



**HAL**  
open science

# Le pâturage d'espèces fourragères riches en métabolites secondaires bioactifs chez les petits ruminants : intérêts sanitaires, zootechniques, économiques, environnementaux

Denis Gautier, Laurence Sagot, Hervé Hoste, Hugues Caillat, Vincent Niderkorn, Mickael Bernard, Barbara Fança

## ► To cite this version:

Denis Gautier, Laurence Sagot, Hervé Hoste, Hugues Caillat, Vincent Niderkorn, et al.. Le pâturage d'espèces fourragères riches en métabolites secondaires bioactifs chez les petits ruminants : intérêts sanitaires, zootechniques, économiques, environnementaux. *Innovations Agronomiques*, 2024, 94, pp.229-242. 10.17180/ciag-2024-vol94-art15 . hal-04612297

**HAL Id: hal-04612297**

**<https://hal.inrae.fr/hal-04612297v1>**

Submitted on 14 Jun 2024

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

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



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



## Le pâturage d'espèces fourragères riches en métabolites secondaires bioactifs chez les petits ruminants : intérêts sanitaires, zootechniques, économiques, environnementaux

Denis GAUTIER<sup>1</sup>, Laurence SAGOT<sup>2</sup>, Hervé HOSTE<sup>3</sup>, Hugues CAILLAT<sup>4</sup>, Vincent NIDERKORN<sup>5</sup>, Mickael BERNARD<sup>1</sup>, Barbara FANCA<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Institut de l'Élevage, ferme d'innovations et de recherches du Mourier, 87800 Saint Priest Ligoure, France

<sup>2</sup> CIIRPO – Centre interrégional d'information et de recherche en production ovine, ferme d'innovations et de recherches du Mourier, 87800 Saint Priest Ligoure, France

<sup>3</sup> INRAE/Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, Unité Mixte de Recherche Interactions Hôtes-Agents Pathogènes, 31300 Toulouse, France

<sup>4</sup> INRAE FERLUS, Les Verrines, 86600 Lusignan, France

<sup>5</sup> INRAE Unité Mixte de Recherche 1213 Herbivores 63122 Saint Genes Champanelle, France.

<sup>6</sup> Institut de l'Élevage - 24, Chemin de Borde Rouge - 31320 Auzeville-Tolosane

**Correspondance** : denis.gautier@idele.fr

### Résumé

Depuis plusieurs années, les éleveurs de petits ruminants rencontrent des difficultés importantes pour gérer les strongles gastro intestinaux, une pathologie majeure chez les ovins et caprins au pâturage. En effet, des résistances de plus en plus prégnantes des parasites apparaissent à plusieurs familles d'antiparasitaires. De plus, les traitements basés sur l'utilisation d'anthelminthiques de synthèse présentent d'autres limites aux niveaux environnemental et sociétal. Pendant 4 années, le projet CASDAR FASTOche a étudié des solutions alternatives agroécologiques pour les éleveurs, basées sur le pâturage de plantes riches en métabolites secondaires bioactifs (MSB) dont les tannins condensés. Trois plantes ont été testées : le sainfoin (*Onobrychis viciifoliae*), le plantain (*Plantago lanceolata*) et la chicorée (*Cichorium intybus*). Des nombreuses expérimentations en stations, des enquêtes et des suivis en élevages ont montré que les composés bioactifs de ces plantes, contrairement aux références bibliographiques, n'ont pas d'effet significatif sur les niveaux d'excrétion et /ou d'infestation des ovins et des caprins en parasites gastro intestinaux. Néanmoins, selon les contextes pédoclimatiques, ces plantes peuvent présenter des intérêts zootechniques avec de bonnes performances animales et agronomiques avec des productions fourragères intéressantes. Des intérêts environnementaux ont également été démontrés pour le sainfoin et le plantain avec des rejets azotés urinaires moindres. Enfin, les simulations de systèmes de production avec des prairies à base de plantes bioactives ont montré que leur intérêt économique est fortement lié à leur production fourragère.

**Mots-clés** : Pâturage - Plantes bioactives – Petits ruminants – Strongles gastro-intestinaux – Alicaments

**Abstract: Grazing of forage species with high contents in secondary metabolites showing bioactivity on small ruminants: sanitary, productive, economic and environmental impacts**

For several years, small ruminant breeders have experienced significant difficulties in gastrointestinal strongyles control, a major disease in grazing sheep and goats. Indeed, parasites are becoming increasingly resistant to several families of antiparasitic. Moreover, treatments based on the use of synthetic anthelmintics have other environmental and societal limits. For 4 years, the CASDAR FASTOche project has studied agroecological alternative solutions for the breeders based on the grazing of plants rich in bioactive secondary metabolites (BSMs), included condensed tannins. 3 species were tested: chicory, plantain and sainfoin. A lot of on-station experimentations, surveys and farm monitoring



showed that the bioactive compounds in these plants have no significant effect on gastrointestinal parasite infestation levels in sheep and goats, contrary to what the literature suggests. Nevertheless, they are not lacking in zootechnical and agronomic interest with good animal performance and interesting forage production. The environmental benefits of sainfoin and plantain have also been demonstrated, with lower nitrogen emissions. Finally, simulations of production systems using grasslands based on bioactive plants showed that their economic interest is strongly linked to their production.

**Keywords:** Grazing – Bioactive plants – Small ruminants – Gastrointestinal strongyles – Functional food

## 1. Introduction

Les filières ovines et caprines font face à des fluctuations de production, un renchérissement du coût des matières premières et une volatilité des prix, engendrant des contraintes économiques croissantes. S'il est nécessaire de produire plus, il faut aussi produire mieux, avec davantage d'efficacité technique et moins d'intrants. Pour cela, le pâturage est une voie d'adaptation privilégiée. Il répond aux nouvelles orientations des filières et aux attentes des consommateurs, avec des systèmes d'élevage plus écologiques, respectueux du bien-être animal et associés à une bonne image qualitative des produits, tout en limitant les coûts de production. Cependant, son développement en élevages de petits ruminants rencontre plusieurs freins, dont tout particulièrement les difficultés de maîtrise du parasitisme. En effet, les infestations par des strongles gastro intestinaux (SGI) représentent une pathologie majeure chez les petits ruminants au pâturage, chez qui elles induisent des pertes de production. En ovins, celles-ci impactent en moyenne 22 % de la production laitière et 15 % de la croissance des agneaux (Mavrot *et al.*, 2015). Ces vers parasites sont aussi responsables de baisses significatives de la production laitière chez les chèvres (Hoste et Chartier, 1993 ; Hoste *et al.*, 2010).

Depuis plusieurs décennies, la lutte contre ces parasites repose exclusivement sur des molécules chimiques à activité anti-helminthique (AH ; Bordes, 2022). L'emploi de façon mal raisonnée des diverses familles d'AH conduit au développement de résistances à ces traitements chez les SGI (Rose *et al.*, 2015, Jacquiet, 2012). Ces résistances, combinées aux restrictions d'emploi de ces molécules dans les filières laitières pour éviter les résidus, risquent de conduire, à plus ou moins long terme, à des impasses thérapeutiques. De plus, certaines d'entre elles, comme les avermectines, présentent une écotoxicité démontrée sur l'entomofaune des prairies (Lumaret *et al.*, 2012). En systèmes d'élevage pâturant, il y a donc nécessité de disposer de méthodes alternatives de lutte pour des raisons économiques (coûts directs des traitements mais également indirects), écologiques et sociétales.

Plusieurs études réalisées en conditions contrôlées en bâtiment ont démontré que la consommation d'aliments riches en MSB (métabolites secondaires bioactifs) par les petits ruminants réduit l'infestation parasitaire par les SGI, suggérant des pistes prometteuses pour une utilisation directement au pâturage (Hoste *et al.*, 2015 ; Hoste et Niderkorn, 2019). De premiers essais et/ou observations en élevages vont dans ce sens et les demandes de conseils sur le sujet par des éleveurs sont de plus en plus nombreuses. Par ailleurs, plusieurs études ont montré que la consommation de plantes contenant divers MSB peut aussi contribuer à réduire les risques de météorisation et l'impact environnemental de l'élevage des ruminants via la réduction des gaz à effet de serre (GES).

Cependant, face à une absence de références opérationnelles pour des conduites au pâturage, il est nécessaire de mettre en place des travaux spécifiques avant de diffuser des pratiques « clé en main » aux éleveurs. Ce projet FASTOChe visait donc à développer des solutions complémentaires aux gestions actuelles du parasitisme, sans lesquelles les éleveurs risquent, en dépit de la demande sociétale, de se détourner du pâturage. Il s'inscrit dans le développement de systèmes d'élevages conciliant performances économiques, environnementales et sociales.

Pour cela, 3 plantes contenant des MSB ont été étudiées : le sainfoin, la chicorée et le plantain lancéolé (désigné plantain dans la suite de l'article). Un large champ d'investigation a été mis en place à travers des expérimentations en stations expérimentales, des enquêtes et des suivis en élevages.



La finalité du projet FASTOChe était d'étudier l'intérêt et l'application pratique en élevage d'un pâturage d'espèces fourragères riches en MSB en petits ruminants : ovins viande (OV), ovins lait (OL) et caprins lait (CL).

L'Institut de l'Élevage est le chef de file du projet et collabore avec douze partenaires : Chambres d'Agriculture 64, 71 et 87 ; CIIRPO (site expérimental 87); EPLEFPA de Olivier de Serre d'Aubenas avec la ferme du Pradel (site expérimental 07), La Cazotte - Saint Affrique (site expérimental 12), Fontaine Sud Bourgogne-Charolles (site expérimental 71), Carmejane (site expérimental 04) ; INRAE UE 1373 FERLUS (Fourrages Ruminants, Environnement de Lusignan, site expérimental 86), INRAE de Theix (UMR Herbivore et Herpibôle, site expé 63), INRAE/Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse (UMR IHAP INRAE/ENVT, 31).

## 2. Matériel et Méthode

### 2.1. Une zone d'étude large et diversifiée

Le projet a concerné les 3 filières de petits ruminants sur 2 à 4 bassins de production selon les filières, afin de couvrir une diversité de situations pédoclimatiques, de systèmes d'élevage et d'épidémiologie des SGI. Ainsi les travaux conduits sur OV ont concerné les bassins du centre-ouest (Limousin/ Poitou-Charentes), sud-est, Massif central et centre-Est (Bourgogne) ; ceux sur OL ont intégré les bassins du Rayon de Roquefort et Pyrénées-Atlantiques ; les CL ont été étudiés dans les bassins centre-ouest et sud-est. Au total, 8 zones d'études distinctes ont été impliquées.

### 2.2. Des retours d'expériences d'éleveurs

Une première action visait d'une part à dresser un état des lieux des pratiques des éleveurs ovins et caprins concernant la gestion du parasitisme gastro-intestinal et de l'utilisation des plantes à MSB au pâturage ; d'autre part à travailler avec des groupes pluri-acteurs (éleveurs, conseillers...) à la co-construction de solutions innovantes applicables en élevages. Pour répondre à ces objectifs, un état des lieux a été réalisé sur les pratiques des éleveurs en matière de gestion du parasitisme au pâturage, leurs attentes et les conditions à respecter pour la mise en place de solutions de pâturage alternative. Afin de collecter une vision d'ensemble, le recueil d'informations a été établi à deux niveaux par zone d'étude : d'une part via des réunions collectives de techniciens et d'autre part au travers d'enquêtes d'éleveurs. Des Groupes d'Innovations Opérationnels (GIO) ont été créés dans chaque zone d'étude pour suivre les étapes clés du projet et co-construire des solutions, partager leurs expériences et formuler des conseils pratiques. Au final, ce sont 81 éleveurs et 83 techniciens qui ont été impliqués dans le cadre d'une enquête ou/et à travers les 6 GIO et diverses rencontres techniques sur la gestion du parasitisme.

### 2.3. Des expérimentations en milieu contrôlé

Cette action centrale du projet FASTOChe visait à mettre au point, sur la base d'un dispositif expérimental ambitieux, des conduites de pâturage basées sur l'utilisation de plantes riches en MSB adaptées aux deux espèces et dans différents bassins de production. Pour cela, trois niveaux d'investigation ont été conduits en parallèle :

- Des essais zootechniques et sanitaires, pour mesurer les effets antiparasitaires et les performances des animaux : 14 essais en sites expérimentaux dont 8 en ovins viande, 2 en ovins lait et 4 en caprins. Le pâturage de sainfoin, plantain et chicorée (semis en pure) a été comparé à celui de prairies sans plantes à MSB,
- Des essais en mini parcelles ont été conduits sur plusieurs sites : Lusignan (86), Le Mourier (87), Euralis (64) et Carmejane (04). Le comportement végétatif en culture pure, mais aussi en mélanges, de plusieurs plantes comme la chicorée, le plantain, le sainfoin ou encore le lotier a été étudié : implantation, production fourragère, valeur alimentaire,



- Des mesures complémentaires *in vitro* (45 échantillons) ont été mises en place à l'INRAE de Theix avec un double objectif : examiner la valeur nutritive de ces plantes à travers leur dégradabilité et la production d'acides gras volatils dans des conditions simulant l'environnement ruminal et mesurer des indicateurs environnementaux à travers la production de méthane entérique et la production d'ammoniac.

#### 2.4. Des suivis en élevages et simulations technico-économiques

Cette action visait à définir les modalités pratiques d'application des solutions identifiées intéressantes à l'échelle des exploitations d'élevage et en évaluer les conséquences sur le fonctionnement (assolement/rotations, gestions du pâturage, maîtrise du parasitisme ...) et les performances des systèmes (techniques, économiques et environnementales). Elle se décompose en deux sous actions :

- Des suivis en élevages commerciaux : les conduites testées en sites expérimentaux ont été déployées dans des élevages commerciaux et/ou des fermes de lycées agricoles pour préciser les conditions de réussites dans une diversité de contextes. Ils ont concerné : 3 élevages ovins viande, 4 élevages ovins lait et 2 élevages caprins,
- Une proposition de systèmes de production avec des prairies contenant des plantes à MSB dites « Alicaments » : 8 simulations sur cas-types pour évaluer les intérêts économiques.

### 3. Résultats

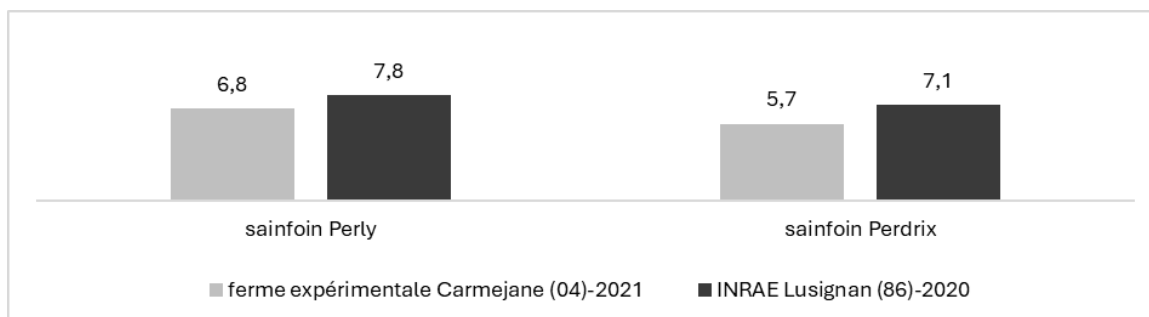
Dans cet article, il a été retenu de présenter les résultats du projet FASTOche à partir des 3 plantes étudiées, le sainfoin, le plantain et la chicorée, en se basant sur les résultats des expérimentations et des suivis en élevages.

#### 3.1. Le sainfoin

##### *Un intérêt agronomique*

Le sainfoin est une légumineuse principalement implantée dans le sud de la France sur des sols calcaires. Il présente l'avantage de ne pas être météorisant. Sa pérennité est de l'ordre de 2 à 3 ans. Il est plutôt semé au printemps, la fin de l'été étant plus risquée pour cause de sécheresse. Le sainfoin est traditionnellement récolté en foin, mais il peut également être pâturé en sortie d'hiver lors de la mise à l'herbe et à l'automne même après les premières gelées. Il reste cependant sensible au piétinement.

Moins productif que la luzerne, les rendements obtenus dans le cadre des essais sont de l'ordre de 4,5 à 6 tonnes de matière sèche par hectare au cours de l'année suivant le semis (déduction faite de 20 % liée aux mesures en mini parcelles) (Figure 1).



Source : Idele/INRAE Lusignan/ferme expérimentale de Carmejane

\* Rendements annuels à partir du printemps suivant le semis. S'agissant de rendements obtenus en mini parcelles, il est couramment admis d'enlever 20 % pour une culture en plein champ.

**Figure 1** : Rendement du sainfoin semé en pure (en tonne de matière sèche par ha\*)



### *Des valeurs en protéines et en tannins condensés intéressantes*

Les 10 échantillons de sainfoin analysés dans le cadre de cette étude indiquent une teneur en protéines particulièrement élevée et conformes aux tables d'INRAE au stade début bourgeonnement. Au printemps, elle atteint 157 g de matière azotée totale par kg de matière sèche contre plus de 230 g en automne. Ces valeurs sont respectivement supérieures de 23 % et 60 % aux deux saisons par rapport à celles du plantain et de la chicorée. La richesse du sainfoin en tannins condensés est confirmée dans cette étude avec en moyenne près de 50 g par kg de matière sèche. Cette teneur apparaît très nettement supérieure à celles du plantain et de la chicorée qui en sont dépourvus avec moins de 3 g. Elle reste également variable (de 24 g à 60 g) et plus concentrée en automne avec 53 g contre 41 g par kg de matière sèche au printemps.

### *Une plante bonne pour l'environnement*

Le sainfoin est une plante qui présente un effet bénéfique du point de vue environnemental par rapport à une graminée. En effet, sa consommation contribue à réduire les émissions de gaz à effet de serre. D'une part, parce que les rejets azotés urinaires et en conséquence la production d'ammoniac sont moindres ; d'autre part par une diminution des émissions de méthane entérique. Pour les 3 espèces testées, il n'y avait pas ou très peu d'effet variété sur tous les composants chimiques et les paramètres de fermentation ruminale. Les effets période étaient variables selon les plantes et les sites d'implantation. A teneur en matières azotées égale, l'indicateur de rejets azotés urinaires (NH<sub>3</sub>) était moins élevé lors de la fermentation du plantain et du sainfoin. Enfin, des effets d'interactions très marqués ont été observés entre période et site d'une part, et période et espèce d'autre part sur tous les paramètres étudiés.

Pris ensemble, ces résultats montrent que l'effet de la période de récolte sur les caractéristiques biochimiques et la digestion de ces plantes fourragères bioactives varie sensiblement selon les zones géographiques d'implantation et les espèces.

### *Un effet antiparasitaire qui reste à démontrer*

Le pâturage du sainfoin semé en pur a été testé en continu et sous forme de cures de 2 à 4 semaines chez des brebis laitières, des agnelles de renouvellement et des chèvres laitières.

- En cures de 2 à 4 semaines chez des brebis laitières

A l'issue des deux cures de 2 à 4 semaines réalisées sur une parcelle de sainfoin deux années consécutives, les brebis laitières présentaient des niveaux d'excrétion légèrement plus élevées que celles qui sont restées sur des prairies à base de graminées et de légumineuses sans sainfoin (tableau 1). Un traitement antiparasitaire s'imposait dans tous les cas, le seuil de 500 opg (œufs par g) couramment admis étant dépassé. Par ailleurs, les quantités moyennes de sainfoin consommées par les brebis au cours des 2 cures ont été estimées à 0,9 kg de matière sèche par brebis et par jour. Le pâturage du sainfoin n'a pas eu d'effet sur leur production laitière et leurs taux comparativement aux brebis pâturant ne disposant pas de cette légumineuse. L'évolution du poids des animaux n'a pas non plus été affectée.

**Tableau 1** : Résultats avec pâturage du sainfoin sous formes de cures par les brebis laitières (La Cazotte)

ANNEE DE L'ESSAI	2019				2020			
	1		2		1		2	
CURE N°								
DATE	16/04 Début d'essai	15/05 Fin d'essai	17/06 Début d'essai	30/06 Fin d'essai	21/04 Début d'essai	11/05 Fin d'essai	18/06 Début d'essai	02/07 Fin d'essai
LOT TRAITE AVEC UN ANTIPARASITAIRE	-	-	-	2200 opg*	2 opg	6 opg	177 opg	432 opg
LOT NON TRAITE ET SANS SAINFOIN	1322 opg	2219 opg	-	958 opg	13 opg	5 opg	200 opg	592 opg
LOT EN CURE SUR SAINFOIN	1994 opg	1002 opg	-	1228 opg	0 opg	3 opg	209 opg	628 opg

\*Opg : œufs par g de fèces

Source : Idele/ENVT/lycée agricole de Saint Affrique (12)



- En cure de 3 semaines chez des agnelles de renouvellement

Le pâturage du sainfoin semé en pur a été testé avec des agnelles âgées de 4 mois sous forme de cure de 3 semaines en alternance avec une prairie sans sainfoin. Les résultats des coproscopies indiquaient alors très peu d'œufs de strongles. Trois mois plus tard, les taux d'excrétion des agnelles pâturant le sainfoin en cure étaient 4 fois supérieurs à ceux des jeunes femelles qui ne disposaient pas de tannins.

- En continu chez des agnelles de renouvellement

Le pâturage du sainfoin en continu ne permet pas de s'affranchir de traitement antiparasitaire chimique non plus. Au cours du premier essai, les agnelles pâturant une prairie sans sainfoin affichaient un faible niveau d'excrétion (moins de 200 œufs par g) contre plus de 600 œufs par g pour celles sur sainfoin depuis près de 3 mois. Dans le second essai, la charge parasitaire semble réduite par le sainfoin car divisée par deux. Toutefois, avec plus de 1 000 œufs par g, le niveau d'excrétion dépasse le seuil de 500 opg, couramment admis comme recours à un traitement. Cependant, le nombre d'animaux dits « excréteurs », c'est à dire à plus de 500 opg de strongles digestifs était moins important lorsque les agnelles avaient pâturé le sainfoin : 73 % contre 96 % pour les agnelles consommant uniquement des graminées.

- En cure chez des chèvres laitières

Le pâturage du sainfoin chez les chèvres a été testé en cures dans 4 essais. Les résultats confirment que l'effet antiparasitaire reste à démontrer. Sur le site de Lusignan, le nombre d'opg excrété (905 lot sainfoin en fin d'essai) augmente parallèlement pour les lots sainfoin et témoin en 2019 et a tendance à diminuer au cours de l'essai en 2020 (158 vs 315 en fin d'essai) (Caillat *et al.*, 2022a). Cette différence de réponse entre les 2 années peut s'expliquer par une proportion différente de sainfoin dans la prairie (60 % en 2019 vs 86 %). Dans les deux essais réalisés sur le site du Pradel, une légère baisse du niveau d'excrétion d'opg pour les chèvres pâturant le sainfoin a été mesurée (176 opg en fin d'essai 2020) avec des niveaux de charge parasitaire relativement faibles. Globalement, les essais ont montré que la réalisation de cures d'au moins 2 semaines de pâturage sur des prairies de sainfoin, avec une quantité ingérée au pâturage maximisée, ne se substitue pas à un traitement anthelminthique. Cependant, la réponse laitière est correcte. A même teneur en protéines de la prairie, aucune différence de production laitière n'a été mesurée à Lusignan. De plus, une meilleure persistance a été enregistrée avec l'avancée du stade avec du sainfoin. Enfin ; aucune différence sur les critères de qualité du lait n'a été mise en évidence : taux protéique, taux butyreux et niveau cellulaire.

#### *Un intérêt économique limité*

L'intégration du sainfoin dans le système fourrager du lycée agricole de Saint Affrique (12) a été simulée. Au total, 6,5 ha de prairies (dont 1,6 ha de sainfoin, 1,6 ha de Ray-Grass Hybride et 3,2 ha d'un mélange prairial) ont été implantés pour le pâturage en fin de période de traite en remplacement d'une parcelle actuellement destinée à la constitution de stocks fourragers. Les besoins en stocks seraient ainsi réduits par une augmentation de la part de pâturage des brebis au printemps. Les achats de concentré et de luzerne déshydratée seraient également diminués de 10 tonnes de matière sèche par an. La perte économique au niveau de l'exploitation est cependant estimée à 2 000 € (soit 0,5 % du produit total de l'exploitation).

### **3.2. Le plantain lancolé**

#### *Une plante productive*

En association avec une ou plusieurs légumineuses, le plantain contribue à l'obtention de prairies productives et d'une teneur en protéines très correcte. Le plantain s'implante dans tous les types de sol. Sa pérennité est de l'ordre de 3 à 4 ans. S'il est essentiellement valorisé sous forme de pâturage, la



récolte reste possible avec les mêmes précautions qu'une prairie riche en légumineuses pour récolter les feuilles. Le piétinement ne semble pas nuire à sa pérennité. Même si certains éleveurs mentionnent parfois un temps d'apprentissage, le plantain est une plante appétente. Par ailleurs, il n'est pas météorisant et ne nécessite pas de précaution particulière au pâturage.

Les résultats obtenus dans le cadre de cette étude militent vers un semis du plantain en mélange avec une ou plusieurs légumineuses et éventuellement une graminée. A l'exception de zones à l'évidence peu adaptées à sa culture, le rendement du plantain semé en pure avec une dose de semis de 12 kg par ha varie pratiquement du simple au double selon la zone et la variété. Avec un apport de 50 U d'azote par ha (viser plutôt 100 U par ha pour optimiser le rendement), la production annuelle moyenne atteint 6 tonnes de matière sèche par ha (déduction faite de 20 % liée aux mesures en mini parcelles). Le mélange avec une ou plusieurs légumineuses adaptées au territoire (luzerne, sainfoin, trèfle blanc, trèfle violet, lotier) s'est traduit dans notre étude par une augmentation du rendement annuel suivant l'année du semis de 3 % à 68 %.

D'autre part, le plantain étant une plante lente d'implantation, l'association avec d'autres espèces limite le salissement. Ainsi, au CIIRPO, sur le site expérimental du Mourier (87), le comptage des plantes diverses au cours de l'année suivant le semis passe de 14 % lorsque le plantain est semé pure à 10 % lorsqu'elle est associée. Le groupement de valorisation agricole (GVA) de Mézières sur Issoire (87) a mis au point trois types de mélanges qui donnent particulièrement satisfaction au nord de la Haute-Vienne. D'autres associations testées dans cette étude sont également possibles.

#### *Une bonne teneur en protéines mais pauvre en MSB*

Même si le taux de matières azotées totales du plantain reste nettement inférieur à celui du sainfoin, il atteint 138 g par kg de matière sèche en moyenne des 12 échantillons analysés. Il est ainsi équivalent à celui d'une prairie naturelle de plaine ou d'un Ray-Grass Anglais au stade début épiaison. Par ailleurs, le plantain est plus concentré en azote en automne qu'au printemps avec un écart de 11 %. Faute d'équations prédictives disponibles, les valeurs en Protéines Digestibles dans l'Intestin n'ont pas été calculées. Le plantain est pauvre en tannins condensés contrairement au sainfoin. Les métabolites secondaires qu'il contient sont d'un autre type (glycosides iridoïdes).

#### *Un bilan environnemental plutôt positif*

La consommation de plantain a plutôt un effet bénéfique sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre. En effet, sa consommation réduit les rejets azotés urinaires et donc la production d'ammoniac par rapport à une graminée. Dans une moindre mesure, les émissions de méthane entérique sont également diminuées.

#### *Pâturage du plantain : la même vigilance contre les strongles digestifs qu'avec les graminées*

Le pâturage du plantain semé en pure a été testé en continu et sous forme de cures de 2 à 3 semaines chez des agneaux en finition et des agnelles de renouvellement. Les taux d'excrétion en strongles digestifs évalués par prélèvement de fèces sur l'ensemble des animaux toutes les deux semaines ont été comparés à ceux de jeunes pâturant des prairies sans plantain. Les croissances ont été mesurées. Des suivis ont également été réalisés chez trois éleveurs haut-viennois avec des mesures allégées. Le plantain était alors semé en mélange avec de la luzerne et du trèfle blanc.

- En cures de 2 à 3 semaines

A l'issue des deux cures de 2 semaines réalisées sur une parcelle de plantain deux années consécutives, les agneaux présentaient des niveaux d'excrétion soit équivalents, soit supérieurs à ceux qui sont restées sur des prairies permanentes (tableau 2). Un traitement antiparasitaire s'imposait dans tous les cas, le nombre d'œufs comptés dépassant le seuil de recours à un traitement antiparasitaire couramment admis (500 opg). Deux essais ont été réalisés en 2020 et 2021 avec des chèvres laitières sur le site INRAE





FERLUS. La faible teneur en MAT de la prairie de plantain a affecté la production laitière des chèvres. En raison de faibles niveaux d'excrétion d'OPG en début d'essai, il n'a pas été possible de conclure sur un potentiel effet sur les strongles gastro-intestinaux (Caillat *et al.*, 2022b).

**Tableau 2** : Résultats des essais pâturage de plantain en cure de 2 semaines pour des agneaux en engraissement (INRAE de Theix)

ANNEE DE L'ESSAI		2019			2021		
TYPE DE PRAIRIES PATUREES Prairie naturelle pâturée en continu		+ CURE DE PLANTAIN PENDANT 2 SEMAINES		Tendance avec/sans graminée	+ CURE DE PLANTAIN PENDANT 2 SEMAINES		Tendance avec/sans graminée
		SANS	AVEC		SANS	AVEC	
NOMBRE D'AGNELLES PAR LOT		24	24		24	24	
EXCRETIONS D'ŒUFS DE STRONGLES DIGESTIFS	En début d'essai	415 opg*	453 opg	=	75 opg	63 opg	=
	En fin d'essai	863 opg	933 opg	=	1200 opg	1500 opg	+
CROISSANCE		184 g/j	179 g/j	=	184 g/j	205 g/j	+

\*Opg : œufs par g de fèces

Source : Idele/ENVT/INRAE de Theix

#### - Du pâturage en continu

Dans les trois essais conduits en mode continu avec des agneaux âgés de 100 jours, le pâturage du plantain a induit une diminution du nombre d'œufs (opg) comptés dans les fèces : de 100 opg à 400 opg selon les essais. Toutefois, dans deux d'entre eux, la réduction n'est pas suffisante pour économiser un traitement antiparasitaire. En effet, le seuil des 500 opg, couramment admis pour indicateur de recours au chimique, est largement dépassé. Les suivis réalisés dans les 3 élevages indiquent la même tendance. De plus, une majoration de la population de vers comptés dans le tube digestif a été enregistrée pour les agneaux qui pâturaient le plantain par rapport à ceux n'en disposant pas. Enfin, les croissances des agneaux ont été pénalisées de 66 % par rapport au lot d'agneaux traités avec un antiparasitaire non rémanent toutes les six semaines.

Des suivis en élevages montrent des résultats hétérogènes chez des agnelles de renouvellement mais sans effet significatif du plantain sur le niveau d'excrétion d'œufs de strongles digestifs (tableau 3).

**Tableau 3** : Résultats de suivis chez 3 éleveurs avec pâturage en continu de plantain en mélange par des agnelles de renouvellement

ELEVAGE		GAEC Raymond (16)	GAEC Dussouchaud (87)	GAEC Lorgue (87)
TYPE DE PRAIRIES		Plantain + luzerne + trèfles blanc et violet (appelé « mélange GVA 87 »)		
SURFACE PATUREE		3 ha	3 ha	3,7 ha
NOMBRE D'AGNELLES		141	100	123
DATE MOYENNE DE NAISSANCE		Décembre 2019	Janvier 2020	Mars 2020
DATE DE DEBUT DE SUIVI		4 mai 2020	22 juin 2020	30 juin 2020
POIDS EN DEBUT DE SUIVI		39,9 kg	36,2 kg	24,9 kg
POIDS LE 20 OU 22 JUILLET 2020		48,8 kg	42,0 kg	29,7 kg
CROISSANCE		193 g/j	116 g/j	222 g/j
EXCRETIONS D'ŒUFS DE STRONGLES DIGESTIFS	En début d'essai	209 opg*	375 opg	262 opg
	En fin d'essai	136 opg	388 opg	613 opg
TENDANCE FIN/DEBUT D'ESSAI		=	=	+

\*Opg : œufs par g de fèces

Source : Idele/ENVT/CA

### Un intérêt économique lié au potentiel agronomique des plantes

Compte tenu des résultats techniques, le plantain présente un avantage économique à condition que la plante revête un intérêt agronomique. C'est précisément le cas dans les simulations réalisées sur deux exploitations, l'une avec 500 brebis en zone limousine, la seconde avec 960 brebis en zone herbagère bourguignonne. Les mélanges de plantain, luzerne et trèfle blanc semés annuellement sont particulièrement productifs et plus résistants à la sécheresse que ceux à base de graminées et légumineuses. Ainsi, des économies notables d'aliment concentré sont réalisées sur la ration des agneaux en finition. Au final, l'économie s'élève à 3 500 € dans l'une des simulations et 2 500 € dans la seconde, coût des semences comprises (contexte des prix 2023).

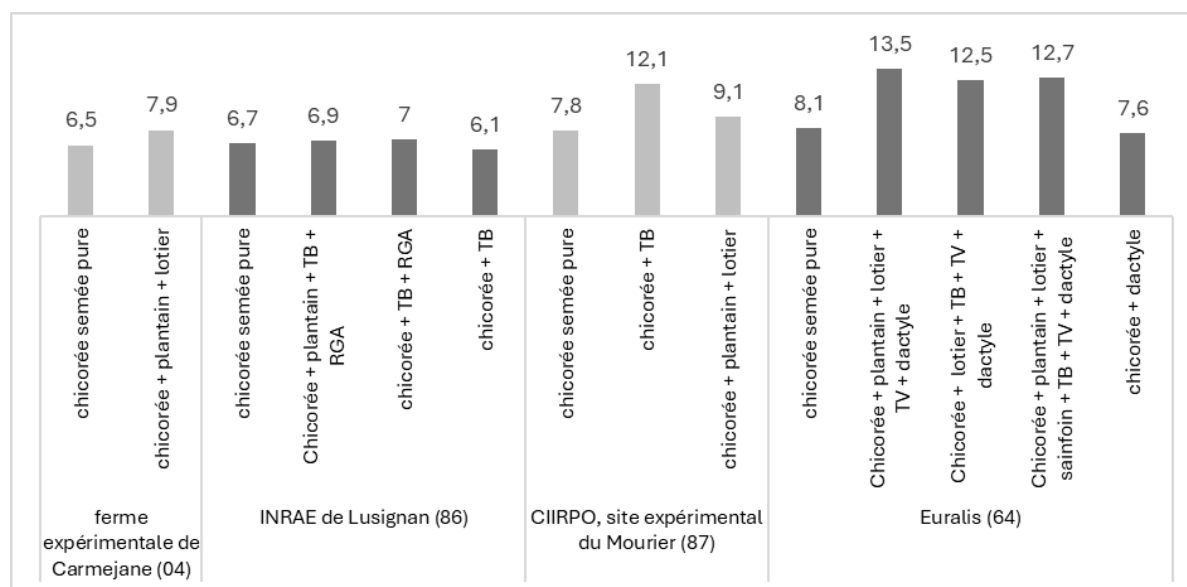
### 3.3. La chicorée

#### La chicorée : une plante de pâture

La chicorée s'implante sur tous les types de sol (pH de 5,5 à 7). Toutefois, elle supporte mal l'humidité. Il est ainsi préférable de la semer sur des parcelles qui se ressuient facilement. Par ailleurs, elle résiste bien au stress hydrique. Sa pérennité est de minimum 3 ans et il est parfois difficile de s'en débarrasser. La récolte de la chicorée n'est envisageable qu'en ensilage et le pâturage est à privilégier. Elle est appétente mais monte vite et reste peu souple d'exploitation. La chicorée s'utilise exclusivement en pâturage tournant, avec retour sur la parcelle toutes les 3 semaines pour éviter la montée en tige. Par ailleurs, cette plante n'est pas météorisante et ne nécessite pas de précaution particulière au pâturage.

Les résultats obtenus dans le cadre de cette étude militent vers un semis de la chicorée en mélange avec une ou plusieurs légumineuses et éventuellement une graminée (figure 2). En effet, les rendements en pure avec une dose de semis de 10 kg par ha varient du simple au double selon la variété et le niveau d'apports azotés. Le mélange avec du trèfle blanc ou du lotier au semis s'est traduit dans notre étude par une augmentation du rendement annuel suivant l'année du semis de 22 % à 59 % dans 3 sites sur 4.

D'autre part, la chicorée étant une plante lente d'implantation, l'association avec d'autres espèces limite le salissement. Ainsi, au CIIRPO (Centre interrégional d'information et de recherche en production ovine), sur le site expérimental du Mourier, le comptage des plantes diverses au cours de l'année suivant le semis passe de 12 % lorsque la chicorée est semée pure à 8 % lorsqu'elle est associée à du trèfle blanc. Plusieurs associations testées dans cette étude avec du trèfle blanc ou du lotier sont aussi possibles.



Source : Ideler/CIIRPO/INRAE Lusignan/ferme expérimentale de Carmejane/Euralis

Rendements annuels suivant l'année et les doses du semis : 10 kg/ha à l'exception de la ferme expérimentale de Carmejane avec 12 kg/ha.

**Figure 2** : Des rendements majorés lorsque la chicorée est semée en mélange avec une légumineuse (en tonne de matière sèche par ha)



### Une bonne teneur en protéines et sans effet sur les gaz à effet de serre

Même si le taux de matières azotées totales de la chicorée reste nettement inférieur à celui du sainfoin, il atteint 140 g par kg de matière sèche en moyenne des 19 échantillons analysés. Il est ainsi équivalent à celui d'une prairie naturelle de plaine ou d'un Ray-Grass Anglais au stade début épiaison. Par ailleurs, la chicorée est plus concentrée en azote en automne qu'au printemps avec un écart de 16 %. Faute d'équations prédictives disponibles, les valeurs en Protéines Digestibles dans l'Intestin n'ont pas été calculées.

D'autre part, la chicorée est pauvre en tannins condensés contrairement au sainfoin. Les métabolites secondaires qu'elle contient sont d'un autre type (les sesquiterpènes lactones). Dans les conditions de cette étude, la chicorée présente un bilan environnemental neutre comparé à celui d'une graminée. En effet, les indicateurs de rejets polluants tels que le méthane entérique et les rejets urinaires azotés restent peu modifiés.

### Sans effet notable sur les strongles digestifs des agneaux

Le pâturage de la chicorée semée en pure a été testé en continu et sous forme de cures de 2 à 3 semaines chez des agneaux en finition et des agnelles de renouvellement. Les taux d'excrétion en strongles digestifs évalués par prélèvement de fèces sur l'ensemble des animaux toutes les deux semaines ont été comparés à ceux de jeunes pâturant des prairies sans chicorée. Les taux d'infestation ont été mesurés dans deux essais par comptage des vers dans les tubes digestifs de 4 agneaux par lot.

- En cures de 2 à 3 semaines

A l'issue des deux cures de 2 semaines réalisées sur une parcelle de chicorée, les agneaux présentaient des niveaux d'excrétion soit équivalents, soit légèrement inférieurs que ceux qui sont restées sur des prairies permanente (tableau 4). Un traitement antiparasitaire s'imposait dans le second cas, le nombre d'œufs comptés dépassant le seuil de recours à un traitement antiparasitaire couramment admis (500 opg) avec près de 1 000 opg. Les croissances sont restées relativement équivalentes entre les lots d'essai.

**Tableau 4** : Résultats des essais pâturage de chicorée en cure de 2 semaines chez des agneaux en engraissement (INRAE de Theix)

ANNEE DE L'ESSAI		2019			2021		
TYPE DE PRAIRIES PATURES Prairie naturelle pâturée en continu		+ CURE DE CHICOREE PENDANT 2 SEMAINES		Tendance avec/sans chicorée	+ CURE DE CHICOREE PENDANT 2 SEMAINES		Tendance avec/sans chicorée
		SANS	AVEC		SANS	AVEC	
NOMBRE D'AGNELLES PAR LOT		24	24		24	24	
EXCRETIONS D'ŒUFS DE STRONGLES DIGESTIFS	En début d'essai	415 opg*	426 opg	=	75 opg	72 opg	=
	En fin d'essai	863 opg	885 opg	=	1200 opg	990 opg	-
CROISSANCE		184 g/j	171 g/j	=	184 g/j	196 g/j	=

\*Opg : œufs par g de fèces

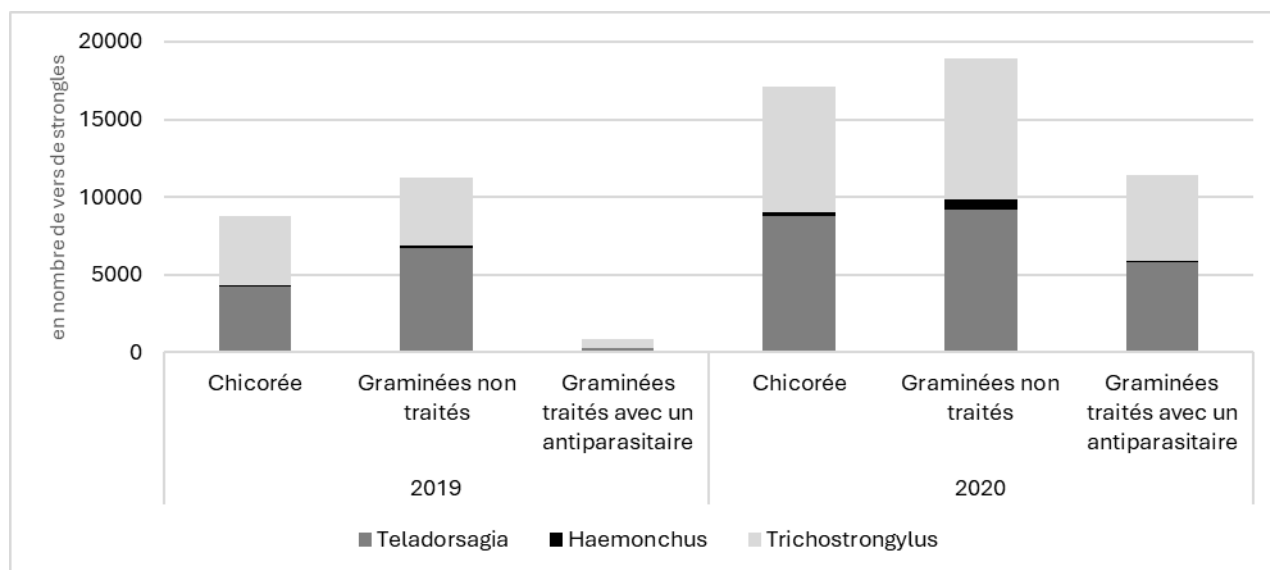
Source : Idele/ENVT/INRAE de Theix

- Du pâturage en continu

Dans les trois essais, le pâturage de la chicorée semée en pure en continu par des agneaux de 100 jours apparaît plus favorable en matière de réduction des strongles digestifs. Ainsi, le nombre d'œufs comptés dans les fèces est diminué de 300 opg à 400 opg par rapport à celui d'agneaux sur prairie sans chicorée en fin de pâturage. Le nombre de vers comptés dans le tube digestif des agneaux confirme cette tendance : il est inférieur de 10 % à 20 % (Figure 3). Enfin, les croissances des agneaux sont majorées de 19 % à 34 % selon les essais. Toutefois, comparés au lot d'agneaux ayant reçu des traitements antiparasitaires toutes les six semaines, tous ces indicateurs restent moins favorables. Par exemple, le



nombre de vers identifiés dans la caillette et l'intestin a multiplié par 1,5 et 10 dans les deux essais. Les croissances suivent la même tendance avec -30 % en moyenne.



Source : Idele/CIIRPO/ENVT

**Figure 3** : Les populations des 3 types de strongles digestifs les plus fréquents comptés dans le tube digestif des agneaux (en nombre de vers) (Essai CIIRPO)

### Intérêt économique

Les simulations économiques pour le cas-type ovin lait des Pyrénées-Atlantiques montre que la surface disponible pour développer des plantes fourragères riches en MSB est trop limitée pour entraîner un effet notable à l'échelle du système et des résultats économiques de l'exploitation. Toutefois, la meilleure tenue de la chicorée, en été, permet de sécuriser le pâturage des brebis sur cette période.

Pour le cas-type caprin du centre-ouest, le développement de prairie « alicament » à base de plantain, chicorée, lotier, luzerne et plantes médicinales permet d'allonger la période de pâturage des chèvres en juillet et en octobre. La réduction des besoins en concentrés et en fourrages stockés se traduit par un gain de l'ordre de 2 000 € par an.

## 4. Discussion et conclusion

Le projet FASTOChe a montré concrètement les intérêts et les limites des trois plantes bioactives étudiées. Une synthèse à partir des essais et des enquêtes (Versavaud, 2019) et suivis en élevages permet de retenir les éléments suivants :

- Le sainfoin est une plante : non acidogène, avec un rendement annuel de l'ordre de 5 tonnes de matière sèche par ha, avec un fort taux de protéines, riche en tannins condensés et avec un effet bénéfique sur l'environnement. Le pâturage du sainfoin sous forme de cures est sans effet significatif sur l'excrétion en strongles digestifs. En mode continu une réduction de l'excrétion a été mesurée dans un essai et une augmentation dans l'autre. Dans les deux cas, le recours à un traitement chimique s'impose, le seuil des 500 opg étant dépassé.
- Au niveau du plantain, les résultats montrent qu'il est préférable de le semer en mélange avec au moins une légumineuse. Il présente une valeur azotée élevée et son pâturage a un effet bénéfique sur les émissions de gaz à effet de serre. Le pâturage du plantain sous forme de cures est sans effet sur l'excrétion en strongles digestifs. En mode continu, une réduction de 100 opg



à 400 opg a été mesurée selon les essais. Dans deux essais sur les trois, le recours à un traitement chimique s'est imposé.

- La chicorée est également à semer en mélange avec au moins une légumineuse. Sa valeur azotée est très correcte, mais son pâturage est sans effet sur les émissions de gaz à effet de serre. Son pâturage sous forme de cures n'a pas permis une diminution de l'excrétion en strongles digestifs chez les agneaux. En mode continu, une réduction de l'excrétion et de l'infestation a été mesurée dans les 3 essais. Dans 2 d'entre eux, le seuil des 500 opg est toutefois dépassé.

Comme il a été mesuré dans le projet, la teneur en MSB des 3 plantes étudiées au pâturage est soumise à de nombreux facteurs de variation (date d'utilisation, condition météorologique). Leur utilisation en élevage paraît donc difficile à mettre en place dans un seul but antiparasitaire. En effet, au regard des résultats obtenus dans le cadre de cette étude, le pâturage de ces plantes n'apparaît pas comme une solution préventive et ne remplace pas un traitement anthelminthique.

Les résultats obtenus dans le cadre du projet PARALUT (pilote par le Centre Départemental d'Élevage Ovins et financé par la région Nouvelle-Aquitaine 2018-2022) vont dans le même sens. Il visait à étudier la distribution à l'auge de plantes riches en tannins condensés pour des agneaux à l'engraissement, des agnelles de renouvellement et des brebis. Elle n'a pas montré d'intérêt pour diminuer le niveau d'excrétion parasitaire sur des périodes allant de 3 à 9 semaines (Bordes, 2022).

Ce constat peut s'expliquer en grande partie par le fait de la dilution des substances actives au pâturage, sachant qu'il est admis dans la littérature que la concentration en tannins dans la ration quotidienne doit être de l'ordre de 2 % à 3 % (Hoste *et al.*, 2006). Dans les essais FASTOche et PARALUT, les taux ont toujours été inférieurs à 1 %. Pour atteindre des niveaux supérieurs, le niveau de distribution d'aliments riche en tannins serait irréaliste de par son coût et un déséquilibre alimentaire. Une des pistes soumises par des fabricants d'aliments seraient peut-être une distribution ou un pâturage étalé sur toute l'année afin d'avoir un effet prolongé des MSB. Cependant sa mise en œuvre demanderait des adaptations importantes du système d'élevage et ses réels effets restent à démontrer.

Malgré les résultats du projet FASTOche, les enjeux sont toujours bien présents avec le problème de la durabilité du contrôle des SGI chez les animaux au pâturage et de l'urgence de mettre en place de nouvelles méthodes de gestion, en ne se basant pas exclusivement sur le recours à des produits chimiques de synthèse.

Les résultats de plusieurs essais conduits dans cette étude et dans le projet PARALUT montrent que des individus vivent très bien avec des parasites sans contre-performances zootechniques (Jacquiet *et al.* 2022). Le traitement sélectif est sans doute une piste de travail à développer en pesant périodiquement les animaux et/ou en mesurant régulièrement la production laitière. La génétique se présente également comme un levier d'avenir. Elle s'oriente vers la mise en place d'un nouveau critère de sélection permettant de valoriser les animaux les plus résistants au parasitisme.

Enfin, il semble maintenant établi que la maîtrise des strongles gastro intestinaux chez les petits ruminants passe par une gestion intégrée, s'articulant autour de différentes pratiques : prévenir et limiter les infestations dans les prairies, améliorer la résilience des animaux ou encore éliminer les strongles gastro-intestinaux par des pratiques raisonnées de vermifugation. Cette gestion doit en parallèle assurer une valorisation optimisée de l'écosystème prairial, la prairie étant le lieu d'infestation des animaux par les parasites, et ce dans un souci de bien-être animal et de durabilité technico-économique des systèmes d'élevage pâturant.

Les livrables issus de cette étude sont très nombreux et l'ensemble est consultable sur [idele.fr](http://idele.fr) rubrique FASTOche.



## **Ethique**

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

## **Déclaration sur la disponibilité des données et des modèles**

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

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

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

## **Contributions des auteurs**

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

## **Déclaration d'intérêt**

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

## **Remerciements**

Remerciements aux partenaires techniques du projet FASTOche : Idele ; Chambres d'Agriculture de la Haute-Vienne, de la Saône-et-Loire, des Pyrénées-Atlantiques ; Centre Interrégional d'Information et de Recherche en Production Ovine (CIIRPO, 87) ; EPLEFPA de Olivier de Serre d'Aubenas avec la ferme du Pradel (07), La Cazotte - Saint Affrique (12), Fontaine Sud Bourgogne (71), Carmejane (04) ; INRAE UE 1373 FerLus (Fourrages Environnement Ruminants Lusignan, 86), INRAE de Theix (UMR Herbivore et Herbipôle, 63), INRAE/Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse (UMR IHAP INRAE/ENVT, 31).

Ainsi qu'aux éleveurs et techniciens ayant participé à cette étude.

## **Déclaration de soutien financier**

Cette étude a été réalisée avec la contribution financière du Compte d'Affectation Spéciale « Développement Agricole et Rural » du Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, projet CASDAR IP 5845 – FASTOche, piloté par l'Institut de l'Elevage.



## Références bibliographiques

Bordes L., 2022. Approche intégrée du contrôle des strongles gastro intestinaux chez les ovins en région Nouvelle-Aquitaine. Thèse de doctorat, Université de Toulouse.

Caillat H., Gonzalez M., Delagarde R., Hoste H. (2022a). Sainfoin grazing by dairy goats to manage gastro-intestinal parasitism and improve milk performance. *Grassland Science in Europe*, Vol. 27 – Grassland at the heart of circular and sustainable food systems, 539-541

Caillat H., Locher E., Hoste H., Delagarde R. (2022b). Dairy goats grazing plantain: milk performance and consequences on gastro-intestinal parasitism. *Grassland Science in Europe*, Vol. 27 – Grassland at the heart of circular and sustainable food systems, 542-544.

Hoste H., Sotiraki S., Landau S.Y., Jackson F., Beveridge I., 2010. Goat–Nematode interactions: think differently. *Trends in Parasitology* 26: 376-381.

Hoste H., Torres-Acosta J.F.J., Sandoval-Castro C.A., Mueller-Harvey I., S. Sotirakis S., Louvandini H., Thamsborg S.M., Terril T.H. (2015). Tannin containing legumes as a model for nutraceuticals against digestive parasites in livestock. *Veterinary Parasitology* 212, 5-17.

Hoste H., Chartier C. 1993. Comparison of the effects on milk production of concurrent infection with *Haemonchus contortus* and *Trichostrongylus colubriformis* in high- and low-producing dairy goats. *Am. J. Vet.Res.*, 54, 1886-1893.

Hoste H., Niderkorn V., 2019. Le sainfoin (*Onobrychis viciifoliae*) et la chicorée (*Cichorium intybus*) : deux modèles de plantes bioactives pour répondre aux défis agroécologiques en élevage de ruminants. Journées AFPP – Elevage à l'herbe : quels bénéfices complémentaires ? – 12-13 mars 2019. 69-81.

Hoste H., Jackson F., Athanasiadou S., Thamsborg. M., Hoskin S., 2006. The effects of tannin-rich plants on parasitic nematodes in ruminants. *Trends in Parasitology* 22, 253–261.

Jacquet P., 2012. Résistance génétique aux nématodes chez les Ruminants. *Le Point Vétérinaire*, Numéro spécial « Parasitologie interne des Ruminants », 42-47.

Jacquet P., Bordes L., Cheype A., Tortereau Flavie, Bouix G., Sagot L., 2022. Lutte contre les strongles digestifs : Une nouvelle donne, de nouvelles pratiques, des perspectives prometteuses. Document d synthèse des résultats du projet PARALUT, France.

Lumaret J., Errouissi F., Floate K., Rombke J., Wardhaugh K., 2012. A review on the toxicity and non-target effects of macrocyclic lactones in terrestrial and aquatic environments. *Curr. Pharm. Biotechnol.*, 13: 1004-1060.

Mavrot F., Hertzberg H., Torgerson P., 2015. Effect of gastro-intestinal nematode infection on sheep performance: a systematic review and meta-analysis. *Parasites & Vectors* 8, 557–568. doi: 10.1186/s13071-015-1164-z.

Rose H., Rinaldi L., Bosco A., Mavrot F., de Waal T., Skuce P., Morgan E.R., 2015 b. Widespread anthelmintic resistance in European farmed ruminants: a systematic review. *Vet Rec*, 176(21), 546. doi:10.1136/vr.102982.

Versavaud C., 2019. Les éleveurs ovins et caprins face au parasitisme gastro-intestinal : quelle place pour le pâturage des plantes à métabolites secondaires bioactifs ? Mémoire de fin d'étude. ENSAT.



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

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

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