scénario avec TH+AI en novembre (*TardifAutomne*) ; ainsi que leurs versions Sans Hormones (SH) (c'est-à-dire *SH-TardifEte*, *SH-Hâtif* et *SH-TardifAutomne* respectivement). Dans tous les scénarios SH, une réduction significative du nombre de brebis qui agnèlent et de la PL annuelle du troupeau (-1 à -7% ; P < 0.05) a été observée. Une diminution consécutive des besoins nutritionnels annuels du troupeau (-2 à -6% ; P < 0.05) a aussi été observée. Les scénarios SH ont également entraîné un étalement des agnelages qui a conduit à un décalage des pics de PL et, par conséquent, des besoins nutritionnels pendant la campagne de production. Le passage d'une gestion de la reproduction conventionnelle à une gestion de la reproduction sans hormones, tout en conservant la pratique de l'IA, impliquerait donc une augmentation de la charge de travail et un allongement de la période de traite programmée, ainsi qu'un réajustement de la gestion de l'alimentation du troupeau en fonction de la disponibilité des ressources alimentaires de l'exploitation.

Simulated impact of hormone-free insemination on the performance and feeding of a dairy sheep flock

LACLEF E. (1), DEBUS N. (1), TAILLANDIER P. (2), HASSOUN P. (1), PARISOT S. (3), GONZALEZ-GARCIA E. (1), LURETTE A. (1)

SUMMARY - In dairy sheep farming, reproductive management without ovarian cycle synchronization hormones is a lever to be mobilized to meet the challenges of agro-ecology and the evolution of societal demands. However, in the major French production basins, such as the Northern Occitania Basin (NOB), the development of alternatives to hormonal synchronization treatments (HT) while maintaining the possibility of artificial insemination (AI), is necessary to continue the dissemination of selection schemes efficiently. The male effect, which consists in putting a ram in a group of females after a time of separation, is a potential alternative technique to induce and synchronize heats in ewes. It must be accompanied by accurate heat detection to allow AI of the ewes. Therefore, the use of this alternative practice implies changes in the reproductive management but also potentially in other associated management practices such as the management of the flock's feed. However, the consequences on the global functioning of the flock are still not well known. The objective of this study is therefore to evaluate, with the help of a computer simulator, scenarios for the introduction of alternative reproductive practices in dairy sheep farms and to assess the consequences on flock performance. The dynamic model of a dairy sheep flock, REPROsheep, was therefore developed to represent the functioning of a dairy sheep flock by taking into account the individual variability of response to the heat synchronization method used. The model simulates dynamic outputs: daily number of ewes lambing, daily milk production of the flock, daily energy and protein requirements of the flock, as well as annual outputs: total number of ewes lambing, total milk production, energy and protein requirements for a production season. Based on the reference operation at *La FAGE* experimental farm (n= 597 Lacaune ewes) where the ewes are put to reproduction in summer, six scenarios of reproduction management were simulated and compared over a production campaign A scenario with HT+AI in mid-May (*Early*); a scenario with HT+AI in July (*LateSummer*) which corresponds to the current FAGE situation; a scenario with HT+AI in November (*LateAutumn*); as well as their Hormone-Free (HF) versions (i.e., *HF-Early*, *HF-LateSummer*, and *HF-LateAutumn* respectively). In all HF scenarios, a significant reduction in the number of ewes lambing and annual milk production of the flock (-1 to -7%; P < 0.05) was observed. A consequent decrease in the annual nutritional requirements of the flock (-2 to -6%; P < 0.05) was also observed. The HF scenarios also resulted in staggered lambing, which led to a shift in peak milk production and, consequently, in nutritional requirements during the production season. Transitioning from conventional to hormone-free reproduction management, while maintaining AI practice, would therefore involve an increase in workload and a lengthening of the scheduled milking period, as well as a readjustment of flock feeding management according to the availability of feed resources on the farm.

INTRODUCTION

Dans les élevages ovins laitiers (OVL) conventionnels français, les stratégies de reproduction dépendent généralement de l'utilisation de traitements hormonaux (TH) pour la synchronisation des chaleurs des brebis. Grâce à l'utilisation de ces TH, les éleveurs peuvent déclencher et grouper les périodes d'entrée en chaleurs à n'importe quel moment de l'année, ce qui permet un groupement des naissances par insémination artificielle (IA) ou monte naturelle et donc de grouper les périodes de production de lait et d'agneaux. Bien que très efficace le recours à ces TH doit aujourd'hui faire face à de nouvelles exigences de la société avec des consommateurs à la recherche de produits issus de systèmes d'élevage qui minimisent l'utilisation d'intrants tout en favorisant des pratiques respectueuses du bien-être des animaux (Pellicer-Rubio et al., 2019). L'effet mâle (EM), qui consiste à mettre un bélier dans un groupe de femelles après un temps de séparation est une pratique alternative possible pour induire et synchroniser les chaleurs des brebis en anoestrus (Thimonier et al., 2000). Elle doit être accompagnée d'une détection précise des chaleurs pour permettre l'IA des brebis puisque sans hormones, la survenue des chaleurs est moins synchronisée (Debus et al., 2019). Les performances de reproduction du troupeau dans un contexte sans hormones (SH) avec EM sont en effet soumises à une variabilité d'entrée en chaleur liée à la diversité des caractéristiques individuelles des brebis du troupeau telles que leur âge, leur note d'état corporelle (NEC) ou leur niveau de PL (Debus et al., 2022). Par ailleurs, l'introduction de cette nouvelle pratique de gestion de la reproduction implique d'autres modifications en cascade qui sont aujourd'hui mal connues et qu'il est nécessaire d'anticiper pour pouvoir envisager le développement de ce type d'alternatives en élevage. Une modification de la distribution des besoins nutritionnels du troupeau dans le temps peut par exemple en découler et conduire à une modification plus ou moins importante de la gestion de l'alimentation du troupeau.

Cette étude vise donc à construire un modèle de simulation de fonctionnement de troupeau OVL et à s'en servir pour simuler l'impact de l'introduction de la pratique de l'IA sans hormones sur les performances et sur les besoins en énergie et en protéines d'un troupeau OVL, au cours d'une campagne de production.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. DESCRIPTION GENERAL DU MODELE REPROSHEEP

Le modèle REPROsheep est un modèle dynamique et stochastique conçu pour simuler la dynamique de reproduction d'un troupeau OVL composé de brebis Lacaune lait. La méthode de modélisation dite « multi-agents » a été choisie pour la conception de ce modèle. Cette méthode propose de représenter chacune des entités qui composent le système modélisé afin de mieux simuler et comprendre les propriétés émergentes qui résultent des interactions entre les différentes entités de ce système mais aussi entre celles-ci et leur environnement (Bousquet et al., 2002). Le modèle REPROsheep présente ainsi deux principaux types d'agents (ou entités) : i) une entité décisionnelle humaine, l'éleveur ; et ii) des entités animales biotechniques : (individus, moutons), qui sont subdivisés en deux catégories : les brebis et les béliers. Il est composé de sous-modèles de gestion (pour modéliser les choix de gestion de l'éleveur) et de sous-modèles de processus biotechniques (pour modéliser les étapes biotechniques individuelles de la reproduction et de la lactation). Ainsi, nous avons pu représenter la variabilité de réponse à l'EM issue de la diversité de réponses à cette méthode de synchronisation au sein d'un troupeau donné.

Le modèle conceptuel de fonctionnement de troupeau développé a ensuite été implémenté sous le logiciel GAMA pour en faire un outil informatique permettant de simuler une saison de

reproduction suivie de sa période de PL avec un pas de temps de 12 heures. Chaque simulation commence le premier jour de la période de reproduction, au cours de l'année 'n', et se termine le lendemain de la fin de la traite, au cours de l'année 'n+1' afin de représenter une campagne de production. La succession des stades physiologiques au cours des processus de reproduction et de lactation lors d'une campagne de production ont ainsi été simulées. Puis, en s'appuyant sur les mises à jour des stades physiologiques des brebis à chaque pas de temps, un calcul quotidien des besoins en énergie nette (système UFL) et en protéines digestibles (système PDI) de chaque brebis a été intégré (sur la base des recommandations du système d'alimentation de l'INRAE ; Hassoun and Bocquier, 2010) pour estimer les besoins nutritionnels des brebis laitières.

1.2. REPRESENTATION DES PROCESSUS DE REPRODUCTION ET DE LACTATION DANS LE MODELE REPROSHEEP

Une représentation détaillée du processus individuel de reproduction a été faite de manière à tenir compte de la variabilité d'entrée en chaleur dans un contexte SH (Figure 1). La réponse individuelle des brebis à la méthode de synchronisation a notamment été représentée. Ainsi, avec TH, une probabilité fixe de succès de synchronisation détermine si la brebis est sexuellement réceptive (« en œstrus »). Au contraire, SH, la probabilité d'être en œstrus est déterminée par la probabilité qu'une brebis soit cyclique, P_C (c'est-à-dire qu'elle ovule spontanément et présente un œstrus) puis, si elle n'est pas cyclique, par la probabilité de répondre à l'EM, P_{REM} . La P_C définit diffère selon la saison de reproduction considérée. En effet, si la reproduction a lieu au printemps (i.e. en dehors de la saison de reproduction naturelle des brebis), la P_C est variable et est fonction de l'âge, de la NEC et du niveau de PL de chaque brebis tel que défini par Laclef et al. (2021) pour les brebis Lacaune. En revanche, si la reproduction a lieu en pleine saison de reproduction naturelle des brebis (i.e. l'automne), ou proche de celle-ci (i.e. l'été), la P_C est à un niveau élevé (Chanvallon et al., 2011) laissant moins de place à l'EM pour impacter la réponse reproductive des brebis et a donc été fixée (entre 0,8 et 1). Les passages (ou non) des brebis de l'état d'œstrus à l'état gestante puis à l'agnelage ont aussi été représentés en introduisant notamment des probabilités de succès à l'IA ($P_{Succes\ IA}$) ou à la lutte ($P_{Succes\ Lutte}$), d'avortement ($P_{avortement}$) et d'agnelage sans complication ($P_{agnelage}$) dont les valeurs sont fixées sur la base de données de la littérature et d'élevage disponibles. Le Tableau 1 présente les valeurs des différents paramètres utilisés dans le modèle pour représenter le processus de reproduction selon la période considérée et selon le type de synchronisation des chaleurs (avec ou sans TH).

Le processus de lactation a, quant à lui, été modélisé, en utilisant les équations prédictives des courbes individuelles de lactation des brebis Lacaune laitières proposées par Lagriffoul et al. (2003).

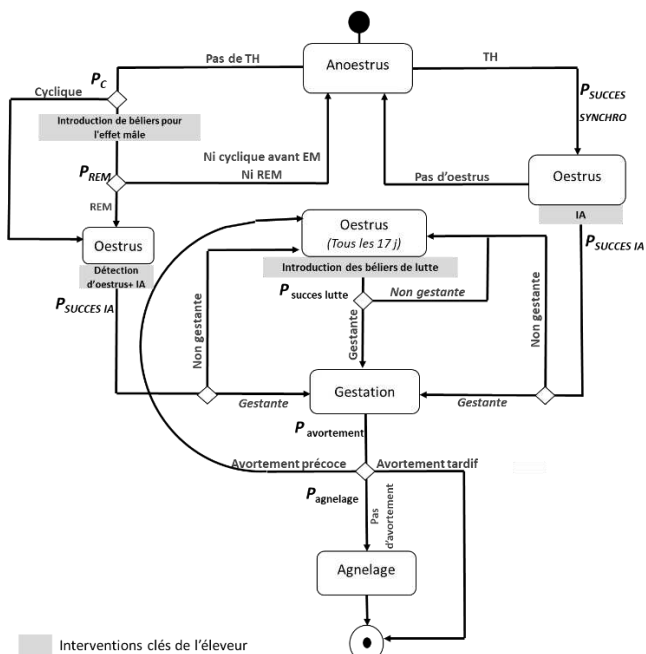


Figure 1. Etapes du processus individuel de reproduction modélisées dans REPROsheep. REM= Réponse à l'effet mâle ; TH=Traitement Hormonal.

1.3. SIMULATION DE SCENARIOS D'INTRODUCTION DE L'IA SANS HORMONES

1.3.1. Scénarios simulés

Partant des caractéristiques et de la stratégie de gestion du troupeau de la ferme expérimentale de *La Fage* pour une année type (11 béliers Lacaune, 160 agnelles de renouvellement et 437 brebis adultes), six scénarios différents de gestion de la reproduction du même troupeau (c'est-à-dire avec les mêmes individus, n= 597 femelles reproductrices) ont été construits. Un scénario de reproduction précoce avec TH puis IA à la mi-mai (*Hâtif*) ; un scénario de reproduction tardive avec TH puis IA en juillet (*TardifEte*) ; un scénario de reproduction tardive avec TH puis IA en novembre (*TardifAutomne*) ; ainsi que la version SH de ces trois scénarios (*SH-Hâtif*, *SH- TardifEte* et *SH-TardifAutomne*, respectivement). Ils différaient donc i) par l'utilisation (ou non) de TH pour synchroniser l'ovulation avant l'IA et ii) par leurs dates d'accouplement et donc les périodes de reproduction qui en découlent. Dans une démarche systémique, des scénarios plausibles de gestion de la reproduction SH ont été établis avec l'équipe de *La Fage* de manière à conserver la pratique de l'IA. Ainsi, les scénarios SH incluaient l'utilisation de l'EM pour induire et synchroniser l'oestrus dans le troupeau ainsi que l'IA uniquement sur le lot de brebis adultes. En effet, il a été démontré que les jeunes brebis répondent généralement mal à l'EM, principalement en raison du stress et du manque d'expérience sexuelle (Chanvallon et al., 2010). D'autre part, à *La Fage*, comme dans la plupart des élevages du Bassin Nord Occitanie (BNO) les agnelles gardées pour le renouvellement Des ANOVA à un facteur ont été réalisées pour étudier les effets des scénarios sur le nombre total d'agnelages, la production laitière totale du troupeau et les besoins nutritionnels totaux du

sont généralement les premières nées (donc issues du lot d'adultes). Enfin l'IA sans TH nécessite une détection des chaleurs qui s'accompagne d'une augmentation de la charge de travail de l'éleveur (Lurette et al., 2016). Ainsi l'IA du seul lot adulte permet un compromis entre conservation de l'IA et charge de travail. Les protocoles d'IA simulés différaient selon le contexte (avec ou sans TH ; Tableau 2).

| Paramètres | Valeurs | Sources |
|------------------------------|--|--|
| P_C | <i>Hiver/Printemps</i> : f (Age, PL, NEC, Intervalle) <i>Été</i> : 0,8 <i>Automne</i> : 1 | (Laclef et al., 2021) (Chanvallon et al., 2011) |
| P_{REM} | f(Age, PL, NEC) | (Laclef et al., 2021) |
| $P_{SUCCES SYNCHRO}$ | 1 | Expert |
| $P_{SUCCES Lutte}$ | 0,5 | Données de ferme (<i>La FAGE</i>) |
| $P_{SUCCES IA sur brebis}$ | 0,67 | |
| $P_{SUCCES IA sur agnelles}$ | <i>Avec TH</i> : 0,78 ; <i>Sans TH</i> : 0 | |
| $P_{avortement}$ | 0,003 | |
| $P_{agnelage}$ | 0,94 | |
| Ratio bélier/brebis | <i>Avec TH</i> : 1/40 pour le lot adulte et 1/15 pour lot agnelles <i>Sans TH</i> : 1/25 pour lot adulte et 1/9 pour lot agnelles | |

Tableau 1. Valeurs des principaux paramètres utilisées pour modéliser le processus de reproduction du troupeau.

Les scénarios *Hâtif* et *TardifEte* correspondent aux principales périodes d'accouplement actuellement pratiquées dans le BNO, tandis que les autres représentent des périodes d'accouplement plus théoriques et/ou des stratégies alternatives de gestion de la reproduction. Dans les scénarios SH, le ratio bélier/brebis a été augmenté pour que le nombre de béliers soit suffisant pour réaliser un EM efficace (Tableau 1). Sur la base de la gestion de référence de la ferme de *La Fage*, dans chaque scénario, la gestion de la reproduction modélisée correspondait à une gestion en 2 lots (adultes et agnelles) gérés séparément jusqu'au début de la traite : les brebis adultes commençaient le processus de reproduction 42 jours plus tôt que les agnelles qui sont mises à la reproduction à 8 mois. La durée moyenne de la période d'allaitement des brebis était de 32 jours et la période de traite programmée du troupeau (c'est-à-dire les jours entre le premier jour et le dernier jour de la période de traite programmée) était de 210 jours.

1.3.2. Sorties observées et analyses

Deux types de sorties (indicateurs calculés par le modèle) ont été simulées : des sorties annuelles (le nombre total de brebis ayant agnelé, la PL du troupeau et les besoins totaux en énergie (en UFL) et en protéines digestibles (en g de PDI) des femelles reproductrices du troupeau) ainsi que des sorties dynamiques correspondant aux valeurs quotidiennes de ces sorties annuelles.

troupeau. Pour les sorties dynamiques, des courbes d'évolutions au cours du temps ont été tracées afin d'effectuer une analyse descriptive de ces résultats.

| Gestion de la reproduction | Saison de reproduction | Protocole de synchronisation des chaleurs | Insémination artificielle (IA) | Lutte naturelle |
|----------------------------|------------------------------------|---|--|--|
| Avec TH | Hâtive et Tardive (Été et Automne) | TH de 14 j [éponge vaginale de FGA + injection de PMSG] | IA de toutes les brebis 55 h (après le retrait de l'éponge) | 15 j après l'IA, introduction des béliers de lutte pendant 32 j |
| SH | Hâtive | Effet mâle pendant 14 j sur les brebis adultes uniquement | Seules les brebis détectées en chaleur les jours d'IA sont inséminées. | 6 j après dernière IA, introduction des béliers pour la lutte des brebis adultes pendant 32 j. Puis, 1 mois plus tard, lutte des agnelles pendant 32 j |
| SH | Tardive (Été et Automne) | | 6 j d'IA : les 18, 19, 20 et 24, 25 et 26 ^{ème} j après l'introduction du mâle. 6 j d'IA : les 17, 18, 19, 20, 21 et 22 ^{ème} j après l'introduction du mâle. | |

Tableau 2. Description des étapes de gestion de la reproduction selon le scénario

2. RESULTATS ET DISCUSSIONS

2.1. SORTIES ANNUELLES

2.1.1. Nombre d'agnelages et production laitière du troupeau

| | <i>SH-Hâtif</i> | <i>SH-TardifEte (La Fage)</i> | <i>SH-TardifAutonne</i> |
|-------------------------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------|
| Nombre total de brebis ayant agnelé | - 7% | - 5% | - 1% |
| PL totale (L) | - 7% | - 5% | - 1% |
| Besoin total en énergie (UFL) | - 5% | - 4% | - 2% |
| Besoin total en protéine (g de PDI) | - 6% | - 4% | - 2% |

Tableau 3. Différences moyennes simulées (n=75 répétitions de simulations) entre scénarios sans hormones (SH) et avec hormones pour les performances et besoins nutritionnels d'un troupeau de brebis laitières de Lacaune.

Dans les scénarios SH, un nombre total d'agnelages et une PL plus faibles ont été observés par rapport aux scénarios avec TH (Tableau 3 ; $P < 0.05$). Le taux de fertilité global du troupeau étant de 94% dans les scénarios avec TH contre 87 à 93% dans les scénarios SH. Ces valeurs inférieures sont la conséquence de l'adoption d'une stratégie de reproduction SH tout en conservant les mêmes périodes de lutte et de traite, ce qui se traduit par un nombre inférieur de brebis qui agnellent par an. L'utilisation de l'EM pour déclencher et synchroniser les ovulations des brebis a en effet une efficacité plus variable qu'un TH. Le succès de l'EM sur des brebis en œstrus est notamment soumis à l'effet combiné de plusieurs paramètres de natures différentes (liés aux brebis, aux béliers ou à la gestion adoptée par l'éleveur ; Debus et al., 2022). De ce fait, pour tous les scénarios SH, le nombre de brebis en œstrus les jours d'IA, puis pendant la période d'accouplement, est plus variable que dans les scénarios avec TH. En particulier hors de leur saison de reproduction naturelle (scénario *SH-Hâtif*) où le nombre de brebis spontanément cycliques est restreint (Tableau 3).

2.1.2. Besoin énergétiques et protéiques

De même, les besoins nutritionnels des brebis reproductrices étaient significativement plus faibles dans les scénarios SH par rapport à leurs équivalents avec TH (Tableau 3 ; $P < 0.05$).

2.2. SORTIES DYNAMIQUES

2.2.1. Distribution des agnelages

Sur la campagne de production simulée, les agnelages étaient plus étalés dans les scénarios SH. Par conséquent, les pics d'agnelages quotidiens étaient moins prononcés et décalés dans le temps. En effet, dans les scénarios avec TH, le jour médian d'agnelage a été observé 16 j après le début de la période d'agnelage (Q1= 1 à 2 j après, Q3= 21 à 28 j après) tandis que dans les scénarios SH, il n'a été observé que 23 à 26 j après le début de la période d'agnelage (Q1= 14 à 19 j après, Q3= 36 à 41 j après). De plus, le nombre maximum de brebis agnelant par jour a été supérieur dans les scénarios TH par rapport aux scénarios SH (114 à 115 brebis agnelant/j vs 20 à 22 brebis agnelant/j). Cet étalement des agnelages est une conséquence de la moindre synchronisation de l'ovulation assurée par l'EM dans les scénarios SH. En effet, le taux de fertilité après IA pour le lot d'adultes (brebis agnelant suite à une IA/brebis mises à la reproduction) a varié de 13-20% à 63% (dans les scénarios SH et avec TH, respectivement). Au niveau de l'exploitation, cela impliquerait des changements importants en termes d'organisation du travail et de gestion des lots dans le troupeau.

En effet, l'étalement des agnelages implique une plus grande diversité des stades physiologiques présents dans le troupeau au même moment. Cela impliquerait que l'éleveur adopte une routine de prise de décision plus opérationnelle au jour le jour, pour gérer par exemple l'alimentation de brebis ayant des stades physiologiques différents au même moment (ex : gestantes, allaitantes et en lactation) notamment pendant la traite.

2.2.2. Evolution de la production laitière du troupeau

Pour toutes les périodes de reproduction simulées, la progression de la PL du troupeau au cours du temps, a été différente entre les scénarios avec TH et SH. En effet, les courbes de PL ont montré un décalage de 10 à 14 jours dans l'apparition des pics de production, pour tous les scénarios SH (Figure 2). Il s'agit d'une conséquence directe de l'étalement des événements d'agnelage, qui a entraîné un changement du schéma des entrées de traite et donc un décalage des pics de PL quotidienne du troupeau.

Du fait de cet étalement des agnelages, à partir de la fin du 2^{ème} mois de traite (pour la traite de 210 jours à *La Fage*), la PL quotidienne a été systématiquement plus élevée dans les scénarios SH. La plus grande différence a été observée au cours du dernier mois de la période de traite (+103, +88 et +102 L/j en moyenne pour les scénarios *SH-Hâtif*, *SH-TardifEte*, *SH-TardifAutomne*, respectivement). En effet, SH les lots de brebis traites sont plus hétérogènes du fait de l'étalement des débuts de traite. Le nombre de brebis déjà tarées est donc plus faible et davantage de brebis sont encore traites à la fin de la période de traite programmée, avec une production journalière encore assez élevée pour certaines d'entre elles. Cela impliquerait une prolongation des activités de traite dans l'exploitation, pour continuer à traire les brebis arrivées plus tard à la salle de traite avec une diminution progressive du rythme de tarissement. Dans les exploitations qui vendent leur lait exclusivement à des laiteries, une telle re planification du calendrier de traite pourrait être un vrai défi, car les éleveurs ont peu de marge de manœuvre dans le choix des dates de leur période de traite qui sont décidées par les laiteries. Cette question complexe impliquerait une nécessité de s'organiser à l'échelle territoriale pour parvenir à des accords et des prises de décision communes, en tenant compte des différents intérêts et objectifs des parties prenantes impliquées dans le fonctionnement de la filière OVL. En outre, il a été démontré que les brebis avec des niveaux de PL élevés juste avant l'EM ont tendance à avoir moins de cycles ovariens spontanés et une réponse à l'EM plus faible (Debus et al., 2022). Ainsi, en conservant le même calendrier de reproduction, le nombre plus élevé de brebis encore traites à la fin de la période de traite programmée dans les scénarios SH pourrait avoir un impact négatif sur les performances reproductives de la saison de production suivante, ce qui accentuerait également l'étalement des agnelages observé dans les contextes SH avec EM.

2.2.3. Evolution des besoins énergétiques et protéiques du troupeau

De la même manière que pour la distribution des agnelages et l'évolution de la PL du troupeau, un décalage des pics de besoins nutritionnels a été observé dans les scénarios SH, (7 à 10 jours pour les pics de besoins énergétiques quotidiens et 10 à 13 jours pour les pics des besoins protéiques quotidiens (Figure 2). On sait en effet que les besoins nutritionnels du troupeau sont principalement liés à la production de lait des brebis. Ainsi, un décalage du pic de PL journalière induit un décalage du pic des besoins nutritionnels au cours de l'année.

Au cours des derniers mois de la période de traite programmée, les besoins nutritionnels journaliers, en particulier les besoins en protéines, ont aussi été un peu plus élevés dans tous les scénarios SH, en raison de la PL plus élevée à cette période.

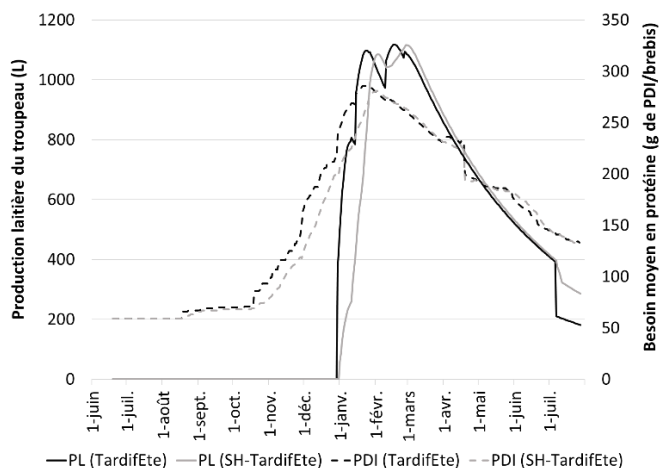


Figure 2. Production laitière quotidienne du troupeau (en L) et besoin moyen quotidien en protéines digestible (g de PDI/brebis) simulés dans les scénarios *TardifEte* (correspondant à la situation actuelle de la FAGE) et *SH-TardifEte*.

Pour les scénarios SH, la fin de la période de traite programmée apparaît donc comme une période durant laquelle l'adaptation du système d'alimentation sera nécessaire. Dans le cas d'une reproduction hors saison comme dans le scénario *Hâtif*, la majeure partie de la phase de traite se déroule en bergerie avec 100% des aliments de la ration directement distribués par l'éleveur. Il est ainsi assez facile d'ajuster les apports alimentaires en fonction de la progression des stades physiologiques dans le troupeau. En revanche, dans un scénario de reproduction de type *Tardif*, il peut être nécessaire de redéfinir et de revoir d'autres composantes directes ou indirectes du système d'élevage, comme la gestion des surfaces destinées au pâturage, afin de mieux utiliser les ressources fourragères en faisant correspondre la disponibilité et la qualité de la biomasse aux besoins du troupeau d'une manière plus opérationnelle. Cela inclut la gestion des pics de PL, en particulier pour les exploitations qui ont leur pic en été (juin et juillet) comme c'est le cas dans le scénario *TardifAutomne*. Par ailleurs, le nombre de brebis encore en production durant le dernier mois de la période de traite était plus élevé dans les scénarios SH. Or, si les derniers mois de la traite se situent pendant la période de pâturage, cela impliquerait de faire pâturer les brebis encore en traite sur des zones proches de la salle de traite alors qu'avec TH, à la même période de l'année, la quasi-totalité du troupeau aurait été tarie, permettant une mise au pâturage indépendamment de la proximité de la salle de traite.

Au regard de la disponibilité de la ressource en herbe pour le pâturage, les modifications des courbes d'évolution des besoins nutritionnels simulées ici pourraient constituer un résultat intéressant ou défavorable, selon la saison de production choisie. En effet, dans le contexte actuel de changement climatique, la répartition annuelle de la croissance de l'herbe évolue (Godec et al., 2021). Paradoxalement, les élevages où la reproduction se fait en été (ex : *TardifEte*), pourraient donc valoriser le déplacement observé de la courbe des besoins nutritionnels en contexte SH comme une réponse adaptative intéressante aux enjeux des changements climatiques affectant la disponibilité des ressources au pâturage. Le pic de besoin nutritionnel décalé vers le début du printemps pourrait ainsi coïncider avec la pousse d'herbe plus précoce et plus rapide observée depuis plusieurs années (Godec et al., 2021). En revanche, pour les élevages où la reproduction a lieu à l'Automne (ex : *TardifAutomne*) et dont le pic de besoins nutritionnels est observé en début d'été, un décalage du pic de production et donc des besoins nutritionnels vers le milieu de l'été pourrait être un défi car les étés deviennent plus chauds, ce qui entraîne une diminution de la biomasse disponible sur les surfaces

fourragères en été, notamment dans les régions méditerranéennes.

CONCLUSION

La simulation d'une gestion de la reproduction SH (avec EM+IA) d'un troupeau conventionnel de brebis laitières suggère des réajustements de la gestion globale du troupeau, en commençant par le système d'alimentation qui comprend la révision des politiques d'allocation des ressources alimentaires disponibles et des prises de décision pour l'utilisation efficace des surfaces fourragères et pâturées. Dans une perspective plus systémique, on peut s'attendre à ce qu'une modification de la gestion de la reproduction puisse également induire une chaîne de modifications dans d'autres composantes du système agricole. Il serait intéressant d'étudier ces autres impacts issus d'« effets dominos » complexes qui pourraient conduire à changer les pratiques de gestion affectant plus ou moins d'autres aspects de la gestion du troupeau et les performances globales de l'exploitation. De plus, seule une campagne de production a été simulée ici. Il serait donc intéressant de construire un outil permettant de simuler plusieurs saisons de production successives afin de vérifier si les changements observés s'accroissent ou pas au cours du temps.

Ce travail a bénéficié d'une aide de l'État gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du programme d'Investissements d'avenir portant la référence ANR-16-CONV-0004. Nous remercions la ferme expérimentale de La Fage pour avoir fourni les données utilisées dans la construction des scénarios simulés.

- Bousquet, F., Le Page, C., Müller, J.-P., 2002.
 Chanvallon, A., Scaramuzzi, R.J., Fabre-Nys, C., 2010. *Physiology & Behavior* 99, 457–465.
 Chanvallon, A., Sagot, L., Pottier, E., Debus, N., François, D., Fassier, T., Scaramuzzi, R.J., Fabre-Nys, C., 2011. *Animal* 5, 1594–1604.
 Debus, N., Besche, G., Lurette, A., Guyonneau, J.-D., Tesniere, A., Menassol, J.-B., Bocquier, F., 2019. 70th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science., Wageningen Academic Publishers, Ghent, Belgium.
 Debus, N., Laclef, E., Lurette, A., Alhamada, M., Tesniere, A., González-García, E., Menassol, J.-B., Bocquier, F., 2022. *Animal* 16, 100519.
 Delgado, J.A., Gelez, H., Ungerfeld, R., Hawken, P.A.R., Martin, G.B., 2009. *Behavioural Brain Research* 200, 304–314.
 Godec, B., Crestey, M., Dockès, A.-C., Hardy, D., Launay, F., Leclerc, M.C., Pavie, J., Balard, E., Doligez, P., Delaby, L., 2021. Les chiffres clefs des prairies et des parcours. Idele, p21.
 Hassoun, P., Bocquier, F., 2010. *Alimentation des bovins, ovins et caprins-Besoins des animaux-Valeurs des aliments-Tables INRA*, Paris, France, pp. 123–138.
 Laclef, E., Debus, N., Taillandier, P., González-García, E., Lurette, A., 2021. *Computers and Electronics in Agriculture* 189, 106412.
 Lagriffoul, G., Blanc-Vazeille, F., Carrié, A., Hassoun, P., Bocquier, F., 2003. 10th Rencontres Recherches Ruminants, Paris, France, p. 400.
 Lurette, A., Freret, S., Chanvallon, A., Experton, C., Frappat, B., Gatien, J., Dartois, S., Martineau, C., 2016. *INRA Productions Animales* 29(3), 163–184.
 Moreau, J.-C., 2015. *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France* 168, 133–138.
 Pellicer-Rubio, M.-T., Boissard, K., Grizelj, J., Vince, S., Freret, S., Fatet, A., López-Sebastián, A., 2019. *INRAE Productions Animales* 32, 51–66.
 Thimonier, J., Cognie, Y., Lassoued, N., Khaldi, G., 2000. *INRAE Productions Animales* 13, 223–231.