

ÉVALUATION DE LA FAISABILITÉ D'UN TRAITEMENT CIBLÉ SÉLECTIF CONTRE LES STRONGLES GASTRO-INTESTINAUX CHEZ LES GÉNISSES LAITIÈRES DE PREMIÈRE SAISON DE PÂTURAGE, BASÉ SUR LA COMBINAISON D'INDICATEURS LIÉS À LA CONDUITE DU PÂTURAGE ET AU GAIN DE POIDS INDIVIDUEL *

Merlin Aurélie¹, Chauvin Alain¹, Lehebel Anne¹, Brisseau Nadine¹, Froger Sébastien¹,
Bareille Nathalie¹ et Chartier Christophe¹



RÉSUMÉ

Une étude a été conduite sur 577 génisses de première saison de pâturage, réparties dans 24 groupes, avec comme objectif d'évaluer la combinaison d'indicateurs de conduite de pâturage de groupe et du gain moyen quotidien de poids (GMQ) individuel pour identifier, en fin de saison de pâturage, les groupes/animaux qui nécessitent d'être traités contre les strongles gastro-intestinaux (SGI). La première étape a consisté à définir rétrospectivement, *via* des indicateurs de conduite de pâturage, deux niveaux prédéfinis d'exposition des groupes avec les SGI (faible/fort) déterminés par le niveau d'anticorps anti-*Ostertagia* (ELISA-*Ostertagia*). La meilleure classification a été obtenue avec un système expert (Parasit'Sim) modélisant le niveau de contamination des parcelles (NCP) par les larves d'*O. ostertagi*, avec seulement 8 % de mal-classés. Ce système expert compile des données de conduite (rotations de parcelles, supplémentation) avec des données météorologiques. Des retards individuels de croissance dus à l'exposition avec les SGI (ELISA-*Ostertagia*) ont uniquement été observés dans les groupes fortement exposés (NCPfort : ≥ 3 générations larvaires). Dans ces groupes, la sensibilité et spécificité de seuils de traitement basés sur le GMQ individuel ont été calculés pour différents seuils d'exposition (ELISA-*Ostertagia* individuel) pouvant affecter la croissance. Le meilleur compromis entre sensibilité/spécificité (76 %/56 %) a été obtenu en utilisant un seuil de GMQ de 683 g/j pour détecter les animaux, souffrant de l'exposition, au-dessus d'un seuil d'ELISA-*Ostertagia* de 0,93. Ce seuil de GMQ correspond à un traitement anthelminthique (AH) de 50 % des animaux et permet de conserver une population parasitaire refuge chez les animaux non traités (population de parasites non exposés aux AH). Ainsi, un traitement ciblé sélectif chez des génisses de première saison de pâturage basé sur la combinaison d'indicateurs de conduite et de GMQ semble réalisable à la rentrée, en acceptant le fait que certains animaux probablement fortement parasités (ELISA-*Ostertagia* élevé) ne seront pas traités car ils présentent un GMQ satisfaisant (animaux résilients).

Mots-clés : traitement ciblé sélectif, strongles gastro-intestinaux, génisses de première saison de pâturage, conduite de pâturage, ELISA-*Ostertagia*, gain moyen quotidien de poids.

.../..

* Texte de la communication orale présentée au cours de la Journée scientifique AEEMA, 25 mars 2016

¹ BIOEPAR, INRA, Oniris, La Chantrerie, 44307, Nantes, France

.../..

ABSTRACT

A two-year study was carried out to evaluate the combination of grazing management practices (GMP) at group level and individual average daily weight gain (ADWG) in first grazing season (FGS) heifers at housing, to identify groups/animals that needed to be treated against gastrointestinal nematodes (GIN). Overall, 577 heifers from 24 groups were followed. The first step was to define retrospectively, by grazing management practices (GMP) indicators, two levels of exposure to GIN (Low/high) determined by anti-*O. ostertagi* antibody level (*Ostertagia*-ODR). The best classification was obtained with an expert system (Parasit'Sim) modeling the infective larval density (ILD) on paddocks, combining GMP (rotation planning, supplementary feeding amount) and monthly temperatures; only 8% of groups were misclassified. Individual ADWG was only found to be negatively associated with GIN exposure (*Ostertagia*-ODR) in heifers from groups classified as highly exposed to GIN (high ILD ≥ 3 larval generations). In these groups, sensitivity and specificity of treatment thresholds based on ADWG were calculated for several individual *Ostertagia*-ODR thresholds. The best compromise between sensitivity and specificity was equivalent respectively to 76% and 56%, and was reached using an end-season ADWG threshold of 683 g/day to detect animals exhibiting an *Ostertagia*-ODR cut-off at 0.93. This threshold corresponded to an anthelmintic treatment of 50% of animals allowing the conservation of parasite population *in refugia* from untreated animals (parasite population not exposed to the drug). Thus, a targeted selective treatment for FGS heifers based on GMP and ADWG seems feasible at housing, accepting that some animals probably highly infected (high *Ostertagia*-ODR) will not be treated because they present an acceptable ADWG (resilient animals).

Keywords: Targeted selective treatment, Gastro-intestinal strongyles, First grazing season heifers, Grazing management, Average daily weight gain, ELISA-*Ostertagia*.



I - INTRODUCTION

Les strongles gastro-intestinaux (SGI) sont des vers du tube digestif qui constituent une contrainte sanitaire pour l'élevage des génisses au pâturage. Ce sont en effet des parasites ubiquistes qui peuvent induire chez les génisses de première saison de pâturage (PSP), réceptives et sensibles aux infestations, des retards de croissance, voire des atteintes cliniques (diarrhée) [Ploeger et Kloosterman, 1993]. *Ostertagia ostertagi* (strongle de la caillette) est le SGI le plus fréquent et le plus pathogène dans les pays à climat tempéré [Ploeger *et al.*, 1994 ; Dorny *et al.*, 1999 ; Høglund *et al.*, 2013].

L'exposition des génisses aux larves infestantes de SGI présentes sur les parcelles est largement influencée par les pratiques de pâturage (date de mise à l'herbe, rotations de parcelles, durée de pâturage, supplémentation en fourrage) [Ploeger *et al.*, 1990 ; Jørgensen *et al.*, 1992 ; Charlier *et al.*, 2010a] et par les conditions météorologiques

[Larsson *et al.*, 2006 ; Bennema *et al.*, 2010]. Cette exposition peut être évaluée indirectement par un dosage d'anticorps anti-*Ostertagia* (ELISA-*Ostertagia*). Le niveau d'exposition étant variable d'un lot de génisses à un autre, l'impact de l'infestation par les SGI sur la croissance est donc variable entre lots. L'effet sur la croissance est également variable entre individus d'un même lot en raison du caractère sur-dispersé (agrégé) de la distribution des parasites dans un lot de génisses [Gasbarre *et al.*, 2001].

Pour limiter les pertes de production dues aux SGI, les anthelminthiques (AH) sont largement utilisés, préventivement ou curativement, et sont souvent couplés à des conduites de pâturage protectrices permettant en fin de PSP d'obtenir des niveaux d'infestation faibles [Charlier *et al.*, 2010a]. Cependant, une forte utilisation d'AH présente plusieurs risques ; elle peut :

1. limiter le développement de l'immunité des génisses vis-à-vis des SGI [Ploeger *et al.*, 1994], et
2. augmenter la pression de sélection exercée sur les populations de SGI en majorant le risque d'apparition de vers résistant aux AH [Sutherland et Leathwick, 2011 ; Geurden *et al.*, 2015 ; Rose *et al.*, 2015].

Pour réduire ces risques, l'utilisation des AH doit être réduite et optimisée. Les nouvelles stratégies de traitement ciblé-sélectif (TCS) devraient permettre cette optimisation. Dans ces stratégies de traitement raisonné, **les périodes à risque sont ciblées** (périodes au cours desquelles les parcelles ou les animaux sont suffisamment infestés pour qu'il y ait des conséquences cliniques et/ou sur la production), et **les génisses à risque sont sélectionnées individuellement** (les plus parasitées et/ou celles subissant le plus de pertes de croissance à cause de ces parasites).

La réduction de l'utilisation des traitements AH a pour objectif la conservation de parasites en refuge chez des animaux non traités. Le terme refuge se définit comme la proportion de la population de parasites non exposée aux AH et ainsi échappant à toute pression de sélection [Van Wyk, 2001]. Le maintien d'un refuge est considéré comme un facteur majeur pour limiter le risque d'apparition de populations de SGI résistants. Un modèle de simulation d'apparition de résistance chez des agneaux a montré que conserver 10-20 % d'animaux non traités permettrait d'éviter toute apparition de résistance sur une durée de 20 ans [Bames *et al.*, 1995]. Des études de terrain réalisées en Nouvelle Zélande chez des agneaux ont également montré que conserver 10-20 % d'animaux non traités permettait de ralentir l'apparition de la résistance aux AH [Leathwick *et al.*, 2006 ; Waghorn *et al.*, 2008], tout en conservant une productivité satisfaisante.

Chez les génisses, des études ont mis en évidence que la seconde moitié de la saison de pâturage, à partir du mois d'août/septembre, est souvent une période à risque car la population larvaire d'*O. ostertagi* augmente, entraînant un risque d'ostertagiose de type I [Armour *et al.*, 1979]. Pour cibler plus précisément les périodes à risque, un système expert de prédiction du risque pour *O. ostertagi* été développé [Chauvin *et al.*, 2015]. En se basant sur des données météorologiques, la conduite de pâturage, la supplémentation et les traitements effectués ou prévus, ce système expert évalue la succession des cycles biologiques

d'*O. ostertagi* et donc le niveau de contamination des parcelles. Il cible alors les périodes à risque au cours desquelles un traitement anthelminthique sera nécessaire.

Pour sélectionner les génisses les plus à risque en cours de PSP, plusieurs indicateurs à l'échelle individuelle ont été explorés : des indicateurs de croissance (poids, GMQ) [Greer *et al.*, 2010 ; Hoglund *et al.*, 2013], ou des combinaisons d'indicateurs de croissance et parasitologiques [Fahrenkrog *et al.*, 2013 ; O'Shaughnessy *et al.*, 2014].

A ce jour, aucune étude n'a évalué une approche dans laquelle sont combinés des indicateurs à l'échelle du groupe et de l'individu, approche qui permettrait :

1. le ciblage des lots à risque, c'est-à-dire ceux dans lesquels les pratiques de pâturage induisent un degré de parasitisme ayant un impact sur la croissance, et
2. la sélection dans ces lots à risque, des individus souffrant le plus du parasitisme, c'est-à-dire ayant des retards de croissance.

Une étude préliminaire, réalisée sur 12 groupes de génisses de PSP, a montré qu'à partir de données de conduite de pâturage très simples (date mise à l'herbe : < ou ≥ juin, durée de pâturage : < ou ≥ 5 mois, supplémentation : Oui/Non), il est possible de classer les groupes selon deux niveaux d'exposition : EXPfaible : le niveau moyen d'ELISA-*Ostertagia* de groupe en fin de saison est strictement inférieur à 0,7 et EXPforte : le niveau moyen d'ELISA-*Ostertagia* est supérieur ou égal à 0,7. En outre, il a été montré que les retards de croissance n'étaient corrélés à l'ELISA-*Ostertagia* que dans la catégorie EXPforte. Dans cette dernière catégorie, des baisses significatives de croissance ont été identifiées chez les génisses qui avaient des valeurs individuelles d'ELISA-*Ostertagia* > 0,9 en fin de PSP [Merlin *et al.*, 2016]. Ces résultats suggèrent qu'un ciblage des lots à risque *via* la conduite de pâturage et une sélection des individus à risque *via* le GMQ devraient être possibles.

L'objectif de cette étude a donc été de valider, sur un échantillon de 24 groupes de génisses, une stratégie de traitement ciblé-sélectif basée sur :

1. l'identification des lots à risque par la conduite de pâturage, et
2. l'identification des génisses à risque par leur moindre GMQ.

II - MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. LES SITES EXPÉRIMENTAUX ET LES ANIMAUX

L'étude a été conduite, en 2013 et 2014, sur 577 génisses laitières de PSP, réparties dans six fermes expérimentales (INRA, Chambre Départementale d'Agriculture) localisées dans l'Ouest de la France. Dans chaque ferme, un à quatre groupes de génisses (9 à 52 génisses par groupe) ont été suivis, soit un total de 24 groupes. Durant l'étude, aucune génisse n'a été vermifugée contre les SGI. Selon les groupes, la mise à l'herbe s'est étalée de mi-mars à mi-août et la rentrée en bâtiment de mi-octobre à mi-décembre. À la mise à l'herbe, les génisses avaient en moyenne huit mois (intervalle : 4-17 mois) et pesaient entre 98 et 378 kg. La saison de pâturage a duré en moyenne 6 mois (intervalle : 2-9 mois).

2. LES INDICATEURS DE CONDUITE DE PÂTURAGE

Pour évaluer *a posteriori* le niveau d'exposition de chaque groupe de génisses, des indicateurs de conduite de pâturage ont été collectés (ex : date de mise à l'herbe/rentrée, nombre de parcelles, quantité de supplémentation) et deux indicateurs combinant différentes conduites ont été construits : le temps de contact effectif (TCE) avec les larves infestantes de SGI se trouvant sur les parcelles, et le niveau de contamination des parcelles avec les larves infestantes d'*O. ostertagi* (NCP). Le TCE correspond à la durée de pâturage, à laquelle il faut soustraire les périodes au cours desquelles le contact avec les larves est amoindri car le fourrage apporté devient la part majoritaire de la ration. Le TCE d'un groupe s'exprime en jours. Le NCP s'exprime, quant à lui, en nombre de générations larvaires qui s'accumulent sur les parcelles tout au long de la saison de pâturage. Ce NCP est calculé par un système expert (Parasit'Sim) qui modélise la succession des cycles en se basant sur les températures mensuelles relevées dans la station météorologique la plus proche de l'élevage (< 70km), la conduite de pâturage des lots suivis (dates de mise à l'herbe et de rentrée, rotations de parcelles), et la supplémentation (part du fourrage) [Chauvin *et al.*, 2015]. Le NCP s'exprime en deux niveaux (faible : < 3 générations de larves infestantes/fort : ≥ 3 générations de larves infestantes).

3. LE GMQ ET LES INDICATEURS INDIVIDUELS PARASITOLOGIQUES ET CLINIQUES

À partir de pesées réalisées sur chaque génisse à la mise à l'herbe et à la rentrée en stabulation, un GMQ individuel a été calculé. À la rentrée, des prélèvements de sang et de fèces ont été réalisés sur chaque génisse. À partir de ces prélèvements, trois indicateurs parasitologiques individuels ont été mesurés : le nombre d'œufs de SGI excrétés dans les matières fécales, exprimé en œufs par gramme de fèces-OPG (technique coproscopique de McMaster [Raynaud *et al.*, 1970]), le taux de pepsinogène sérique (PEP), exprimé en milli unité de tyrosine (mU Tyr) (méthode de dosage Kerboeuf *et al.* [2002]), et le niveau d'anticorps anti-*O. ostertagi* (ELISA-*Ostertagia*), exprimé en ratio de densité optique (RDO) (kit SVANOVR® *O. ostertagi*-Ab ELISA ; Svanova Biotech, Uppsala, Suède). Pour chaque génisse, deux indicateurs cliniques ont également été visuellement déterminés en fin de PSP : un score de diarrhée (SD) noté de 0 (solide) à 2 (liquide), et un score de souillure de l'arrière-train (SSAT) noté de 0 (propre) à 2 (souillé) [Pérez *et al.*, 1998].

4. ANALYSES STATISTIQUES

4.1. PRÉDICTION DU CLASSEMENT DES GROUPES SELON LES DEUX NIVEAUX D'EXPOSITION

Le niveau réel d'exposition des groupes aux SGI a été mesuré par la moyenne des ELISA-*Ostertagia* pour chaque groupe. Les groupes ayant une moyenne < 0,7 ont été classés dans la catégorie EXPfaible, et ceux avec une moyenne ≥ 0,7 dans la catégorie EXPforte [Merlin *et al.*, 2016]. Des arbres de décision ont été réalisés, *via* le logiciel R version 3.1.0, pour classer les groupes selon les deux niveaux d'expositions prédéfinis (EXPfaible, EXPforte), à partir des différents indicateurs de conduite de pâturage. Les indicateurs ont été testés individuellement et en combinaison pour permettre la meilleure classification. Une fois que le classement des groupes dans leur catégorie d'exposition (EXPfaible et EXPforte) a pu être optimisé *via* les indicateurs de conduite (les mal classés étant conservés), le GMQ et les indicateurs parasitaires et cliniques ont été comparés entre les deux catégories d'exposition *via* un test de Mann Whitney (P < 0,05).

4.2. EXPLICATION DE LA VARIABILITE DU GMQ INDIVIDUEL VIA L'INDICATEUR D'EXPOSITION DE GROUPE ET LES INDICATEURS INDIVIDUELS PARASITOLOGIQUES ET CLINIQUES

Un modèle de régression linéaire à effets mixtes a ensuite été construit pour évaluer si les indicateurs parasitologiques et cliniques pouvaient expliquer significativement la variabilité du GMQ individuel en prenant en considération le niveau d'exposition du groupe dans lequel se trouvait l'animal. L'effet année a été considéré comme un effet aléatoire. Les résidus et les valeurs prédites ont été tracés pour évaluer leur hétéroscédasticité et leur normalité.

4.3. IDENTIFICATION DE COUPLES DE SEUILS INDICATEUR PARASITAIRE/GMQ

Pour l'identification de seuils de traitement des animaux souffrant le plus du parasitisme basés sur le GMQ, l'indicateur ELISA-*Ostertagia* a été utilisé comme marqueur du parasitisme. La raison est double : premièrement, il a été observé que l'ELISA-*Ostertagia* explique une plus grande part de variabilité du GMQ que le PEP (l'excrétion fécale d'œufs étant non corrélée avec le GMQ) [Merlin *et al.*, 2016], et deuxièmement, contrairement à l'analyse du PEP [Charlier *et al.*, 2010b ; Charlier *et al.*, 2011], le dosage des anticorps par l'ELISA-*Ostertagia* est standardisé, reproductible et robuste [Charlier *et al.*, 2010b]. Cependant, une

grille d'interprétation des valeurs d'ELISA-*Ostertagia* en PSP en relation avec différentes charges parasitaires, comme cela a pu être proposé pour le pepsinogène [Kerboeuf *et al.*, 1981], demande à être développée.

Dans les groupes fortement exposés avec les SGI, où la variabilité du GMQ a été expliquée par l'indicateur ELISA-*Ostertagia*, des analyses ROC ont été réalisées pour identifier les seuils de traitement basés sur le GMQ qui :

1. optimisent la classification binaire des animaux en fonction de différents seuils pour l'indicateur parasitaire et
2. maximisent la sensibilité du test tout en conservant au minimum 20 % d'animaux non traités.

Cette valeur de 20 % a été retenue à titre d'exemple dans la suite du travail, compte tenu des premiers résultats obtenus chez les petits ruminants [Bames *et al.*, 1995 ; Leathwick *et al.*, 2006 ; Waghorn *et al.*, 2008]. La classification binaire des animaux a été basée sur la présence/absence d'une exposition significative avec les SGI (déterminée par des valeurs d'ELISA-*Ostertagia*) suffisante pour affecter la croissance des animaux (avec le GMQ en variable réponse). Suite aux premiers résultats obtenus [Merlin *et al.*, 2016], une gamme de valeurs d'ELISA-*Ostertagia* centrée sur 0,9 a été testée (gamme : 0,4-1,4).

III - RÉSULTATS

1. PRÉDICTION DU NIVEAU RÉEL D'EXPOSITION DES GROUPES À L'AIDE D'INDICATEURS DE CONDUITE DE PÂTURAGE

Parmi les différents indicateurs de conduite individuels ou combinés, le NCP a permis la meilleure discrimination des groupes selon les deux niveaux d'exposition (EXPfaible, EXPforte), avec seulement 8% de groupes mal classés (2/24)(données non illustrées). Quand le NCP était élevé (≥ 3 générations larvaires) le groupe était classé dans EXPforte, et inversement. Les deux groupes mal classés se caractérisaient par un ELISA-*Ostertagia* moyen inférieur à 0,7 et des conduites de pâturage qui ont mené le système

expert à calculer un NCP fort. Pour la suite de l'étude, le NCP (faible ou fort) a été considéré comme l'indicateur d'exposition des groupes aux SGI.

2. COMPARAISON DU GMQ ET DES INDICATEURS PARASITAIRES ET CLINIQUES ENTRE LES DEUX NIVEAUX D'EXPOSITION

À l'exception de l'indicateur d'excrétion fécale d'œufs, les indicateurs parasitaires et cliniques, ainsi que le GMQ ont été significativement différents entre les deux niveaux d'exposition (NCP faible/NCP fort) (tableau 1).

Tableau 1
Moyennes (et écarts types) du GMQ et des indicateurs parasitaires et cliniques
entre les deux catégories d'exposition de groupe

Catégories d'exposition	Variable de construction ¹	Indicateurs liés au parasitisme et à la clinique ¹				Indicateur zootechnique ¹
		ELISA- <i>Ostertagia</i> (RDO)	Pepsinogène (mU Tyr)	Excrétion fécale d'œufs (opg)	SD (0-2) SSAT (0-2)	
NCP faible (6 groupes, n = 174)	0,65 ^a (0,23)	1835 ^a (630)	71 ^a (152)	0,9 ^a (0,7)	0,3 ^a (0,5)	743 ^a (115)
NCP fort (18 groupes, n = 403)	0,87 ^b (0,26)	2193 ^b (822)	53 ^a (108)	1,1 ^b (0,7)	0,7 ^b (0,7)	648 ^b (167)

GMQ : gain moyen quotidien de poids ; n : effectif des génisses ; NCP : niveau de contamination des parcelles avec les larves infestantes ; SD : score de diarrhée ; SSAT : score de souillure de l'arrière train

¹Les moyennes sur une même colonne sont significativement différentes quand l'exposant est différent (a, b, c) (Test de Mann Whitney, P < 0,05)

3. ÉVALUATION DE LA VARIABILITÉ DU GMQ INDIVIDUEL VIA L'INDICATEUR D'EXPOSITION DE GROUPE ET LES INDICATEURS INDIVIDUELS PARASITAIRES ET CLINIQUES

Parmi les indicateurs individuels parasitaires et cliniques, l'ELISA-*Ostertagia* (t = -4,90) et le PEP (t = -2,86) n'ont expliqué significativement la variabilité du GMQ que pour les animaux appartenant à la catégorie NCP fort (tableau 2). À

partir des estimés du modèle, il a été possible de quantifier ces pertes en fin de PSP : dans les lots classés NCP fort, les animaux à fort ELISA-*Ostertagia* avaient un déficit de croissance allant jusqu'à -70 kg par rapport aux animaux à faible ELISA-*Ostertagia*, et les animaux à fort PEP avaient un déficit de croissance allant jusqu'à -53kg par rapport aux animaux à faible PEP.

Tableau 2

Indicateurs de groupe et individuels expliquant significativement le GMQ individuel de l'ensemble de la population (n = 577) : Modèle linéaire multivarié à effets mixtes

	Variable	Estimé	Erreur standard	t-value
Effets fixes	Intercepte	616,50	49,23	12,52
	ELISA- <i>Ostertagia</i> : NCP fort	-279,50	57,08	-4,90
	Pepsinogène : NCP fort	-0,06	0,02	-2,86
	Variable	Variance	Erreur standard	
Effet aléatoire	Année	117,8	0,46	

GMQ : gain moyen quotidien de poids ; NCP : niveau de contamination des parcelles avec les larves infestantes

4. IDENTIFICATION DE SEUILS DE GMQ EN FONCTION DE DIFFÉRENTS SEUILS D'ELISA-OSTERTAGIA DANS LA CATÉGORIE NCP FORT

En faisant varier, dans la catégorie NCP fort, les seuils d'ELISA-*Ostertagia*, les seuils de GMQ associés optimisant la sensibilité et la spécificité ont été relevés *via* des analyses ROC et tracés dans

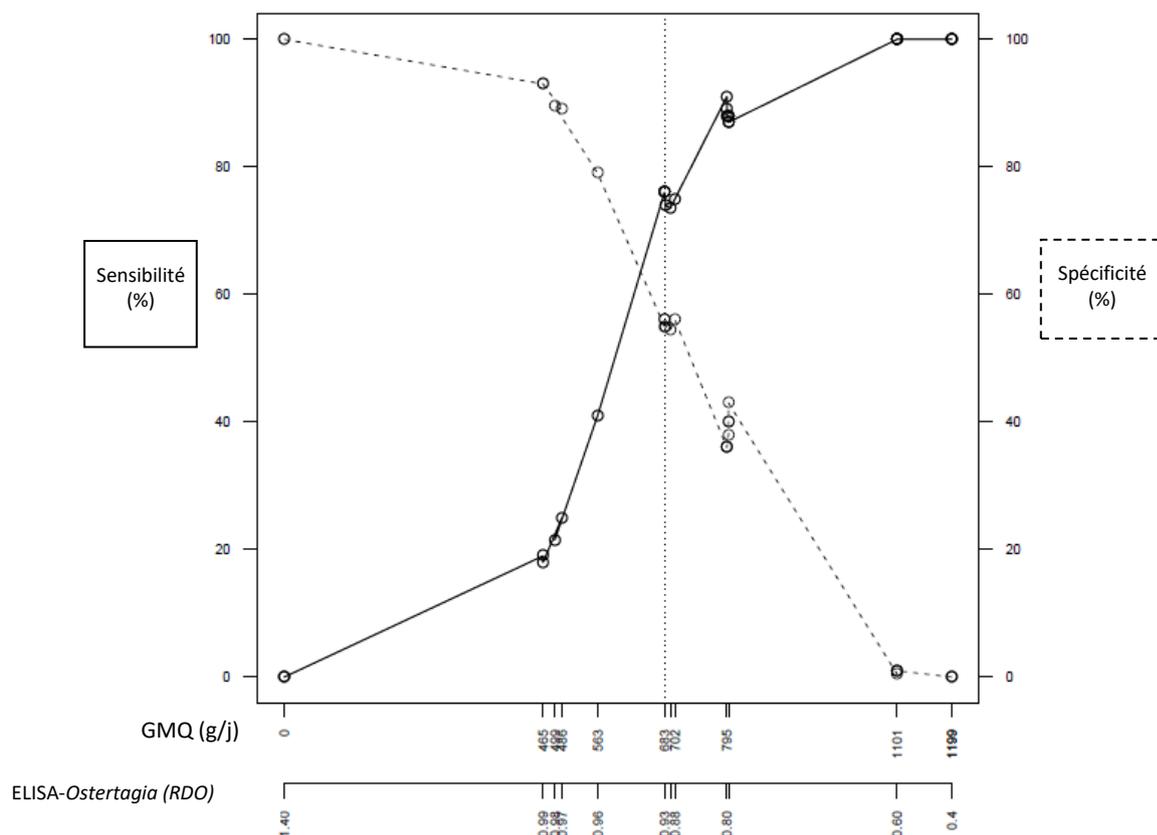
la figure 1. Le meilleur compromis a été identifié pour un seuil d'ELISA-*Ostertagia* de 0,93 et un GMQ de 683 g/j, ce qui correspond à une sensibilité de 76 % et une spécificité de 56 %. Si ce seuil de GMQ était appliqué à l'ensemble des animaux de la catégorie NCP fort pour un traitement anthelminthique sélectif, alors 50 % des animaux seraient traités (tableau 3). Différents

seuils de GMQ, supérieurs à 683 g/j, ont ensuite été testés pour le seuil d'ELISA-*Ostertagia* de 0,93 afin de maximiser la sensibilité du test tout en conservant une proportion d'animaux non traités

d'au minimum 20 % (tableau 3). Pour cette dernière proportion, le seuil de GMQ est de 800 g/j avec une sensibilité de 94 %.

Figure 1

Valeurs de sensibilité et de spécificité optimisées par analyse ROC pour les couples ELISA-*Ostertagia* (0,4 à 1,4 RDO) et GMQ (0 à 1199 g/j)



GMQ : gain de poids moyen quotidien ; RDO : ratio de densité optique

Tableau 3

Seuil de GMQ, sensibilité, spécificité, et pourcentage d'animaux non traités (taille de la population refuge) pour un seuil d'ELISA-*Ostertagia* de 0,93

Seuil de GMQ (g/j)	Spécificité (%)	Sensibilité (%)	Pourcentage de génisses qui devraient être traitées dans la catégorie NCP fort (%)	Taille de la population refuge (% d'animaux non traités)
850	17	95	89	11
800	30	94	80	20
750	41	85	70	30
700	52	77	61	39
690	54	76	50	50
683	56	76	50	50

GMQ : gain moyen quotidien de poids ; NCP : niveau de contamination des parcelles avec les larves infestantes

IV - DISCUSSION

L'objectif de l'étude a été d'évaluer une stratégie de traitement ciblé sélectif contre les SGI en fin de PSP. Cette stratégie vise le traitement des animaux souffrant le plus du parasitisme, en combinant une approche de groupe et individuelle, afin de permettre le maintien d'une population de parasites sensibles aux anthelminthiques (hébergés par les animaux non traités) pour limiter le risque d'apparition de résistance.

Le niveau de contamination des parcelles (NCP) a été calculé, *via* un système expert, à partir des données de rotations de parcelles, de la supplémentation mise en place dans chaque groupe de génisses, et des températures mensuelles relevées dans la station météorologique la plus proche de l'élevage. Le NCP a permis de prédire dans 92 % des cas le niveau réel d'exposition moyen des groupes (EXPfaible : ELISA-*Ostertagia* moyen de groupe inférieur à 0,7 EXPforte : ELISA-*Ostertagia* moyen de groupe supérieur ou égal à 0,7). Les groupes mal classés ont été des groupes à ELISA-*Ostertagia* moyen inférieur à 0,7 mais ayant eu des conduites qui ont mené le système expert à calculer un NCP élevé. Cela suggère que le NCP peut être surestimé par le système expert. Chauvin *et al.* [2015] ont d'ailleurs souligné le caractère très prudent des prédictions de risque faites par ce système. En effet dans cinq exploitations de Bretagne, ils ont confronté les prédictions du modèle avec des comptages des larves infestantes de SGI sur les parcelles, et dans deux d'entre-elles, la prédiction du risque était surestimée.

L'appréciation du niveau d'exposition des groupes *via* les données de conduite de pâturage pourrait être affinée si deux informations supplémentaires, le niveau de contamination résiduel des parcelles à la mise à l'herbe et le chargement, pouvaient être prises en compte. Malheureusement, à ce jour, aucun outil simple et opérationnel ne permet de les évaluer.

Comme dans la précédente étude [Merlin *et al.*, 2016], les chutes de croissance d'origine parasitaire ont seulement été observées chez les animaux de la catégorie NCP fort. Ploeger *et al.* [1994] ont montré également cette corrélation négative entre ELISA-*Ostertagia*/PEP et GMQ dans les lots les plus exposés. De nombreuses études ont quantifié les diminutions de croissance causées par les SGI, soit au cours d'essais expérimentaux en mimant différents niveaux d'expositions [Ploeger

et Kloosterman, 1993 ; Michel, 1968], soit au cours d'essais de terrain où des animaux traités aux AH ont été comparés à des animaux témoins [Forbes *et al.*, 2000 ; Larsson *et al.*, 2006]. Ces diminutions moyennes pouvaient fluctuer de 15 à 41 kg selon l'étude et sa durée. Dans notre travail, le déficit de croissance de -70kg pour les animaux à fort ELISA-*Ostertagia* était donc plus important, mais il a été évalué non pas en moyenne sur des lots faiblement ou fortement exposés, mais seulement chez les animaux les plus parasités dans les lots fortement exposés. Cela suggère qu'en ciblant tout d'abord les lots à risque, les individus les plus à risque (déficit de croissance plus important) sont mieux identifiés pour le traitement sélectif.

Du fait de la standardisation du test, l'ELISA-*Ostertagia* a été sélectionné comme marqueur du parasitisme, pour l'identification d'animaux souffrant le plus du parasitisme dans la catégorie NCP fort. En faisant varier les seuils d'ELISA-*Ostertagia*, les seuils de GMQ optimisant la classification des animaux ont été identifiés. Le meilleur compromis sensibilité/spécificité (75 et 56 % respectivement) a été obtenu pour un seuil d'ELISA-*Ostertagia* de 0,93 et de GMQ de 683 g/j. Ce seuil de GMQ correspond à un traitement de 50 % des animaux de la catégorie NCP fort et permet de conserver une taille équivalente de population de parasite en refuge. Dans une étude réalisée en Suède, Höglund *et al.* [2009] ont identifié un seuil de GMQ à 750g/j, pour identifier les animaux souffrant le plus du parasitisme en milieu de saison (sur la base de l'excrétion fécale d'œufs : \geq ou $<$ 250 opg), avec une sensibilité de 70 % et une spécificité de 56 %. Ce seuil de GMQ correspondait à un traitement de 70 % des individus. Notre étude confirme ces résultats puisque pour discriminer les animaux en fonction du seuil d'ELISA-*Ostertagia* de 0,93, un seuil de GMQ de 750g/j correspond également à un traitement de 70 % des individus, avec une sensibilité (85 %) et une spécificité (41 %) comparables.

Dans la catégorie NCP fort, 44 % des animaux ont présenté un ELISA-*Ostertagia* \geq 0,93. Un traitement global conduirait à traiter 56 % d'animaux à tort, alors qu'un traitement dépendant du GMQ permettrait de réduire les traitements tout en les ciblant sur les animaux souffrant du parasitisme. Aussi, un traitement de 50 à 80 % des animaux, selon le seuil de GMQ sélectionné, permettrait

d'identifier entre 76 et 85 % des animaux les plus parasités. Quarante à 48 % des animaux traités seraient cependant traités à tort.

En résumé, l'outil développé dans cette étude propose de :

1. se baser sur des données de conduite de pâturage et météorologiques pour identifier les groupes à risque significativement exposés aux SGI et
2. dans ces groupes, de sélectionner sur la base du GMQ et de la population refuge souhaitée les animaux devant recevoir un traitement AH.

Pour rendre encore plus opérationnel cet outil, la pesée pourrait être remplacée par de la barymétrie (ou mesure du tour de poitrine) qui est un

indicateur estimant le gabarit de l'animal. Des études complémentaires sont nécessaires pour valider l'arbre de décision développé dans cette étude sur une plus grande diversité d'exposition et affiner les seuils. De plus, cet arbre est conditionné par le niveau d'acceptation des éleveurs de ne pas traiter certains animaux. La reconsidération des stratégies de traitement auprès des différents acteurs sanitaires en élevage peut se heurter à de nombreux freins dont le manque d'information sur la situation de la résistance des SGI chez les bovins et la crainte des pertes économiques possibles. Pour cela, le changement doit s'intégrer dans un processus long où les scientifiques viendront proposer des outils opérationnels qui répondront aux attentes des parties prenantes.

BIBLIOGRAPHIE

Armour J., Bairden K., Duncan J.L., Jennings F.W., Parkins J.J. - Observations on ostertagiasis in young cattle over two grazing seasons with special reference to plasma pepsinogen levels. *Vet. Rec.*, 1979, **105**, 500-503.

Barnes E.H., Dobson R.J., Barger I.A. - Worm control and anthelmintic resistance: Adventures with a model. *Parasitol. Today*, 1995, **11**, 56-63.

Bennema S.C., Vercruyse J., Morgan E., Stafford K., Höglund J., Demeler J., von Samson-Himmelstjerna G., Charlier J. - Epidemiology and risk factors for exposure to gastrointestinal nematodes in dairy herds in northwestern Europe. *Vet. Parasitol.*, 2010, **173**, 247-254.

Charlier J., Demeler J., Höglund J., von Samson-Himmelstjerna G., Dorny P., Vercruyse J. - Ostertagiaostertagi in first-season grazing cattle in Belgium, Germany and Sweden: General levels of infection and related management practices. *Vet. Parasitol.*, 2010a, **171**, 91-98.

Charlier J., Vercruyse J., Smith J., Vanderstichel R., Stryhn H., Claerebout E., Dohoo I. - Evaluation of anti-Ostertagiaostertagi antibodies in individual milk samples as decision parameter for selective anthelmintic treatment in dairy cows. *Prev. Vet. Med.*, 2010b, **93**, 147-152.

Charlier J., Dorny P., Levecke B., Demeler J., von Samson-Himmelstjerna G., Höglund J., Vercruyse J. - Serum pepsinogen levels to monitor gastrointestinal nematode infections in cattle revisited. *Res. Vet. Sci.*, 2011, **90**, 451-456.

Chauvin A., Ravinet N., Vermesse R. - Development of a simulation model of the parasitic risk related to gastrointestinal nematode infection in grazing heifers. *In: Proceedings of the 25th International Conference of the World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology*, Liverpool, 2015.

Dorny P., Shaw D.J., Vercruyse J. - The determination at housing of exposure to gastrointestinal nematode infections in first-grazing season calves. *Vet. Parasitol.*, 1999, **80**, 325-340.

Fahrenkrog J. - Optimisation of treatment strategies to control parasitic infections in grazing cattle. Thesis (German), Freie Universität Berlin, 2013, 121 pages.

Forbes A.B., Huckle C.A., Gibb M.J., Rook A.J., Nuthall R. - Evaluation of the effects of nematode parasitism on grazing behavior, herbage intake and growth in young grazing cattle. *Vet. Parasitol.*, 2000, **90**, 111-118.

- Gasbarre L.C., Leighton E.A., Sonstegard T. - Role of the bovine immune system and genome in resistance to gastrointestinal nematodes. *Vet. Parasitol.*, 2001, **98**, 51-64.
- Geurden T., Chartier C., Fanke J., Frangipane di Regalbono A., Traversa D., von Samson-Himmelstjerna G., Demeler J., Bindu Vanimisetti H., Bartram D.J., Denwood M.J. - Anthelmintic resistance to ivermectin and moxidectin in gastrointestinal nematodes of cattle in Europe. *Vet. Parasitol.*, 2015, **5**, 163-171.
- Greer A.W., McAnulty R.W., Gibbs S.J. - Performance-based targeted selective anthelmintic treatment regime for grazing dairy calves. *In: Proceedings of the 4th Australasian Dairy Science Symposium, 2010*, 385-389.
- Höglund J., Morrison D.A., Charlier J., Dimander S.O. - Assessing the feasibility of targeted selective treatments for gastrointestinal nematodes in first-season grazing cattle based on mid-season daily weight gains. *Vet. Parasitol.*, 2009, **164**, 80-88.
- Höglund J., Dahlström F., Sollenberg S., Hesse A. - Weight gain-based targeted selective treatments (TST) of gastrointestinal nematodes in first-season grazing cattle. *Vet. Parasitol.*, 2013, **196**, 358-365.
- Jørgensen R.J., Satrija F., Monrad J., Nansen P. - Effect of feeding Lucerne pellets on trichostrongyle infection in grazing heifers. *Vet. Rec.*, 1992, **131**, 126-127.
- Kerboeuf D., Le Garff G., Mage C. - Forecasting of bovine abomasal worm burden by means of serum pepsinogen measurement study on suckling calves and heifers in first and second grazing season. *Ann. Rech. Vét.*, 1981, **12**, 201-213.
- Kerboeuf D., Koch C., Le Dréan E., Lacourt A. - Méthode simplifiée de mesure de la concentration en pepsinogène dans le sérum. *Revue Méd. Vét.*, 2002, **153**, 707-712.
- Larsson A., Dimander S.-O., Rydzik A., Uggla A., Waller P.J., Höglund J. - A 3-year field evaluation of pasture rotation and supplementary feeding to control parasite infection in first-season grazing cattle-Effects on animal performance. *Vet. Parasitol.*, 2006, **142**, 197-206.
- Leathwick D.M., Miller C.M., Atkinson D.S., Haack N.A., Alexander R.A., Oliver A.M. - Drenching adult ewes: Implications of anthelmintic treatments pre- and post-lambing on the development of anthelmintic resistance. *N. Z. Vet. J.*, 2006, **54**, 297-304.
- Merlin A., Chauvin A., Madouasse A., Froger S., Bareille N., Chartier C. - Explaining variability in first grazing season heifer growth combining individually measured parasitological and clinical indicators with exposure to gastrointestinal nematode infection based on grazing management practice. *Vet. Parasitol.*, 2016, **225**, 61-69.
- Michel J.F. - The control of stomach-worm infection in young cattle. *Grass Forage Sci.*, 1968, **23**, 165-173.
- O'Shaughnessy J., Earley B., Mee J.F., Doherty M.L., Crosson P., Barrett D., Macrelli M., de Waal T. - Nematode control in spring-born suckler beef calves using targeted selective anthelmintic treatments. *Vet. Parasitol.*, 2014, **205**, 150-157.
- Pérez E., Kummeling A., Janssen M.M.H., Jiménez C., Alvarado R., Caballero M., Donado P., Dwinger R.H. - Infectious agents associated with diarrhoea of calves in the canton of Tilaran, Costa Rica. *Prev. Vet. Med.*, 1998, **33**, 195-205.
- Ploeger H.W., Eysker M., Borgsteede F.H.M., Kloosterman A., Van Straalen W., Frankena K. - Effect of nematode infections and management practices on growth performance of calves on commercial dairy farms. *Vet. Parasitol.*, 1990, **35**, 323-339.
- Ploeger H.W., Kloosterman A. - Gastrointestinal nematode infections and weight gain in dairy replacement stock: first-year calves. *Vet. Parasitol.*, 1993, **46**, 223-241.
- Ploeger H.W., Kloosterman A., Rietveld F. W., Berghen P., Hilderson H., Hollanders W. - Quantitative estimation of the level of exposure to gastrointestinal nematode infection in first-year calves. *Vet. Parasitol.*, 1994, **55**, 287-315.
- Raynaud J.P. - Étude de l'efficacité d'une technique de coproscopie quantitative pour le diagnostic de routine et le contrôle des infestations parasitaires des bovins, ovins, équins et porcins. *Ann. Parasitol. Hum. Comp.*, 1970, **45**, 321-342.

Rose H., Rinaldi L., Bosco A., Mavrot F., de Waal T., Skuce P., Charlier J., Torgerson P.R., Hertzberg H., Hendrickx G., Vercruyse J., Morgan E.R. - Widespread anthelmintic resistance in European farmed ruminants: a systematic review. *Vet. Rec.*, 2015, **176**, 546.

Sutherland I.A., Leathwick D.M. - Anthelmintic resistance in nematode parasites of cattle: a global issue? *Trends Parasitol.*, 2011, **27**, 176-181.

Van Wyk J.A. - Refugia-overlooked as perhaps the most potent factor concerning the development of anthelmintic resistance. *Onderstepoort J. Vet. Res.*, 2001, **68**, 55-67.

Waghorn T.S., Leathwick D.W., Miller C.M., Atkinson D.S. - Brave or gullible: Testing the concept that leaving susceptible parasites in refugia will slow the development of anthelmintic resistance. *N. Z. Vet. J.*, 2008, **56**, 158-163.



Remerciements

Les auteurs remercient toutes les personnes impliquées des unités expérimentales de l'INRA (Installation Expérimentale de Production Laitière, UMR 1348 : J. Lassalas ; Unité Expérimentale, UE 0326 : F. Launay et Y. Gallard ; Installation Expérimentale de l'unité SAD-ASTER, UR 55 : C. Mignolet et Unité Expérimentale UEMA, UE 1296 : P. D'Hour), des chambres d'agriculture (Trévarez : G. Trou et J. François ; Derval : B. Le Danois, Kerel : P. Pinel ; Trinottières : D. Plouzin ; Blanche-Maison : B. Houssin), et de Breizh Bovins Croissance (Mur de Bretagne : C. Devitton et P. Messager) pour leur grande participation.

Ce projet est financé par le métaprogramme GISASTREP (INRA) et par la Chaire Agriculture Ecologiquement Intensive (Agrial, Terrena, Triskalia, Agrocampus Ouest, ESA, Oniris).