



Université PARIS EST -CRETEIL



Université PARIS SUD



Ecole nationale Vétérinaire d'Alfort

MASTER 2^{ème} ANNEE

Santé publique Paris Sud-Saclay et Santé UPEC

Dominante

SURVEILLANCE EPIDEMIOLOGIQUE DES MALADIES HUMAINES ET ANIMALES

RAPPORT DE STAGE

**Estimation de ratio bénéfice-coût de la lutte contre les strongles digestifs
des petits ruminants en Tunisie**

Présenté par

Hounaida CHIHA

Réalisé sous la direction de : Mohamed GHARBI, Professeur hospitalo-universitaire à l'ENMV de Sidi Thabet, Unité de Parasitologie Vétérinaire

Organismes et pays : ENMV & ICARDA. Tunisie

Période de stage : 22/01/2019 au 19/07/2019

Date de soutenance : 26/06/2019

Année universitaire : 2018-2019



"This Master thesis was partly supported by the CRP (Consortium Research Program) on Livestock, led by the International Livestock Research Institute and implemented in Tunisia by the International center of Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA agreement number° 200081). The author also acknowledges the support of ICARDA in terms of hosting and technical backstopping, particularly, the scientific advising from Dr. Aymen Frija. "

LISTE DES ABREVIATIONS

€ : euros

BN : Bénéfice Net

CNOMVT : Conseil National de l'Ordre des Médecins Vétérinaires de Tunisie

GIVLAIT: Groupement Interprofessionnel des Viandes Rouges et du Lait

GMQ : gain moyen quotidien

IC : Intervalle de Confiance

IRVT: Institut des Recherches Vétérinaires de Tunisie

L : larve

NGI : Les Nématodes gastro-intestinaux

ONAGRI : Observatoire National de l'Agriculture

OPG : Œufs par gramme

PPR : *Peri-Parturient Rise*

ACB : Analyse coût-bénéfice

RBC : Ratio Bénéfice-Coût

SCOPS: *Sustainable Control of parasites in Sheep*

TND : Dinars Tunisiens

VA : Valeur totale des avantages

VC : Valeur totale des coûts

Résumé court

Les nématodes gastro-intestinaux (NGI) sont des parasitoses enzootiques qui constituent une cause importante de pertes de productions dans les élevages des petits ruminants dans plusieurs régions du monde. En Tunisie, les NGI sont présents dans tous les étages bioclimatiques. Bien que les options de lutte soient connues et bien documentées, leur adoption reste encore très limitée.

L'objectif de ce travail était d'évaluer la pertinence économique dans le contexte Tunisien d'un programme de lutte « SCOPS » (*Sustainable Control of parasites in Sheep*), appliqué au Royaume-Uni depuis quelques années.

Un exemple théorique de troupeau fictif a été considéré, les paramètres d'entrée ont été estimés à partir de la littérature nationale et internationale, une analyse coût-bénéfice complète de plan de lutte SCOPS a été entreprise à l'échelle micro-économique, sur une année, et de point de vue de l'éleveur.

Les résultats ont été exprimés en médiane et intervalle de confiance à 95%. Le ratio bénéfice-coût a été estimé à 7,11 ; IC 95% : [1,33 ; 14,64], alors que le bénéfice net a été estimé à 3005 TND, IC 95% [684 ; 7161](902€, IC 95% : [205 ; 2141]). Une subvention des frais de laboratoires par l'Etat a été testée (RBC=9.27 ; IC 95% [0,5 ; 33,3]) elle permet d'accroître, en moyenne le RBC de 23%.

Ces résultats suggèrent que la décision d'appliquer le plan de lutte proposé serait intéressante pour les éleveurs, le bénéfice augmente de manière significative si la subvention par l'État est prise en considération.

Le caractère préliminaire de cette étude est, cependant à souligner, compte tenu de l'incertitude qui entache l'estimation des paramètres d'entrée. Ainsi, afin de proposer des recommandations concrètes, il conviendrait de les estimer à travers des études complémentaires.

Mots clés :

Ratio Bénéfice-Coût, Lutte, Acceptabilité, Eleveur, Evaluation, Tunisie, Nématodes Gastro-intestinaux, Ovin.

TABLE DES MATIERES

PAGE

INTRODUCTION	1
---------------------	---

PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Les strongyloses digestives des petits ruminants en Tunisie	3
1.1. Étiologie	3
1.2. Taxonomie	3
1.3. Cycle évolutif	5
1.4. Tableau clinique et lésionnel	6
1.4.1. Symptômes	6
1.4.2. Lésions	6
1.5. Épidémiologie	7
1.5.1. Allure épidémiologique	7
1.5.2. Dynamique d'activité de la population parasitaire au cours de l'année	7
1.5.3. Sources et modes d'infestation	9
1.5.4. Facteurs de réceptivité et de sensibilité	9
1.5.4.1. Facteurs liés à l'hôte	9
1.5.4.2. Facteurs liés à l'environnement	10
1.6. Lutte	10
2. Généralités sur les études coût-bénéfice en santé animale	11

DEUXIEME PARTIE : CONTRIBUTION PERSONNELLE

1. Contexte	13
2. Matériel et méthodes	13
2.1. Caractéristiques techniques de l'ACB	13
2.2. Point de vue et le niveau d'analyse	13
2.3. Choix de l'horizon temporel	14
2.4. Prise en compte des pratiques d'élevage	14
2.5. Présentation générale de la démarche	14
2.5.1. Étude de l'impact des NGI au niveau du troupeau fictif	14
2.5.2. Structure de l'élevage fictif	15
2.5.2.1. Hypothèses	15

2.5.3. Stratégies de lutte	18
2.5.3.1. Élaborer une stratégie de contrôle avec le vétérinaire	18
2.5.3.2. Éviter d'introduire des vers résistants – utiliser des traitements de quarantaine	19
2.5.3.3. Tester la résistance aux anthelminthiques dans l'élevage	19
2.5.3.4. Administrer les anthelminthiques efficacement	20
2.5.3.5. N'utiliser les anthelminthiques que si nécessaire	20
2.5.3.6. Sélectionner l'anthelminthique approprié	21
2.5.3.7. Préserver les vers sensibles dans la ferme (population refuge)	21
2.5.3.8. Réduire la dépendance aux anthelminthiques	21
2.5.4. Evaluation et comparaison des coûts et bénéfices de stratégie de lutte SCOPS	22
2.5.4.1. Evaluation des coûts de la stratégie de lutte SCOPS	22
2.5.4.2. Évaluation des bénéfices de la stratégie de lutte SCOPS	22
2.5.4.3. Présentation des résultats sous forme budget partiel	22
2.5.4.4. Comparaison des coûts et des bénéfices	23
2.5.4.5. Analyse de sensibilité	23
3. Résultats	24
3.1. Résultats d'estimation des coûts des NGI pour l'élevage fictif	24
3.2. Résultats d'estimation des coûts de la stratégie de lutte	26
3.3. Résultats d'estimation des coûts des NGI après une année de lutte	26
3.4. Résultats de comparaison des coûts et des bénéfices de la stratégie de lutte SCOPS	28
3.5. Résultats de l'analyse de sensibilité	29
4. Discussion	31
4.1. Méthode	31
4.1.1. Travaux à l'échelle nationale et internationale	31
4.1.2. Point de vue	31
4.1.3. Niveau d'analyse « troupeau fictif »	31
4.1.4. Horizon temporel	32
4.1.5. Choix de la stratégie de lutte SCOPS	32
4.1.6. Coûts intangibles	32
4.2. Résultats	33

4.2.1. Estimation de l'impact de l'infestation par les NGI	33
4.2.2. Coût du programme de la lutte	33
4.2.3. Extrapolation à d'autres systèmes d'élevage	34
5. Recommandations	34
6. Perspectives	35
CONCLUSION	36
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	

LISTE DES FIGURES

PAGE

Figure 1 :	Cycle évolutif général des strongles digestifs des petits ruminants	6
Figure 2 :	Abomasite avec des nodules inflammatoires dus à <i>Haemonchus contortus</i>	7
Figure 3 :	Le peri-parturient rise chez les petits ruminants en Tunisie	8
Figure 4 :	Schéma de synthèse de l'impact économique des strongyloses digestives sur l'élevage ovin	15
Figure 5 :	Comparaison des distributions des coûts de l'infestation sans lutte et les coûts de l'infestation avec lutte pendant une année en TND	28
Figure 6 :	Analyse de sensibilité pour le coût de plan de lutte du troupeau fictif	29
Figure 7 :	Comparaison des fonctions de répartition des ratios bénéfices-coûts sans et avec subvention de l'Etat	30

LISTE DES TABLEAUX

PAGE

Tableau I :	Position taxonomique des principales espèces des parasites gastro-intestinaux des ovins	4
Tableau II :	Listes des données épidémiologiques recueillies pour estimer le coût des strongyloses digestives dans l'élevage ovin fictif	16
Tableau III :	Listes d'hypothèses nécessaires à l'évaluation des coûts des NGI dans l'élevage	17
Tableau IV :	Liste des coûts unitaires utilisés pour estimer les coûts de l'infestation par les NGI (en dinars tunisien et en euro)	17
Tableau V :	Liste des coûts unitaires utilisés pour calculer le coût de la stratégie de lutte SCOPS contre les NGI en Tunisie en TND et en euros	21
Tableau VI :	Résultats d'estimation des coûts des NGI dans l'élevage fictif en TND et en euros (médiane et intervalle de confiance à 95%)	25
Tableau VII :	Estimation du coût annuel de la mise en place de programme de lutte SCOPS pour la lutte contre les NGI en Tunisie en TND et en euros (médiane et intervalle de confiance à 95%)	26
Tableau VIII :	Listes des hypothèses utilisées pour estimer les nouveaux coûts de l'infestation par les NGI	27
Tableau IX :	Estimation des coûts des NGI dans l'élevage fictif après une année d'application de programme de lutte SCOPS en TND et en euros (médiane et intervalle de confiance à 95%)	27
Tableau X :	Analyse par budgétisation partielle du troupeau fictif infesté par les NGI soumis au plan de lutte SCOPS en TND et en euros (médiane et intervalle de confiance à 95%)	28
Tableau XI :	Résultats de simulation pour un troupeau fictif en faisant varier les coûts des analyses de laboratoires en TND et en euros (médiane et intervalle de confiance à 95%)	30

Résumé long

Les nématodes gastro-intestinaux en Tunisie, généralités et situation actuelle

Les nématodes gastro-intestinaux (NGI) regroupent un grand nombre d'espèces parasitaires colonisant les réservoirs pré-gastriques, la caillette et les intestins des petits ruminants. Ils induisent d'importantes pertes dues aux formes cliniques mais surtout aux formes subcliniques qui sont très fréquentes. Ces derniers passent le plus souvent inaperçus pour l'éleveur, voire pour le vétérinaire. En Tunisie, bien que cette infestation soit enzootique et présente dans tous les étages bioclimatiques, l'adoption des options de lutttes reste encore limitée. La quantification des avantages économiques et financiers est un outil très important qui va permettre une meilleure prise de conscience de l'importance de ces parasitoses par tous les acteurs impliqués dans la filière.

Dans cette optique, une évaluation coût-bénéfice d'une méthode de lutte « SCOPS » adoptée dans les élevages britanniques, semblait pertinente à appliquer dans le contexte Tunisien.

Matériels et méthodes

L'évaluation économique de la méthode de lutte a été réalisée en utilisant la technique d'analyse coût-bénéfice. L'ensemble des caractéristiques de l'étude sont représentés dans le tableau ci-dessous.

L'étude a été réalisée à l'échelle micro-économique, sur un an. Une structure fictive de l'élevage a tout d'abord été élaborée, plusieurs hypothèses ont été émises et des données manquantes ont été recherchées dans la littérature internationale.

Des simulations informatiques à l'aide du logiciel @Risk® 7.5 (Palisade Corporation, add-in de Microsoft® Excel® 2010, Microsoft Corporation) ont ensuite été réalisées, afin d'estimer quantitativement, de manière stochastique, des indicateurs économiques tels que le ratio coût-bénéfice (RBC) et le bénéfice net (BN). Le RBC a été estimé selon le point de vue éleveur puis testé en cas d'une subvention par l'Etat. Des analyses de sensibilités ont été réalisées afin de prédire le comportement de la construction économique si certaines valeurs changeaient.

Tableau : Caractéristiques de l'analyse coût-bénéfice

Pays d'étude	La Tunisie	
Objectif de l'étude	Evaluation économique de la lutte contre les NGI en appliquant un plan de lutte SCOPS	
Niveau d'étude	Micro-économique : éleveurs	
Stratégies comparées	2 stratégies : Sans un programme de lutte contre les NGI Avec un programme de lutte contre les NGI	
Données sur les pertes dues à l'infestation	Pertes directes	Estimations des paramètres à partir de la littérature nationale et internationale et parfois hypothétiques
	Pertes indirectes	Mentionnées dans la méthode générale mais non prises en compte dans le calcul
	Fixation des prix des produits animaux	Prix de marché d'après les données de : GIVLAIT, ONAGRI, CNOMVT, IRVT
Structure épidémiologique	Approche théorique stochastique : un troupeau fictif	
Indicateurs d'acceptabilité utilisés	Rapport bénéfice-coût (RBC) et le bénéfice net (BN)	
Résultats (médiane et intervalle de confiance à 95%)	RBC= 7,11 [1,33 ; 14,64] _{IC95%} BN=3005[684 ; 7161] _{IC95%} (902[205 ;2141]) _{IC95%} €	
Analyse de sensibilité	Elle porte sur le coût de la stratégie de lutte et le coût de l'infestation.	

Résultats et discussion

Les résultats ont montré que deux postes de coûts ont un impact très important sur le coût total de l'infestation aux NGI : les pertes de poids des jeunes en première position suivi des pertes consécutives aux mortalités. Au bout d'une année de mise en place d'un plan de lutte SCOPS, on constate que l'effort financier s'est surtout concentré sur les analyses périodiques de laboratoires afin de surveiller l'intensité moyenne de l'excrétion fécale qui va informer le vétérinaire sur l'efficacité des traitements réalisés ainsi que le moment opportun d'utilisation des anthelminthiques.

Les résultats issus de l'analyse partielle ont permis d'estimer deux indicateurs : le ratio bénéfice-coût (**RBC=7,11** ; IC 95% : [1,33 ; 14,64]) et le bénéfice net de l'éleveur (**BN=3005** TND ; IC 95% [684 ; 7161])(902€, IC 95% : [205 ; 2141]).

Ces indicateurs suggèrent que la décision d'appliquer le plan de lutte proposé serait intéressante pour les éleveurs. Il a enfin été testé l'hypothèse d'une subvention des frais de laboratoire par l'Etat (RBC=9,27 ; IC 95% [0,5 ; 33,3], il a été mis en évidence que la subvention de l'État permettrait d'augmenter le RBC de 23% en moyenne.

Malgré l'incertitude des résultats et le cadre qui semble restrictif, le présent travail a permis de prendre conscience d'une façon générale du manque d'études de terrain disponibles sur l'impact des NGI dans toute la Tunisie.

Conclusion

Le caractère préliminaire de cette étude est à souligner compte tenu de l'incertitude quant à l'estimation de nombreux paramètres de la structure du troupeau fictif, induisant une importante incertitude sur les résultats. L'estimation de ces paramètres de manière rigoureuse nécessiterait plusieurs études complémentaires réalisées dans le contexte Tunisien.

INTRODUCTION

Les strongles digestifs sont des nématodes de l'ordre des *Strongylida* qui regroupent un grand nombre d'espèces parasitaires colonisant les différentes portions de tube digestif des petits ruminants surtout ceux ayant accès aux pâturage (Soulsby, 1982).

En Tunisie, l'élevage des petits ruminants, essentiellement d'espèce ovine, a une grande importance socio-économique, il contribue à hauteur de 45% à la production nationale de viandes rouges (ONAGRI, 2019). Le développement de ces élevages est soumis à de nombreuses contraintes, d'ordre structurelles (atomisation exponentielle des élevages et des terrains agricoles), naturelle (climat aride à saharien dans la majeure partie de la Tunisie), humaines (faible niveau de technicité des éleveurs, mauvaise compliance des éleveurs...), administratives (problèmes structurels des administrations impliquées dans l'élevage et de la santé animale), voire politico-syndicaliste (l'activité agricole est très influencée par les facteurs politiques et syndicaux en Tunisie), pathologiques... Parmi ces dernières, nous citons les nématodoses gastro-intestinales. L'infestation par ces parasites est chronique, persistante et touche une grande partie de la population animale. De ce fait, ces parasites induisent d'importantes pertes dues aux formes d'infestations subcliniques pouvant passer inaperçues pour l'éleveur, voire pour le vétérinaire (Van der Voort *et al.*, 2013). La mise au point de stratégies de lutte durables visant à minimiser l'utilisation des anthelminthiques chimiques revêt une importance croissante dans le monde entier.

Contrairement aux maladies transfrontières ou zoonotiques pour lesquelles les mesures de lutte sont principalement appliquées de manière collective par le biais d'interventions de l'État, le contrôle des NGI reste la responsabilité individuelle de l'éleveur (Charlier *et al.*, 2015). Bien que les options de lutte soient bien connues et documentées, leur adoption reste encore limitée et leurs bénéfices demeurent inconnus.

Dans ce contexte, l'objectif de la présente étude est d'aborder avec une approche interdisciplinaire l'aspect financier (économique de manière générale) associant les développements en matière de lutte des infestations par les nématodes gastro-intestinaux (NGI) à des mesures de performance économique par l'estimation de ratio bénéfice-coût, tout en évaluant son acceptabilité afin de proposer les options de lutte les plus bénéfiques pour l'éleveur.

Le présent travail est divisé en deux parties, la première est bibliographique, elle est elle-même scindée en deux volets : dans le premier, nous présentons des généralités sur l'infestation par les strongles gastro-intestinaux des petits ruminants et les différentes modalités de lutte. Le deuxième volet a été consacré à une introduction à la méthode d'analyse coût-bénéfice en santé animale.

La partie expérimentale du présent travail a été consacrée à l'étude de l'intérêt financier de la lutte contre les strongyloses digestives des petits ruminants selon une approche bénéfico-coût dans un élevage de petits ruminants fictif pris dans le contexte tunisien.

PREMIERE PARTIE :
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Les strongyloses digestives des petits ruminants en Tunisie

En 2017, le cheptel ovin tunisien comptait près de 3,7 millions d'unités femelles (ONAGRI, 2017) ce qui en fait un secteur de poids dans l'économie agricole. L'élevage des ovins est confronté à une multitude de troubles de la santé parmi lesquels, les infestations parasitaires en particulier les Nématodes Gastro-Intestinaux (NGI), ils sont omniprésents chez les ruminants notamment dans les systèmes où le pâturage est pratiqué. Cette infestation se traduit généralement par des diarrhées, des baisses de productions, des retards de croissance, de l'amaigrissement, voire de l'anémie. Il est donc important d'engager des actions pour limiter la prévalence de ces parasites et leurs conséquences physiopathologiques. La gestion de cette problématique s'est concrétisée durant les 30 dernières années, par la mise en place de traitements anthelminthiques calendaires raisonnés sur la seule base du cycle parasite, tandis qu'un nombre élevé d'éleveurs utilisent des pratiques différentes pour contrôler les NGI.

1.1. Étiologie

Les Nématodes gastro-intestinaux (NGI) sont des vers ronds appartenant à l'ordre des *Strongylida*, parasites de tube digestif présents chez tous les ovins ayant accès au pâturage.

En Tunisie, les espèces de NGI les plus importantes chez les ovins sont *Haemonchus* spp., *Teladorsagia* spp., *Trichostrongylus* spp., *Marshallagia marshallagi*, localisées dans la caillette, d'autres espèces de NGI sont également fréquemment retrouvées mais sont considérées comme secondaires, *Strongyloïdes papillosus* et *Nematodirus* spp, dans l'intestin grêle, *Chabertia ovina* et *Oesophagostomum venulosum* dans le gros intestin (Akkari *et al.*, 2012).

1.2. Taxonomie

Chez les ovins, les parasites digestifs les plus souvent rencontrés en tenant compte de la fréquence d'infestation et du pouvoir pathogène sont : les strongles (*Nematodirus* sp., *Haemonchus contortus*, *Chabertia ovina*...), les coccidies (*Eimeria*) et les *Moniezia*. Ces parasites admettent la position taxonomique suivante (Tableau I).

Tableau 1 : Position taxonomique des principales espèces des parasites gastro-intestinaux des ovins

Embranchement	Classe	Ordre	Super-famille	Famille	Genre et espèce			
Nematoda	Secernentea	Strongylida	Trichostrongyloidaa	<i>Trichostrongylidaa</i>	<i>Haemonchus contortus</i>			
					<i>Trichostrongylus axei</i>			
					<i>Teladorsagia</i> spp.			
								<i>Cooperia</i> spp.
								<i>Nematodirus</i> spp.
								<i>Oesophagostomum</i> spp.
								<i>Chabertia ovina</i>
					<i>Bunostomum trigonocephalum</i>			
					<i>Strongyloides papillosus</i>			
		Rhabdiasidae	Rhabditoïdæ	<i>Strongyloididae</i>				

1.3. Cycle évolutif

Les cycles évolutifs des Nématodes Gastro-Intestinaux (NGI) sont semblables, ils sont monoxènes (directs) caractérisés par la succession de deux phases : une phase externe (libre) sur les pâtures au cours de laquelle les œufs excrétés dans les matières fécales se développent jusqu'au 3^{ème} stade larvaire infestant (L3), puis une phase interne (parasitaire), au cours de laquelle les L3 ingérées évoluent en L4, L5 (pré-adultes ou juvéniles) puis en adultes (mâles et femelles).

Le développement exogène des œufs en larves L1, L2 et L3 dépend de l'humidité, l'oxygénation et la température d'où son caractère saisonnier.

Au printemps et en automne, la survie des larves au pâturage est d'au moins 3 à 4 mois, sauf pour *Haemonchus* spp. qui est au maximum de 2 mois.

En hiver, plusieurs espèces de parasites sont détruites, excepté les larves d'*Ostertagia* et les œufs de *Nematodirus*. En été, la survie des formes parasitaires exogènes ne dépasse pas 3 à 4 semaines (Bentounsi, 2013).

Si les conditions sont optimales, la phase externe peut être courte (3 jours), le cycle est bloqué si la température est inférieure à 15°C. Le cycle est allongé suite à l'installation d'une immunité ou une hypobiose qui a lieu en été.

Une fois ingérées par les ovins, les larves L3 muent rapidement en L4 après s'être enfoncées dans les culs de sacs glandulaires de la muqueuse digestive (par exemple, la muqueuse de la caillette pour *Haemonchus contortus*), en regagnant la lumière de tube digestif, les larves muent en juvéniles. Après acquisition de la maturité sexuelle, les vers adultes se reproduisent, les femelles pondent des œufs qui sont rejetés dans le milieu extérieur avec les fèces. Les œufs ne sont retrouvés dans les fèces qu'après 2 à 3 semaines de l'infestation (c'est la période pré-patente qui varie en fonction de l'espèce parasitaire).

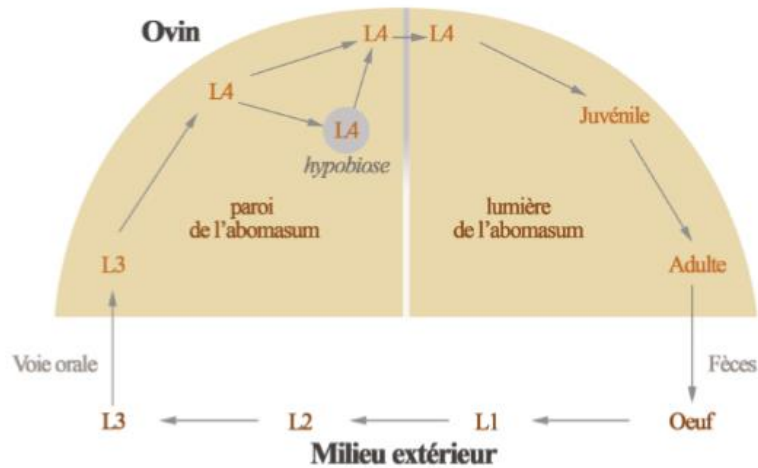


Figure 1 : Cycle évolutif général des strongles digestifs des petits ruminants (Gharbi *et al.*, 2018)

1.4. Tableau clinique et lésionnel

1.4.1. Symptômes

Selon l'âge de l'animal, la sévérité de l'infestation et l'espèce parasitaire impliquée, les symptômes observés lors de l'infestation par NGI peuvent être aigus ou chroniques.

L'infestation par les NGI est le plus souvent subclinique, pouvant passer inaperçue pour l'éleveur, voire pour le vétérinaire. Les symptômes relatifs à la malabsorption sont une diminution du gain moyen quotidien (GMQ), voire une perte de poids et des retards de croissance (Mavrot *et al.*, 2015). Lors d'infestation chronique par *H. contortus*, l'anémie se met en place progressivement et ne devient clinique que très tardivement.

Selon les parasites en cause, elles se traduisent par un syndrome anémique (pâleur des muqueuses, perte de l'appétit, cachexie, asthénie, essoufflement, amaigrissement), un syndrome digestif ou le plus souvent une association des deux.

Les manifestations aiguës des infestations sont rares mais foudroyantes, elles touchent généralement les jeunes animaux naïfs durant leur première saison de pâturage, durant laquelle l'infestation est massive. Ces infestations se traduisent cliniquement par une anémie sévère, pouvant entraîner une mort rapide.

1.4.2. Lésions

Les lésions générales sont des lésions d'anémie associées à la cachexie dans les formes chroniques. Les lésions locales concernant le tube digestif sont discrètes et varient selon les parasites : lésions inflammatoires (épaississement de la muqueuse, hypersécrétion de mucus

fréquemment observés dans la caillette et l'intestin grêle, parfois nodules de la paroi de la caillette dans l'ostertagiose), lésions hémorragiques ou ulcérations à localisation différentes selon le parasite (petites ulcérations par où s'écoule du sang qui forme un enduit brunâtre en surface (*Haemonchus contortus*); petites ulcérations circulaires entourées d'un anneau légèrement saillant (*Trichostrongylus axei*).



Figure 2 : Abomasite avec des nodules inflammatoires dus à *Haemonchus contortus*

1.5. Épidémiologie

1.5.1. Allure épidémiologique

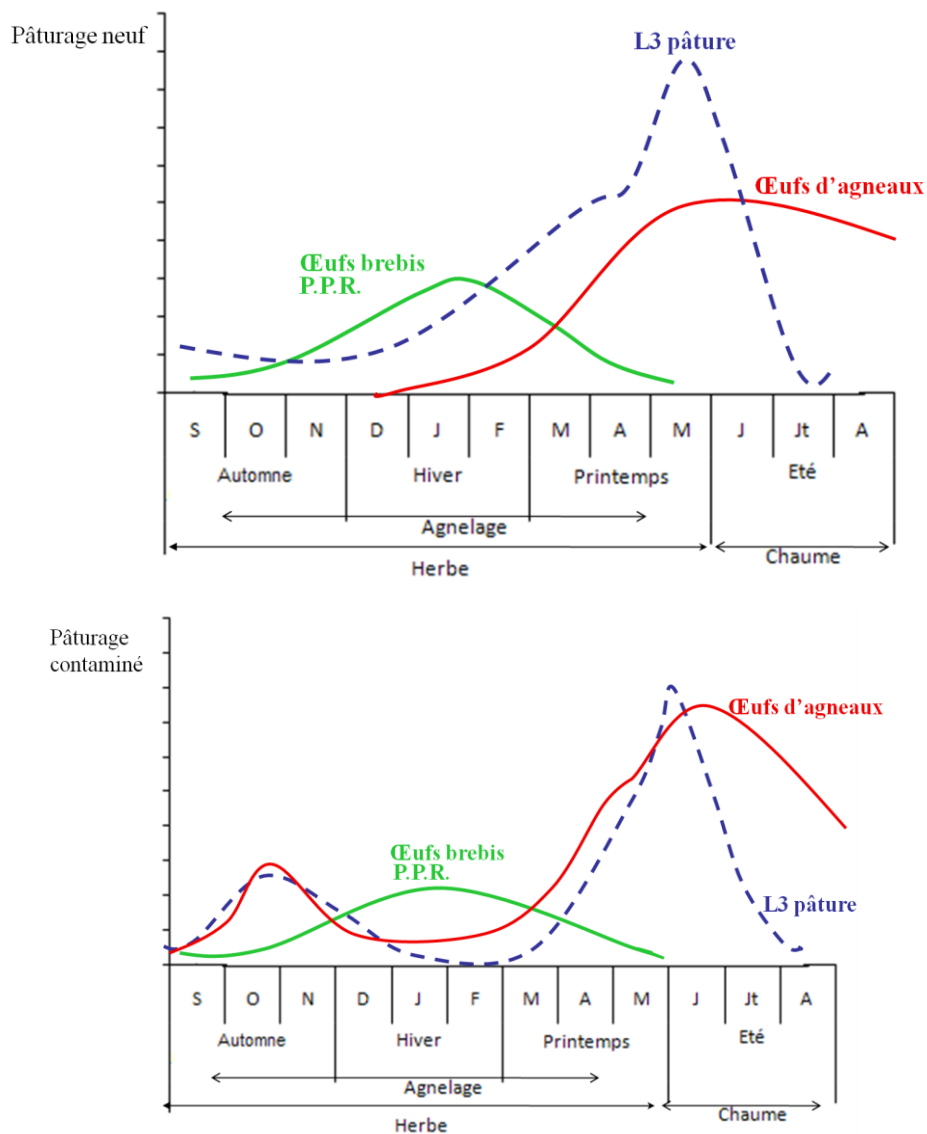
Les NGI sont des parasitoses enzootiques présentes dans tous les étages bioclimatiques en Tunisie (Dargouth et Gharbi, 2011).

Quelques études épidémiologiques ont été menées dans différentes régions de la Tunisie, dont on cite le nord-ouest de la Tunisie (climat humide) (Azizi, 1985), le nord (climat sub-humide) (Akkari *et al.*, 2012), le centre est (climat semi-aride inférieur) (Hmidi, 1982), le centre (climat aride supérieur) (Zaarour, 2016) et le sud (climat saharien) (Said *et al.*, 2017).

1.5.2. Dynamique d'activité de la population parasitaire au cours de l'année

Une étude menée dans le nord tunisien (Akkari *et al.*, 2012) a permis d'étudier la dynamique d'infestation des ovins par les strongles. Dans les prairies et à la sortie de l'hiver, seules quelques larves L3 survivent aux basses températures et à la dessiccation. Ce phénomène s'ajoute à celui du *peri-parturient rise* permettant une augmentation rapide du nombre d'œufs excrétés avant l'arrivée des nouveau-nés naïfs sur les pâtures qui correspond

au pic printanier. Par la suite, les agneaux commencent à être exposés aux larves L3 infestantes, tandis que l'excrétion chez les mères diminue. En raison de l'hypobiose hivernale, les premiers signes cliniques chez les agneaux sont généralement observés pendant la saison de pâture, essentiellement de l'été à l'automne. Lors de cette période, on assiste à un pic larvaire d'été puis l'excrétion et le nombre de larves infestantes décroît progressivement. Les brebis jouent le rôle d'initiateur de l'infestation alors que les jeunes jouent le rôle de multiplicateurs (ou amplificateurs) au sein du troupeau.



A : Pâturages « neufs » ; B : Pâturages contaminés

Figure 3 : Le peri-parturient rise chez les petits ruminants en Tunisie

1.5.3. Sources et modes d'infestation

L'infestation par les NGI est un problème très étroitement lié au pâturage. Les sources directes de parasites sont tous les animaux hébergeant des adultes et rejetant des œufs dans le milieu extérieur en particulier les animaux hyper-infestés tels que les jeunes ou les sujets immunodéprimés d'infestations (Bussieras et Chermette, 1995).

La hausse périnatale de la production ou du nombre d'œufs par gramme (OPG) a été étudiée chez la brebis. Elle est facilitée par le relâchement immunitaire qui se produit pendant la période entourant l'agnelage. Cette hausse entraîne un surcroît de ponte chez les parasites hébergés par la brebis et constitue la source la plus importante de contamination des nouveau-nés au pré (Peregrine *et al.*, 2006).

Le pâturage qui éliminent d'importantes quantités d'œufs et représentent des sources majeures

en commun avec d'autres espèces animales susceptibles d'héberger les mêmes espèces parasitaires (cas de *Trichostrongylus* spp.) représente également une source indirecte d'infestation.

L'infestation se fait par la voie buccale suite à l'ingestion de L3 avec l'herbe ou l'eau de boisson. L'infestation est plus élevée chez les petits ruminants car ils broutent l'herbe à ras, elle est favorisée en début et en fin de journée, lorsque la rosée couvre l'herbe et qu'il ne fait pas trop chaud.

1.5.4. Facteurs de réceptivité et de sensibilité

1.5.4.1. Facteurs liés à l'hôte

Espèce

Les ovins sont plus sensibles aux strongles que les caprins et les bovins.

Age

A infestation égale, les jeunes ovins sont plus réceptifs, plus sensibles et hébergent plus de vers que les adultes. Généralement, de petites infestations répétées permettent l'établissement d'une immunité. Cette immunité n'est jamais solide parce qu'elle est basée sur la production d'immunoglobulines A (Ig A), qui est déficiente dans l'espèce ovine jusqu'à l'âge de 7 mois (Bussieras et Chermette, 1995 ; Jacquiet, 2012).

Race

Certaines races ou lignées de moutons sont plus résistantes au parasitisme que d'autres, cette résistance est héréditaire. Cependant, ces lignées ne sont pas résistantes vis-à-vis de toutes les espèces de strongles, mais la sélection génétique reste une voie de lutte à explorer.

1.5.4.2. Facteurs liés à l'environnement

Le surpâturage

Le séjour prolongé du troupeau sur une même parcelle est à l'origine de contamination des parcelles.

L'alimentation

Suite à une infestation parasitaire, le rendement des processus digestifs diminue (Hoste *et al.*, 2001). Une alimentation équilibrée et un apport énergétique adéquat permettent d'améliorer la résistance de l'hôte et le maintien des productions.

Les conditions climatiques

Le cycle évolutif des NGI nécessite des conditions particulières d'humidité et de température, cette dernière régle la vitesse de développement. Dans les conditions environnementales optimales (température stable de 22 à 26°C), humidité relative à saturation et milieu oxygéné) la durée minimale de cette phase exogène est de 4 à 10 jours selon l'espèce parasitaire. Lorsque la température chute (conditions hivernales), le développement œuf-larve infestante peut durer plus longtemps (plusieurs semaines).

1.6. Lutte

Depuis le début des années 70 et jusqu'à nos jours, les principales méthodes de lutte contre NGI reposent sur l'utilisation de traitements chimiques anthelminthiques qui peuvent être administrés par la voie orale, injectable ou intra-ruminale. Ces traitements ont largement contribué à la réduction de la prévalence des NGI chez les ruminants.

Dans cette partie, nous nous intéresserons aux molécules disponibles sur le marché tunisien qui sont au nombre de cinq : albendazole, fenbendazole, closantel, doramectine et ivermectine. Ces molécules font partie des trois familles les plus importantes dans la lutte contre les nématodes gastro-intestinaux des ovins (benzimidazolés, salicylanilides et les lactones macrocycliques).

Les benzimidazolés et les pro-benzimidazolés inhibent la polymérisation de la tubuline en micro-tubules (Borgers *et al.*, 1975 ; Lacey, 1988), ce qui entraîne la paralysie des parasites. Ainsi, ils bloquent certaines réactions enzymatiques du métabolisme du parasite aboutissant à une privation de leurs ressources énergétiques (Prichard, 1973).

Les salicylanides sont actifs contre les trématodes, le closantel possède également une action contre les strongles hématophages (*Haemonchus* spp. et *Bunostomum* spp.). Ils agissent en inhibant la phosphorylation oxydative du parasite (Swan, 1999).

Les lactones macrocycliques sont des agonistes du récepteur de l'acide gamma-aminobutyrique (GABA) et du récepteur au glutamate. Ils entraînent une paralysie flasque du parasite en augmentant la perméabilité membranaire aux ions chlorures. Cette famille regroupe les avermectines (ivermectine et doramectine) (Sangster, 1996 ; Martin, 1997 ; Beugnet *et al.*, 1997).

2. Généralités sur les études coût-bénéfice en santé animale

L'économie de la santé animale est une discipline relativement récente (Rushton, 2009), elle est en pleine évolution. A ce jour, la plupart des analyses économiques en santé animale utilisent l'analyse coût-bénéfices pour justifier la mise en place de programmes de lutte contre les maladies animales ou pour étudier l'impact économique des investissements ayant été réalisés en santé animale (Rushton et Gilbert, 2016).

L'analyse coût-bénéfice consiste à calculer dans une même échelle de mesure le ratio coût d'une stratégie par rapport à son bénéfice. Dans une étude de ce type, les coûts réels et les conséquences sont exprimés en unités monétaires. Cette analyse vise à déterminer si une stratégie médicale dégage un bénéfice net pour l'éleveur, la collectivité, le secteur ou le pays (Moatti, 2000).

L'analyse coût-bénéfice en santé animale consiste à étudier de manière méthodique et exhaustive les coûts et les bénéfices attendus d'un programme de santé par rapport à un ou plusieurs autres programmes en terme physiques puis en terme monétaires. Elle suit un certain nombre d'étapes (Toma *et al.*, 2018) :

Étape 1 : Définir les conditions de l'étude

Objectifs de l'analyse, maladie étudiée et programmes de santé, niveau d'analyse et population ciblée.

Étape 2 : Estimation technique

- Établir la liste des types de coûts et de bénéfices dans chacune des options.
- Choisir la durée (nombre d'années) sur laquelle portera l'analyse.
- Évaluer les effets des programmes de lutte par rapport à l'évaluation en absence de programme de lutte (ou résultant de la modification des programmes).
- Calculer le détail des coûts et des bénéfices en termes physiques (sans calculer leur valeur monétaire) pendant la durée choisie.

Étape 3 : Conversion monétaire

Convertir les coûts et les bénéfices en valeur monétaires.

Étape 4 : Comparaison des coûts et des bénéfices

- Actualiser les coûts et les bénéfices après avoir choisi un taux d'actualisation.
- Comparer les coûts et les bénéfices en employant les trois indices du programme considéré.

La **valeur actuelle nette ou bénéfice net actualisé** : c'est la différence entre les bénéfices actualisés, il quantifie le bénéfice net en le rapportant au coût.

Le **rapport bénéfice/coût** : c'est le rapport de bénéfice actualisé. Il quantifie le bénéfice net en le rapportant au coût.

Le **taux rendement interne ou taux de rentabilité interne** : correspond au taux d'actualisation pour lequel la valeur actuelle des avantages est égale à la valeur actuelle des coûts.

<p><u>Critères d'acceptabilité d'un projet :</u></p> <ol style="list-style-type: none">1. Valeur actuelle nette > 02. Rapport bénéfice/ coût ≥ 13. Taux de rentabilité interne \geq taux d'actualisation habituel

Étape 5 : Analyse de sensibilité

Elle consiste à faire varier les valeurs de certains paramètres jugés incertains et évaluer la modification des résultats de l'analyse ceci permet d'obtenir des limites à l'intérieur desquelles la performance réelle devrait se situer.

DEUXIEME PARTIE :
CONTRIBUTION PERSONNELLE

1. Contexte général de l'étude

En Tunisie, l'infestation par les nématodes gastro-intestinaux est enzootique, elle est présente dans tous les étages bioclimatiques et induit d'importantes pertes dues aux formes cliniques et subcliniques. Néanmoins, la mise en pratique des options de lutte reste encore limitée, c'est pour cette raison que la quantification des avantages économiques et financiers des actions de lutte est un outil très important qui va permettre une meilleure prise de conscience de l'importance de ces parasitoses. Afin de répondre à cet objectif, l'étude présentée ci-dessous s'est appuyée sur une analyse coût-bénéfice de la mise en pratique d'un programme de lutte potentiel, adapté au contexte tunisien.

2. Matériel et méthodes

2.1. Caractéristiques techniques de l'ACB

La méthode choisie pour l'évaluation économique de lutte contre les NGI est une analyse coût-bénéfice (ACB) comme décrite dans la première partie de ce document. Les données nécessaires à l'analyse sont essentiellement issues de données nationales (prix du marché), la littérature nationale (données épidémiologiques, particularités du système de production, paramètres zootechniques...) et internationale (impact des NGI sur les productions animales, facteurs de productions...).

Le traitement de l'ensemble de ces données a été réalisé à l'aide du logiciel Microsoft® Excel® 2010 (Microsoft Corporation).

Les distributions de probabilités ont été retranscrites ci-dessous telles que paramétrées sous le logiciel @Risk® 7.5 (Palisade Corporation, add-in de Microsoft® Excel® 2010, Microsoft Corporation).

Certaines caractéristiques techniques de l'ACB ont été volontairement prédéfinies : le point de vue et le niveau d'analyse, l'horizon temporel, la prise en compte des pratiques d'élevage et la stratégie de lutte.

2.2. Point de vue et le niveau d'analyse

Le point de vue retenu est celui des éleveurs de type « agriculteurs-éleveurs » les autres acteurs de système de santé animale (État, vétérinaires) et les acteurs d'autres systèmes d'élevage (transhumants, pluriactifs, négociants) n'étant pas été pris en compte (Jemaa *et al.*, 2016).

2.3. Choix de l'horizon temporel

L'horizon temporel est limité à une année, ce choix est lié aux caractères biologiques du parasite (cycle saisonnier du parasite), la disponibilité des données expérimentales et de point de vue décisionnel, la présentation des résultats à un acteur économique (éleveur) est plus perceptible lorsque cette durée est considérée.

2.4. Prise en compte des pratiques d'élevage

Partant de l'idée que les pratiques d'élevage ont un impact sur l'efficacité de la lutte, nous avons choisi volontairement de travailler sur un seul des quatre systèmes d'élevages existants dans le centre de la Tunisie (Jemaa *et al.*, 2016). Il s'agit du système « agriculteurs-éleveurs », ses acteurs, les agriculteurs-éleveurs, pratiquent l'agriculture et l'élevage. Ils sont majoritairement propriétaires de terres ayant un statut foncier collectif. Grâce à l'irrigation, ils pratiquent l'oléiculture, le maraîchage, l'arboriculture (amandier et pommier principalement). Certains cultivent également des céréales en sec, les animaux ont ainsi accès aux chaumes. L'effectif moyen d'ovins est de 107 animaux. Ce sont des naisseurs-engraisseurs, ils gardent leurs agneaux pour les vendre à l'âge de 5-8 mois. Ils ont toujours recours au concentré pendant les périodes sèches (juin à janvier), mais peu d'entre eux doivent en utiliser toute l'année.

2.5. Présentation générale de la démarche

Notre travail consiste à comparer les coûts directs liés aux manifestations cliniques et subcliniques pouvant être rapportés à l'infestation par les NGI, aux coûts d'une stratégie de lutte contre ces parasitoses.

2.5.1. Étude de l'impact des NGI au niveau du troupeau fictif

Dans un premier temps, les coûts directs de l'infestation ont été estimés au niveau d'un troupeau fictif situé au centre de la Tunisie ; le coût de la lutte a été estimé, puis des hypothèses sur la diminution des indicateurs épidémiologiques (mortalité, avortement, perte de poids) ont été utilisées. Ces hypothèses ont permis de comparer les coûts liés à l'infestation en absence et en présence du plan de lutte.

Les pertes prises en compte sont les suivantes :

- ✓ Pertes directes liées aux cas cliniques des strongles digestifs (mortalités des jeunes et des brebis).
- ✓ Pertes liées aux avortements.
- ✓ Pertes liées aux cas subcliniques présentant une diminution de poids vif des agneaux.

Les pertes indirectes correspondent à l'immunodépression, à la baisse en production laitière et en production de laine et les pertes liées à l'impact social, sur le bien-être de

l'Homme et de l'animal n'ont pas été prise en compte car elles sont particulièrement difficiles à intégrer dans le calcul de pertes économiques.

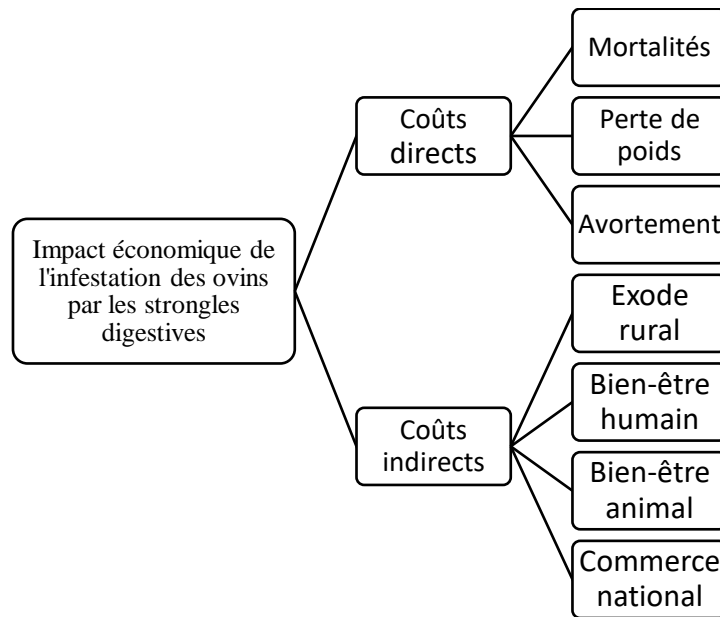


Figure 4 : Schéma de synthèse de l'impact économique des strongyloses digestives sur l'élevage ovin

2.5.2. Structure de l'élevage fictif

2.5.2.1. Hypothèses

Les calculs ont été effectués sur un troupeau fictif composé, au départ, de brebis mises à la reproduction de race Barbarine, appartenant à un éleveur agriculteur, au centre de la Tunisie. Le troupeau serait conduit selon un rythme d'un agnelage par an, les périodes d'agnelages seraient étalées sur 5 mois (de septembre à janvier) (Rekik *et al.*, 2000), le sevrage des agneaux aurait lieu après 3 mois et la vente des agneaux serait effectuée à l'âge de 5 à 8 mois. Le tableau I présente les paramètres zootechniques du troupeau fictif.

Toute une liste d'informations épidémiologiques est nécessaire pour évaluer le coût de l'infestation des ovins par les NGI (Tableau II).

En ce qui concerne l'estimation de prévalence d'infestation des jeunes par NGI, l'hypothèse a été formulée en suivant le raisonnement suivant. Le sevrage des agneaux est à l'origine de leur contamination massive, de ce fait nous allons considérer que la prévalence d'infestation des jeunes est de 100%, il s'agit d'une hypothèse maximaliste (Tableau III).

Les coûts unitaires utilisés pour l'estimation du coût total de l'infestation sont présentés dans le tableau IV. La loi Uniforme a été utilisée dans le paramétrage de ces coûts dans le logiciel @Risk.

Tableau I : Effectifs des ovins et paramètres zootechniques de l'élevage fictif ayant servi aux estimations des coûts des strongyloses gastro-intestinales

Paramètres	Unité	Données utilisées pour le calcul	Paramètres de distribution	Sources
Nombre de brebis mises à la reproduction dans l'élevage (Nb)	Têtes	50	Fixe	Hypothèse
Productivité numérique (Pn)	Agneaux/an	0,8	RiskBinomial (50 ;0,8)	(Khaldi, 2015)
Poids d'agneau à la vente (PV)	kg	[25;40] _{Min-Max}	RiskUniform (25 ;40)	(Atti, 2014)
Poids vif d'une brebis	kg	[40;50] _{Min-Max} ;	RiskUniform (40 ;50)	(Atti, 2014)
Rendement de la carcasse	%	[47;50] _{Min-Max}	RiskUniform (47;50)	(Atti, 2014)

Tableau II : Listes des données épidémiologiques recueillies pour estimer le coût des strongyloses digestives dans l'élevage ovin fictif

Dénomination	Unités	Données utilisées pour le calcul	Sources
Prévalence d'infestation globale des brebis par les SGI(Pr)	(%)	18,05	(Zaarour, 2016) Enquête régionale chez les femelles ovines dans centre de la Tunisie)
Nombre de brebis infestées par les SGI dans l'élevage fictif (Nbi)	Animaux	RiskBinomial (50 ; 0,1805)	Pr ; Nb
Pourcentage d'avortements liés au parasitisme (Pa)	(%)	4,5	(Chiezey <i>et al.</i> , 2008)
Nombre d'avortements dus au SGI dans l'élevage (Nab)	Animaux	RiskBinomial (50 ;0,045)	Nb ; Pa
Perte de poids due aux SGI (Pp)	(%)	[10 ;47] _{Min-Max} ⁽¹⁾	(Charlier <i>et al.</i> , 2014)
Taux de mortalité due au SGI chez les jeunes (Tmj)	(%)	18,66	(Pandey <i>et al.</i> , 1984)
Taux de mortalité des brebis due au SGI (Tmb)	(%)	5,48	(Pandey <i>et al.</i> , 1984)
Nombre de brebis mortes due au SGI dans l'élevage (Nbm)	Animaux	RiskBinomial (RiskBinomial (50 ;0,1805) ;0,0548)	Nb ; Tmb

⁽¹⁾ Cette variable sera exprimée dans le logiciel @Risk sous la forme suivante : (Risk Uniform (10 ;47)).

Tableau III : Listes d'hypothèses nécessaires à l'évaluation des coûts des NGI dans l'élevage

Paramètres	Unité	Données utilisées pour le calcul	Type d'hypothèse ou de calcul
Prévalence d'infestation des jeunes par les SGI (Prj)	(%)	100	Hypothèse maximaliste
Nombre de jeunes infestés par les SGI dans l'élevage (Nji)	Têtes	RiskBinomial (RiskBinomial (50 ;0,8) ;1)	Pn ; Prj
Nombre de jeunes morts suite à une SGI dans l'élevage (Njm)	Têtes	RiskBinomial (RiskBinomial (50 ;0,8) ;0,186)	Nji ; Tmj
Nombre de jeunes ayant survécu (Njv)	Têtes	RiskBinomial (RiskBinomial (50 ;0,8) ;1) –RiskBinomial (RiskBinomial (50 ;0,8) ;0,186)	Nji-Njm
Poids perdu par un jeune animal suite à la SGI dans l'élevage fictif (Pp)	kg	RiskUniform (10 ;47) /100*RiskUniform (25 ;40)	Pp*Pv

Tableau IV : Liste des coûts unitaires utilisés pour estimer les coûts de l'infestation par les NGI (en dinars tunisien et en euro)

Dénomination	[Minimum ; Maximum]	Source ou modalité d'appréciation
Prix d'un kg de poids vif de jeunes	[9,5 ; 12,5] ([2,8 ; 3,7]€)	(GIVLAIT, 2019)
Prix d'un kg de poids vif d'adulte (>40 Kg)	[9,5 ; 11,5] ([2,8 ; 3,4]€)	(GIVLAIT, 2019)
Prix d'un kg de viande	[20 ; 23] ([5,9 ; 6,8]€)	(GIVLAIT, 2019)
Avortement d'une brebis	[70 ;120] ([20,9 ; 35,8]€)	Estimation*

GIVLAIT : Groupement Interprofessionnel des Viandes Rouges et du Lait

*Ce coût correspond au prix d'agneaux nouveau-nés en tenant compte de la variation due au sexe et au nombre de la portée.

1 dinar = 0,3 euro

2.5.3. Stratégies de lutte

Le principal critère de choix de plan proposé pour l'analyse est sa faisabilité dans la réalité tunisienne ainsi que son efficacité (Learmount *et al.*, 2016).

Le plan de lutte que serait appliqué dans cet élevage est de type SCOPS « *Sustainable Control of parasites in Sheep* » ou « directives de contrôle durable des parasites chez les ovins », il est appliqué au Royaume-Uni. Il s'agit de lignes directives élaborées par un groupe de pilotage composé d'individus et d'organisations ayant un intérêt dans le contrôle durable des parasites (des organismes de l'industrie, des éleveurs d'ovins, des vétérinaires, des conseillers en santé animale, des parasitologues, des chercheurs) en 2004 et constamment révisées (<https://www.scops.org.uk>). Le principal but de ces recommandations est de retarder le développement des résistances aux anthelminthiques dans les élevages ovins britanniques en établissant des normes pour une utilisation raisonnée et en proposant diverses stratégies de contrôle. L'ensemble des recommandations sont décrites dans le manuel technique SCOPS (Abott *et al.*, 2012).

La stratégie de lutte envisagée comporte huit actions :

- 1) Élaborer une stratégie de contrôle avec le vétérinaire
- 2) Éviter d'introduire des strongles résistants - utiliser des traitements de quarantaine
- 3) Tester la résistance aux anthelminthiques dans l'élevage
- 4) Administrer les anthelminthiques efficacement
- 5) N'utiliser les anthelminthiques que si nécessaire
- 6) Sélectionner l'anthelminthique approprié
- 7) Préserver les vers sensibles dans la ferme (il s'agit de la population refuge)
- 8) Réduire la dépendance aux anthelminthiques

2.5.3.1. Élaborer une stratégie de contrôle avec le vétérinaire

Il est à noter que le vétérinaire est un acteur incontournable dans la mise en place de cette stratégie de lutte.

Le vétérinaire engagé doit élaborer un programme de pâturage par la mise en place d'un calendrier annuel des périodes optimales d'accès aux différents sites de pâturage disponibles (parcours naturels, parcours améliorés et chaumes) qui sont à la disposition de l'éleveur (Jemaa *et al.*, 2016). Le coût de cette simulation a été déterminé en fonction des actes vétérinaires réalisés, les frais de déplacement lors de réalisation de prélèvements nécessaires aux protocoles.

2.5.3.2. Éviter d'introduire des vers résistants – utiliser des traitements de quarantaine

SCOPS recommande une procédure de mise en quarantaine de tous les ovins introduits dans l'élevage. Cette procédure se fait en deux étapes : en premier lieu l'administration d'un anthelmintique et d'un acaricide suivi d'une mise à l'écart du pâturage pendant au moins 24 heures.

Dans notre élevage et tenant compte des pratiques d'élevage des naisseurs-engraisseurs qui n'achètent pas des animaux et que le remplacement des brebis se fait à partir de leurs propres produits, nous considérons donc que le risque d'introduction de vers résistants est infinitésimal.

2.5.3.3. Tester la résistance aux anthelminthiques dans l'élevage

SCOPS suggère des tests de résistance aux anthelminthiques dans l'élevage, sachant qu'il n'y a pas encore des données tunisiennes relatives à la résistance des strongles gastro-intestinaux aux anthelminthiques commercialisés, ces tests seront limités à des analyses de coprologie qualitatives et quantitatives de dépistage, au début du protocole, et de contrôle au cours de l'année.

Lors de la mise en place du programme de lutte, le vétérinaire doit effectuer une visite à l'élevage, qualifiée « d'excursion épidémiologique » pour s'entretenir avec l'éleveur sur la conduite de l'élevage, examiner les animaux de différentes espèces, les locaux d'élevage, le voisinage, les pratiques d'élevage, le co-pâturage, la promiscuité, l'automédication ...

Ensuite, le vétérinaire procède à un échantillonnage pour estimer l'intensité moyenne de l'excrétion fécale et les espèces de strongles avant et après le drogage.

Afin de réduire les coûts des analyses, il est recommandé de réaliser 15 prélèvements individuels dans le lot à tester. Du fait de l'agrégation parasitaire, un nombre de prélèvements inférieur à 10 pourrait conduire à une sous-estimation ou à une surestimation de l'excrétion fécale du lot (Jacquet *et al.*, 2014). Par la suite, les coproscopies peuvent être effectuées sur des mélanges homogènes de matières fécales de 15 individus. En effet, il existe une très forte corrélation ($r = 0,98$) entre les moyennes de 15 valeurs individuelles d'excrétion fécale et la moyenne de 2 valeurs obtenue après mélange des 15 prélèvements à tester (Morgan *et al.*, 2005 ; Bonnefont et Canellas, 2014 ; Jacquet *et al.*, 2014).

Les directives SCOPS suggèrent la catégorisation suivante pour les résultats de diagnostic en absence d'*Haemonchus* spp. :

> 250 œufs par gramme (opg) : faible infestation
250–750 opg : infestation moyenne
> 750 opg : infestation élevée

Si le nombre d'œufs par gramme (opg) est élevé chez les ovins et que les échantillons fécaux ont été collectés de manière appropriée, on peut sans risque supposer que la charge parasitaire est élevée et que le traitement est justifié.

2.5.3.4. Administrer les anthelminthiques efficacement

Afin d'assurer l'efficacité de traitement anthelminthique, SCOPS recommande avant le traitement de routine d'étalonner le pistolet doseur, d'administrer ensuite la dose à l'animal le plus lourd du groupe et en calibrant le pistolet doseur à tous les traitements.

2.5.3.5. N'utiliser les anthelminthiques que si nécessaire

Toutes les brebis pleines sont traitées une fois, 2 à 3 semaines avant l'agnelage ou au moment de l'agnelage (lutte contre le *peri-parturient rise*).

Après leur sevrage, les agneaux présentent un risque majeur de contamination massive, ils font donc l'objet d'un premier traitement 8 à 10 semaines après l'agnelage afin d'éviter le recyclage des parasites puis environ tous les mois jusqu'à la vente d'où une fréquence de 1 à 5 fois/an/agneau.

Cette variable sera exprimée dans le logiciel @Risk sous la forme suivante : (RiskUniform (1 ;5)).

Les directives SCOPS recommandent l'utilisation de la surveillance de l'intensité moyenne de l'excrétion fécale pour optimiser le moment d'utilisation des anthelminthiques. Cependant, les niveaux d'infestations par les nématodes chez les agneaux sont surveillés deux à quatre fois par an. Afin d'évaluer l'impact de la stratégie de contrôle sur la charge des parasites, des analyses de contrôle périodiques de deux à quatre fois par an sont effectuées.

Cette variable sera exprimée dans le logiciel @Risk sous la forme suivante : (RiskUniform(2 ;4)).

2.5.3.6. Sélectionner l'anthelminthique approprié

Il est recommandé d'utiliser une seule molécule tout le long de l'année, en alternant au cours des années suivantes des molécules ayant des modes d'action différents. Dans cette étude, nous avons utilisé la molécule ayant le prix le plus faible en Tunisie.

2.5.3.7. Préserver les vers sensibles dans la ferme (population refuge)

SCOPS recommande l'utilisation de traitements partiels pour maintenir une population refuge, il est recommandé de laisser un minimum de 10% d'animaux non traités.

2.5.3.8. Réduire la dépendance aux anthelminthiques

SCOPS recommande une bonne gestion des pâturages pour réduire les besoins en anthelminthiques dans la lutte contre les NGI. Le coût de cette gestion était inclus dans le coût annuel de l'agriculteur (Jemaa *et al.*, 2016) et du vétérinaire développant le plan de contrôle pour la ferme au début de l'année, dont la gestion de pâturage faisait partie.

Afin de quantifier les coûts du programme de lutte, d'abord une liste des coûts unitaires a été établie, ensuite une estimation du coût annuel de la mise en place de programme de lutte a été calculée. Ils correspondent aux dépenses que l'éleveur a effectué durant une année.

Tous les coûts unitaires utilisés pour calculer le coût de la stratégie de lutte sont répertoriés dans le tableau V.

Tableau V : Liste des coûts unitaires utilisés pour calculer le coût de la stratégie de lutte SCOPS contre les NGI en Tunisie en TND et en euros

Nature des coûts	Coûts unitaires utilisés pour le calcul en TND (€)	Source
Consultation vétérinaire	[20;30] _{Min-Max} ⁽¹⁾ ([6;9] _{Min-Max} €)	(CNOMVT, 2013)
Rémunération du déplacement du vétérinaire pour effectuer des prélèvements (selon kilométrage)	[10;30] _{Min-Max} ⁽²⁾ ([3 ; 9] _{Min-Max} €)	Estimation
Acheminement des prélèvements vers le laboratoire	[5 ;15] _{Min-Max} ⁽²⁾ [(1,5 ;4,5] _{Min-Max} €)	Estimation
Rémunération du vétérinaire pour l'administration d'anthelminthiques /animal (traitement compris)	1 (0,3€)	(CNOMVT, 2013)
Coprologie qualitative	5 (1,5€)	(IRVT, 2018)
Coprologie quantitative	15 (4,5€)	(IRVT, 2018)

⁽¹⁾Le paramétrage de cette variable dans @Risk suit une distribution de la loi Uniform

⁽²⁾Le paramétrage de cette variable dans @Risk suit la forme d'une distribution de la loi Pert

CNOMVT : Conseil National de l'Ordre des Médecins Vétérinaires de Tunisie

IRVT : Institut des Recherches Vétérinaires de Tunisie

TND : dinars tunisiens (1 TND =0,3€), cours moyens en 2018, Banque Centrale de Tunisie)

€ : euros

2.5.4. Evaluation et comparaison des coûts et bénéfices de stratégie de lutte SCOPS

2.5.4.1. Evaluation des coûts de la stratégie de lutte SCOPS

Afin de quantifier les coûts du programme de lutte, d'abord une liste des coûts unitaires a été établie, ensuite une estimation du coût annuel de la mise en place de programme de lutte a été calculée. Ils correspondent aux dépenses que l'éleveur effectue durant une année.

Tous les coûts unitaires utilisés pour calculer le coût de la stratégie de lutte sont répertoriés dans le tableau VI.

2.5.4.2. Évaluation des bénéfices de la stratégie de lutte SCOPS

Le principe consiste à comparer le coût de l'infestation aux NGI en l'absence de programme de lutte à celui de l'infestation en présence du plan de lutte. La différence positive correspond à l'amélioration, au bénéfice du au plan de lutte (Équation 1).

Équation 1

AVANTAGE (A) = Pertes dues à l'infestation SANS lutte - Perte dues à l'infestation AVEC lutte

2.5.4.3. Présentation des résultats sous forme budget partiel

Il s'agit d'une forme de présentation des coûts et des bénéfices en quatre sections comme suit :

Coûts	Bénéfices
a) Charges en plus	c) Produits en plus
b) Produits en moins	d) Charges en moins

- a) Le volet « charges en plus » correspond aux coûts du programme de lutte SCOPS.
- b) La catégorie « produit en moins » correspond aux différents effets secondaires entraînés par la lutte (non abordés dans notre étude).
- c) Les produits en plus correspondent aux bénéfices du plan de lutte.
- d) La section « charges en moins » concerne les économies des coûts lors de passage d'une stratégie de lutte à une autre plus intense. Elle est nulle dans notre étude.

La stratégie est dite avantageuse si la somme des bénéfices (c+d) est supérieure à la somme des coûts (a+b).

2.5.4.4. Comparaison des coûts et des bénéfices

La comparaison des coûts et des bénéfices a été fait en deux étapes, sachant qu'il y a une étape d'actualisation des coûts et des avantages qui n'est pas prise en compte car notre analyse couvre seulement une année. Les deux étapes sont :

- ✓ Calcul des deux indicateurs, le bénéfice net (BN), le ratio bénéfice coût (RBC)

$$\mathbf{BN=VA-VC}$$

$$\mathbf{RBC=VA/VC}$$

Tels que

BN : Bénéfice net ; VA : Valeur totale des avantages ;

VC : Valeur totale des coûts

- ✓ Mesure de l'acceptabilité : le projet est acceptable si :

$$\mathbf{BN \geq 0}$$

$$\mathbf{RBC \geq 1}$$

2.5.4.5. Analyse de sensibilité

Les analyses de sensibilités ont été effectuées à l'aide du logiciel @Risk® 7.5 (Palisade Corporation, add-in de Microsoft® Excel® 2010, Microsoft Corporation).

Elles ont été réalisées afin de prédire le comportement de la construction économique si certaines valeurs changeaient.

La plupart de ces paramètres sont d'ordre économique, il s'agit des prix de marché (frais laboratoires, rémunération vétérinaire). Les pertes causées par les NGI pour les animaux infestés n'ont pas été estimées avec précision. En outre, les coûts des traitements et des analyses de laboratoires peuvent avoir un effet déterminant sur l'adoption de la stratégie par l'éleveur dans un contexte de contrainte budgétaire. De ce fait, nous avons testé les coûts et les bénéfices du plan proposé lors de la prise en charge partielle ou totale des analyses de laboratoire par l'État.

3. Résultats

Les résultats des simulations sont présentés sous forme d'intervalles de confiance à 95% avec pour valeur centrale la médiane des 10.000 valeurs obtenues au cours d'une simulation, permettant une lecture facile ainsi qu'une représentation de l'incertitude et de la variabilité des valeurs obtenues.

3.1. Résultats d'estimation des coûts des NGI pour l'élevage fictif

Les résultats d'estimation des coûts des NGI dans un troupeau fictif au centre de la Tunisie sont présentés dans le Tableau VII. Les coûts directs totaux médians 5912 TND [3267 ; 9210] 95% TND (([1774[980 ;2764] 95 %€).

Ces résultats ont permis de mettre en évidence que deux postes de coûts ont un impact très important sur le coût total de l'infestation aux NGI : les pertes de poids des jeunes en première position suivi des pertes de leurs mortalités en deuxième position.

Tableau VI : Résultats d'estimation des coûts des NGI dans l'élevage fictif en TND et en euros (médiane et intervalle de confiance à 95%)

Nom	Mode de calcul	Coûts en TND(€)
Mortalités des brebis	RiskBinomial(RiskBinomial(50;0,1805);0,0548)*RiskUniform(40;50)*RiskUniform(9,5;11,5)	0[0 ;1059] (0 [0 ;317]€)
Avortement des brebis	RiskBinomial (50; 0,045)*RiskUniform (70 ;120)	0[0 ;200] (0 [0 ;60]€)
Mortalités des jeunes	RiskBinomial (RiskBinomial (50 ;0,8); 0,186)*RiskUniform (25; 40)*RiskUniform(9,5; 12,5)	2504 [1110 ;5224] (751 [333 ;1568]€)
Pertes de poids des jeunes	RiskUniform (25; 40) *RiskUniform (10; 47)/100*RiskUniform (47;50)/100*RiskUniform(20;23) *RiskBinomial ((RiskBinomial(50;0,8);1)-RiskBinomial (RiskBinomial(50; 0,8); 0,186)	2798 [1218 ;5769] (840[365 ;1731]€)
Total des coûts		5912[3267 ;9210] ([1774[980 ;2764]€)
Coût rapporté à un ovin	Total des coûts /Nombre total d'ovins	30[17 ;47] 9[17 ; 14]€)

TND : dinars tunisiens, (1 TND =0,3€), cours moyens en 2018, Banque Centrale de Tunisie)

€ : euros

3.2. Résultats d'estimation des coûts de la stratégie de lutte

Les résultats de l'estimation du coût annuel de la mise en place de la stratégie de lutte SCOPS sont retranscrits dans le Tableau VII.

Tableau VII : Estimation du coût annuel de la mise en place de programme de lutte SCOPS pour la lutte contre les NGI en Tunisie en TND et en euros (médiane et intervalle de confiance à 95%)

Nature de coût	Formule de calcul	Coûts
Entretien de l'élevage	RiskUniform (20 ;30) +RiskUniform (10 ;30)	44[36 ;53] (13[10 ;15]€)
Protocole de dépistage	(RiskUniform (5 ;15) +15+5) *2+(15*1)	75[67 ;82] (22[20 ;24]€)
Traitement des brebis	Nb-15-(10% *Nb) *1	30 (8,86€)
Traitement des agneaux	Pn*RiskUniform (1 ;5) *1	111[42 ;196] (33[12 ;58]€)
Frais annuels associés aux analyses de contrôle	(RiskUniform (5 ;15) +15+5+RiskUniform (20 ;30)) *RiskUniform (2 ;4)	164[114 ;233] (49[34 ;69]€)
Coût total de programme de lutte		438[333 ;520] (131[99 ;156]€)

TND : dinars tunisiens, (1 TND =0,3€), cours moyens en 2018, Banque Centrale de Tunisie)

€ : euros

Il est intéressant de constater que les frais annuels associés aux analyses de contrôle présentent la charge la plus élevée de la totalité de coût de plan.

3.3. Résultats d'estimation des coûts des NGI après une année de lutte

Au bout d'un an de mise en place du plan SCOPS, nous considérons, de manière pessimiste, une réduction des indicateurs épidémiologiques sans disparition des parasites. Nous avons eu recours aux sources de données (Pandey *et al.*, 1984 ; Chiezey *et al.*, 2008) mesurant l'impact des NGI avec ou sans application d'anthelminthiques. La liste des hypothèses émises pour estimer les coûts des NGI après l'application de plan de lutte est présentée dans le Tableau VIII.

Tableau VIII : Listes des hypothèses utilisées pour estimer les nouveaux coûts de l'infestation par les NGI

Paramètres	Données utilisées dans les calculs	Sources
Pourcentage d'avortements liés au parasitisme après traitement (%)	1,14	(Chiezey <i>et al.</i> , 2008)
Perte de poids due au NGI après traitement (%)	[10 ; 20] _{Min-Max} ⁽¹⁾	Hypothèse
Taux de mortalité des jeunes due au NGI après traitement (%)	4,1	(Pandey <i>et al.</i> , 1984)
Taux de mortalité des brebis due aux NGI après traitement (%)	2,04	(Pandey <i>et al.</i> , 1984)

⁽¹⁾Cette variable a été exprimée dans le logiciel @Risk sous la forme suivante : Risk Uniform (10 ; 20).

Les nouveaux coûts de l'infestation après modification des indicateurs épidémiologiques sont détaillés dans le Tableau IX. Les chiffres d'estimation des coûts sont donnés par animal et par an afin de les comparer aux données précédentes.

Tableau IX : Estimation des coûts des NGI dans l'élevage fictif après une année d'application de programme de lutte SCOPS en TND et en euros (médiane et intervalle de confiance à 95%)

Nature des coûts	Coûts
Mortalités des brebis avec la lutte	0[0 ;510] (0[0 ;152]€)
Avortements des brebis avec la lutte	0[0 ;108] (0[0 ;32]€)
Mortalités des jeunes avec la lutte	445[0 ;1868] (133[0 ;560]€)
Pertes de poids des jeunes avec la lutte	1901[1221 ;3008] (570[36 ;903]€)
Total	2646 [1408 ;3785] (794[422 ;1136]€)
Coût rapporté à un ovin avec la lutte	13[7 ;19] (4[2 ;5]€)

TND : dinars tunisiens, (1 TND =0,3€), cours moyens en 2018, Banque Centrale de Tunisie)

€ : euros

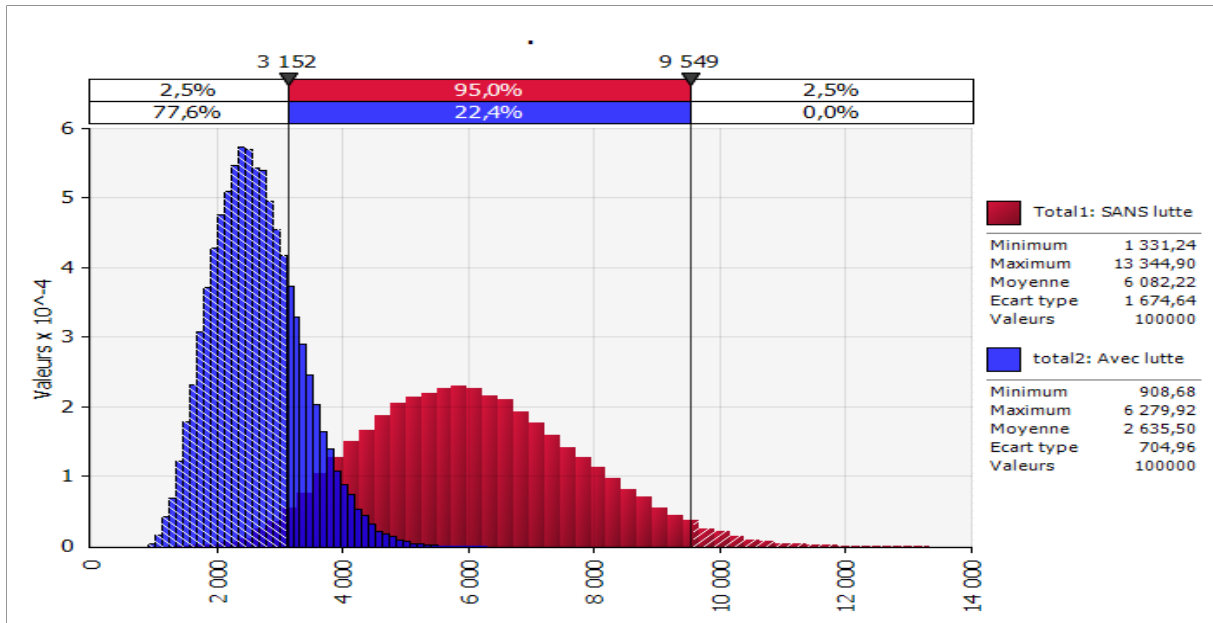


Figure 5 : Comparaison des distributions des coûts de l'infestation sans lutte et les coûts de l'infestation avec lutte pendant une année en TND

Les coûts de l'infestation par les NGI diminuent considérablement après une année d'application du plan de lutte SCOPS. On observe une baisse importante des coûts directs provoqués essentiellement par une réduction des pertes du poids. On constate que l'effort financier s'est surtout concentré sur les analyses périodiques de laboratoires afin de surveiller l'intensité moyenne de l'excrétion fécale qui va orienter le vétérinaire sur l'efficacité des traitements réalisés ainsi que le moment opportun d'utilisation des anthelminthiques.

3.4. Résultats de comparaison des coûts et des bénéfices de la stratégie de lutte SCOPS

Les résultats de l'analyse partielle d'un troupeau fictif infesté par des NGI et soumis à un programme de lutte de type SCOPS sont présentés dans le Tableau X.

Tableau X : Analyse par budgétisation partielle du troupeau fictif infesté par les NGI soumis au plan de lutte SCOPS en TND et en euros (médiane et intervalle de confiance à 95%)

Plan de lutte	Coûts		Avantages	
SCOPS	a. Charges en plus	438[333 ;520] (131[99 ;156]€)	c. Produits en plus	3062[428 ;6669] (919[128 ;2002]€)
	b. Produits en moins	0	d. Charges en moins	0
Total	Total des coûts	438[333 ;520] (131[99 ;156]€)	Total des avantages	3062[428 ;6669] (919[128 ;2002]€)

TND : dinars tunisiens, (1 TND =0,3€), cours moyens en 2018, Banque Centrale de Tunisie)

€ : euros

Le bénéfice net pour l'année de ce programme correspond à la différence entre ces deux chiffres : $BN = 3005[684 ; 7161]_{IC95\%} (902[205 ; 2141]_{IC95\%} \text{€})$.

Le quotient de ces deux totaux correspond au rapport bénéfices/coûts : $RBC = 7,11[1,33 ; 14,64]_{IC95\%} > 1$ d'où nous pourrions conclure que le projet est acceptable sur le plan financier...

3.5. Résultats de l'analyse de sensibilité

Tel qu'était démontré ci-dessus, les coûts estimés ont permis de mettre en évidence que les frais annuels associés aux analyses de contrôle présente la charge la plus élevée.

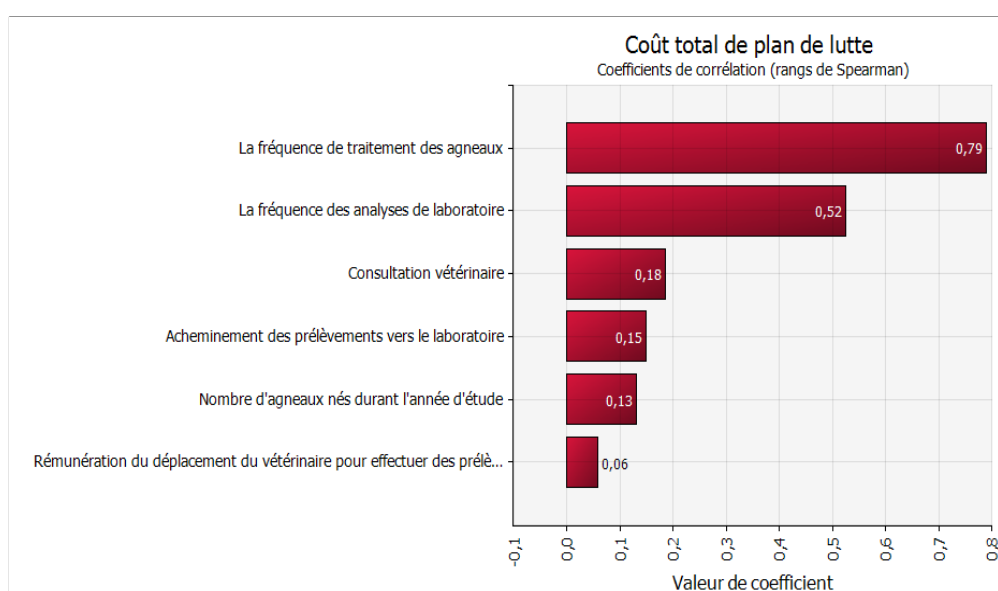


Figure 6 : Analyse de sensibilité pour le coût de plan de lutte du troupeau fictif

Le paramètre responsable de la variation la plus importante des résultats était la fréquence de traitement des agneaux et à moindre mesure la fréquence des analyses de laboratoire. Il est également intéressant de préciser que, le coût total est plus élevé lorsque la charge parasitaire est plus élevée, indiquant une influence directe sur l'augmentation de la fréquence des analyses de laboratoire.

Ces paramètres sont donc à préciser afin de diminuer l'incertitude sur l'estimation du coût pour l'éleveur.

Les résultats de simulations en faisant varier les coûts des analyses de laboratoires sont présentés dans le tableau XI.

Les variations de ces paramètres ont un effet remarquable sur les résultats du ratio bénéfice coût.

Tableau XI : Résultats de simulation pour un troupeau fictif en faisant varier les coûts des analyses de laboratoires en TND et en euros (médiane et intervalle de confiance à 95%)

		Coûts pris en charge par l'éleveur en TND (€)	Coûts subventionnés par l'État en TND (€)
Coûts utilisés dans les calculs	Coprologie qualitative	5 (1,5€)	[0 ;3] _{Min-Max} ([0 ;0.9] _{Min-Max} €)
	Coprologie quantitative	15 (4,5€)	[0 ;5] _{Min-Max} ([0 ;1.5] _{Min-Max} €)
VC		438[333 ;520] _{95%} (131[99 ;156] _{95%} €)	357[253 ;458] _{95%} (107[76 ;173] _{95%} €)
A/C		7,11[1.3 ;14,6]_{IC95%}	9.27[0.5 ;33.3]_{IC95%}

TND : dinars tunisiens, (1 TND =0,3€), cours moyens en 2018, Banque Centrale de Tunisie)

€ : euros

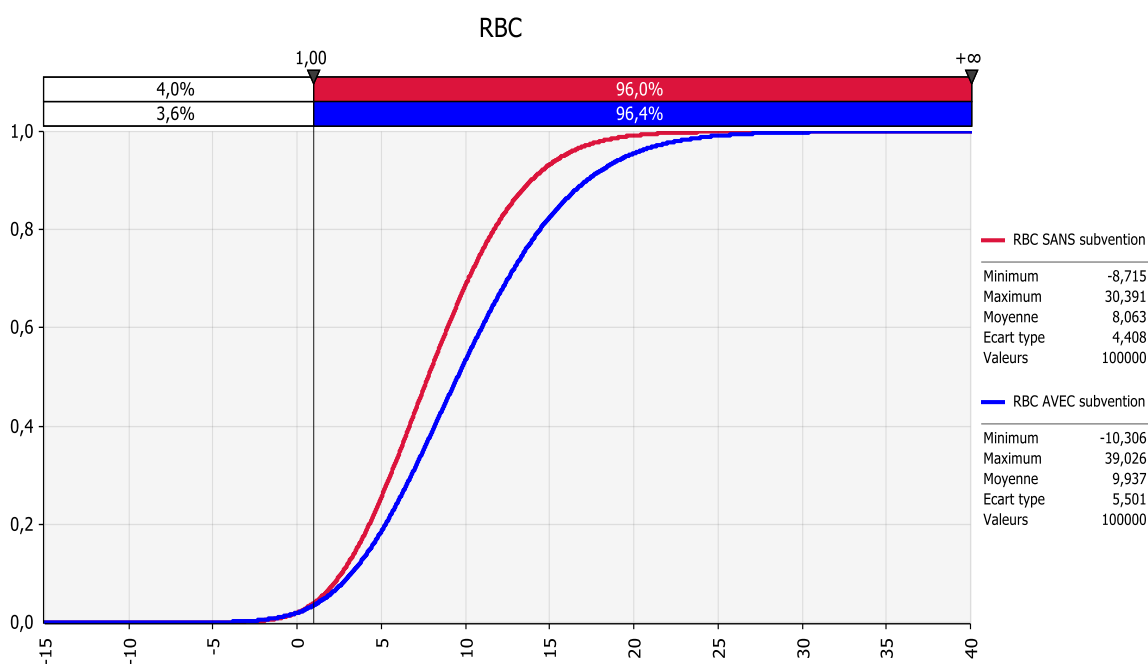


Figure 7 : Comparaison des fonctions de répartition des ratios bénéfices-coûts sans et avec subvention de l'Etat

Le RBC sans subvention de l'État est dominé par le RBC avec subvention de l'État à l'ordre 1, c'est-à-dire la fonction de répartition du RBC sans subvention est partout au-dessus de la fonction de répartition RBC avec subvention. Le RCB moyen passe de 8,06 à 9,93. Ainsi, la subvention de l'État permet d'accroître, en moyenne le RBC de 23%. De ce fait, une intervention de l'État est optative

4. Discussion

4.1. Méthode

4.1.1. Travaux à l'échelle nationale et internationale

La principale difficulté rencontrée lors de la présente étude a été de rassembler les données nécessaires à la typologie de troupeau fictif et à l'analyse bénéfice-coût.

Une partie importante des données n'était pas disponible dans la mesure où, à notre connaissance, aucune étude tunisienne n'avait été réalisée sur ce sujet. C'est pour cette raison que nous avons utilisé des données de la littérature internationale pour estimer certains paramètres quantifiant les pertes directes de la production. L'utilisation de ces données risque d'entraîner une incertitude au niveau des estimations des résultats. Le paramétrage des données a été choisi selon leur disponibilité (valeur fixe, loi Uniforme, loi Binomiale et loi de Pert).

Les pratiques des éleveurs tunisiens (automédication, utilisation de plantes médicinales...) n'avaient pas été étudiées, notamment leurs impacts sur la résistance des parasites aux anthelminthiques et sur l'épidémiologie générale des strongyloses.

Les données sur les prix de marché tunisien (animaux vivants, viandes, analyses de laboratoires) étaient pour la plupart disponibles.

4.1.2. Point de vue

Le point de vue choisi dans notre construction économique a été volontairement limité à celui des éleveurs, supposant que ce sont eux les principaux acteurs économiques concernés, nous avons testé notamment l'hypothèse qu'une partie du programme soit prise en charge par l'Etat. Nous proposons donc une alternative possible pour améliorer l'état de santé ainsi que le bien-être des ovins et une utilisation raisonnée des anthelminthiques selon une stratégie de lutte mise en place par le vétérinaire traitant.

4.1.3. Niveau d'analyse « troupeau fictif »

Dans la présente analyse, nous avons opté pour travailler sur un troupeau fictif localisé au centre de la Tunisie, principale zone d'élevages ovins (ONAGRI, 2017). Une approche similaire a été adoptée par d'autres auteurs (Dufour *et al.*, 1999 ; Charlier *et al.*, 2012). Le choix limité à un troupeau du centre appartenant à un système d'élevage bien déterminé ne prend pas en compte le polymorphisme manifeste que connaît le contexte tunisien mais il est relativement représentatif et n'introduit pas d'importants biais. L'ACB peut être utilisée pour tous les niveaux d'analyse : troupeau, région, pays ... (Marsh, 1999). De ce fait, mener une

analyse à l'échelle macro-économique (régionale puis nationale) peut être justifié dans le cas où une politique de mise en place d'un programme de lutte national serait envisagée (Learmount *et al.*, 2016).

4.1.4. Horizon temporel

Dans la présente étude l'horizon temporel a été limité à un an en raison de caractère biologique de parasite et des spécificités de l'élevage ovin, l'analyse n'est pas donc justifiée sur une période plus longue ce qui a permis par la suite de ne pas adopter la méthode de l'actualisation des coûts (Toma *et al.*, 2018).

4.1.5. Choix de la stratégie de lutte SCOPS

En absence de mesures d'intervention collectives, la lutte contre les NGI est jusqu'à présent gérée par l'éleveur (Charlier *et al.*, 2015).

La disponibilité d'anthelminthiques génériques bon marché favorise l'utilisation non raisonnée des produits sans avis vétérinaire. En effet, un changement des mentalités sera nécessaire afin que les éleveurs optent pour des programmes de lutte raisonnés (Learmount *et al.*, 2016).

L'initiative SCOPS est un exemple récent d'élaboration de pratiques optimales utilisant une approche pilotée par les parties prenantes. Ce programme a montré son efficacité dans les élevages britanniques sur le plan pratique ainsi que sa pertinence économique ce qui justifie le choix de cette stratégie dans le présent travail (Charlier *et al.*, 2018).

4.1.6. Coûts intangibles

L'ACB est la technique d'analyse économique la plus pertinente de la santé animale (Rushton *et al.*, 1999), elle suppose résolu le problème de la valorisation des effets intangibles mais le plus souvent pour ne pas dire quasiment tout le temps, il est éludé dans l'analyse (Castiel, 2004). D'ailleurs, dans la présente étude, il était difficile d'attribuer une valeur monétaire à certains items tels que :

- Le bien-être animal, il est difficile de traduire en terme monétaire les souffrances des ovins, on cite essentiellement les douleurs digestives, l'anorexie, la diarrhée... et bien évidemment la mortalité.

- Le bien être humain, dans ce domaine, la porte est ouverte à toutes les discussions « philosophiques » afin de traduire en valeur monétaire la souffrance morale des éleveurs, consécutives à la présence de problèmes de santé chez les animaux. L'impact intangible certes

mais le plus patent est l'abandon de l'activité de l'élevage des éleveurs qui se trouvent confrontés à des problèmes récurrents ou à de graves problèmes au sein de leurs troupeaux.

- Commerce national : il est compliqué d'estimer l'impact sociale et financier consécutif à la présence d'animaux malades (chétifs, laine déchiquetée, présentant une diarrhée chronique...) pendant certaines périodes de l'année durant lesquelles il y a un pic de demande en viande ovine, il s'agit principalement de deux périodes de l'année liées à la religion musulmane (le mois du jeûne et la fête du sacrifice du mouton) mais aussi les fêtes de mariage qui sont planifiées presque pendant tout l'été.

- L'exode rurale : outre la perte de son activité d'élevage, il est compliqué d'estimer l'impact psychologique et surtout social que subit l'éleveur suite à l'exode rural, il s'agit principalement de problèmes d'adaptation, et d'intégration dans la vie urbaine, voire de délinquance.

4.2. Résultats

Les résultats de cette étude comprennent de l'incertitude. Cependant, les résultats obtenus permettent de décrire des tendances selon la typologie d'élevage décrite et d'émettre des hypothèses quant à l'intérêt d'une lutte à l'échelle individuelle.

4.2.1. Estimation de l'impact de l'infestation par les NGI

La perte subclinique de poids des jeunes infestés était le poste de coût le plus important. Nous avons utilisé une estimation globale de la variation de perte en poids vifs des jeunes destinés à la vente, il serait intéressant d'effectuer des études complémentaires qui permettraient de diviser la période de temps avant cet âge en trois intervalles (par exemple, de 10 à 30 j, de 30 à 70 j et plus de 70 j) autrement dit les pertes en GMQ.

D'autres paramètres ont été mis en évidence lors de l'analyse de sensibilité des coûts totaux de l'infestation tel que le nombre de jeunes morts indiquant l'influence majeure de l'hypothèse maximaliste estimant la prévalence d'infestation des jeunes à 100%.

4.2.2. Coût du programme de la lutte

Le coût du programme de la lutte est un critère important pour l'éleveur dans la prise de décision.

Les coûts estimés dans la présente étude ont montré que les coûts des analyses de laboratoire sont la charge la plus élevée.

Le coût estimé pour effectuer une seule analyse était évaluée à 55 TND ; IC 95% : [48 ; 61] (16€, IC 95% : [14 ;18]). Deux à quatre analyses de laboratoire seraient nécessaires afin d'orienter le vétérinaire traitant sur l'efficacité des traitements effectués et le suivi de la charge parasitaire tout le long de l'année (Learmount *et al.*, 2018). Des coûts minorés ont donc été testés, une prise en charge par l'Etat de ces coûts est la favorable.

Cependant, nos résultats ont une limite importante liée à l'horizon temporel d'un an qui ne permet pas de prendre en compte l'effet à long terme de la stratégie de lutte mise en place. L'effet au-delà d'un an a été étudié par (Learmount *et al.*, 2016), ces auteurs ont mis en évidence, par des études de terrain, la durabilité de ce plan sur une période de 3 ans.

Ainsi, nos résultats sont utiles pour initier une réflexion à l'échelle du troupeau sur l'organisation et la standardisation de la méthode de lutte.

4.2.3. Extrapolation à d'autres systèmes d'élevage

Notre étude s'est intéressée à un troupeau fictif, à l'écorégion du centre de la Tunisie ou un seul système d'élevage a été considéré. L'extrapolation de la méthode à d'autres contextes est possible, tout en ajustant certains paramètres épidémiologiques (prévalence et dynamique d'infestation), zootechniques et structurels (structure et conduite du troupeau).

5. Recommandations

Malgré l'incertitude des résultats et le cadre qui semble restrictif, le présent travail a permis de prendre conscience d'une façon générale du manque d'études de terrain disponibles sur l'impact des NGI dans les différentes écorégions tunisiennes. Ces études sont d'autant plus importantes que les changements climatiques que connaît la Terre sont en train d'agir directement sur l'épidémiologie de l'infestation par ces parasites. De même, une évaluation de l'efficacité des différentes molécules mises sur le marché, sur les paramètres de production tel qu'il est abordé dans d'autres travaux est nécessaire en Tunisie (Charlier *et al.*, 2012 ; Learmount *et al.*, 2018).

Les résultats de cette étude suggèrent une application de lignes directrices adoptées par des agriculteurs basés au Royaume-Uni, adaptées aux priorités et capacités des éleveurs tunisiens permettant d'améliorer le bien-être animal ainsi qu'un meilleur bénéfice net pour l'éleveur par rapport à la situation actuelle, ceci nécessite des dépenses supplémentaires par l'éleveur, ces frais pourraient être subventionnés par l'Etat.

Finalement, la sensibilisation des éleveurs doit être proposée (communication sur le cycle biologique du parasite, l'importance de la gestion des pâturages, le risque de

développement de résistances aux anthelminthiques...). Il semble particulièrement intéressant d'insister sur le rôle de vétérinaire conseil dans la réussite des programmes de lutte, notamment pour assurer le respect des protocoles de lutte et de l'usage raisonné des anthelminthiques chimique, le respect des intervalles des analyses laboratoires et la gestion raisonnée des pâturages.

6. Perspectives

Ce travail préliminaire doit être poursuivi et complété. En effet, de nombreuses données n'étaient pas disponibles et ont nécessité leur estimation par un recours à la littérature internationale. L'estimation de ces paramètres de manière rigoureuse nécessiterait plusieurs études complémentaires dont l'objectif serait d'estimer quantitativement de manière plus précise les paramètres d'entrée nécessaires à la construction d'un modèle épidémiologique ainsi que l'influence du polymorphisme que connaît l'élevage tunisien sur les différentes constructions économiques.

CONCLUSION

L'estimation du ratio bénéfice-coût de la lutte contre les nématodes gastro-intestinaux des petits ruminants en Tunisie présentée dans ce travail a été réalisée selon une analyse stochastique de type coût-bénéfice à l'échelle microéconomique (troupeau d'ovin fictif) sur un court terme (1 an). Il a ainsi été possible d'estimer d'autres indicateurs tels que la valeur nette présente.

L'attitude des éleveurs face à ces parasitoses peut être confortée par un programme de lutte 'SCOPS' adapté, avec des lignes directrices bien détaillées, qui semblent coûteuses mais bénéfiques à court terme.

Cette méthode d'évaluation suppose la disponibilité de nombreuses données afin d'estimer en terme monétaire les coûts et les avantages du programme de lutte considéré. Dans le cas de la lutte contre les nématodes gastro-intestinaux en Tunisie, ces données sont souvent partielles.

Les données manquantes ont néanmoins été recherchées dans la littérature internationale. La structure de l'élevage fictif a tout d'abord pu être élaborée et plusieurs hypothèses ont été émises. Cet exemple théorique a permis de mener une analyse de sensibilité qui nous a révélé les principaux paramètres responsables de l'incertitude et de la variabilité, ce qui permet d'identifier les besoins en termes des études à venir (*gap of knowledge*).

Les résultats de cette étude suggèrent que la décision d'appliquer le plan de lutte proposé serait intéressante pour les éleveurs, tout en proposant une éventuelle subvention par l'Etat.

Pour finir, il convient de souligner, l'importance de la sensibilisation des éleveurs au bien-être des animaux, facteur certes intangibles mais qui doit représenter un des piliers de la multitude de critères de décision à prendre en considération, tout comme le rôle que semble majeur du vétérinaire dans la réussite des programmes de lutte.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **Abott K.A., Taylor M.A., Stubbings L.A. (2012).** Sustainable Worm Control Strategies for Sheep. A Technical Manual for Veterinary Surgeons and Advisors, SCOPS Fourth Edition Context Publishing (2012) <http://www.scops.org.uk/vets-manual.html>.
2. **Akkari H., Gharbi M., Darghouth M.A. (2012).** Dynamics of infestation of tracers lambs by gastrointestinal helminths under a traditional management system in the North of Tunisia. *Parasite*, **19**(4): 407-415.
3. **Atti N. (2014).** Etude de la filière ovine en Tunisie. INRAT (Tunisie).
4. **Azizi A. (1985).** Les strongles gastro-intestinaux de la chèvre : identification et étude épidémiologique dans la région de Ain Draham. Thèse Doct. Méd. Vét. Ecole Nationale de Médecine Vétérinaire. Sidi Thabet, Tunisie.
5. **Bentounsi B. (2013).** Polycopié de parasitologie de 4ème année, Université Frères MENTOURI de Constantine, Algérie.
6. **Beugnet F., Gevrey J., Kerboeuf D. (1997).** Les endectocides : mode d'action et d'utilisation. *Point Vét.* Numéro Spécial « Parasitologie des Ruminants », **28** : 133-137.
7. **Bonnefont M., Canellas A. (2014).** Optimisation des outils de diagnostic des strongyloses gastro-intestinales des ovins. Thèse de doctorat en médecine vétérinaire, Ecole Vétérinaire de Toulouse, 133 p.
8. **Borgers M., De Nollin S., De Brabander M., Thienpoint D. (1975).** Influence of the anthelmintic mebendazole on microtubules and intracellular organelle movement in nematode intestinal cells. *Am. J. Vet. Res.*, **36**: 1153-1166.
9. **Bussieras J., Chermette R. (1995).** Abrégé de Parasitologie Vétérinaire. Fascicule III : Helminthologie Vétérinaire. Polycopié. École Nationale Vétérinaire d'Alfort, Unité de Parasitologie et Maladies Parasitaires, 290 p.
10. **Castiel D. (2004).** Le calcul économique en santé : méthodes et analyses critiques. Rennes, Éditions de l'École Nationale de la Santé Publique.
11. **Charlier J., Levecke B., Devleeschauwer B., Vercruysse J., Hogeveen H. (2012).** The economic effects of whole-herd versus selective anthelmintic treatment strategies in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **95** (6): 2977-2987.
12. **Charlier J., Van Der Voort M., Kenyon F., Skuce P., Vercruysse J. (2014).** Chasing helminths and their economic impact on farmed ruminants. *Trends Parasitol.*, **30** (7): 361-367.
13. **Charlier J., Velde F.V., Van Der Voort M. et al. (2015).** ECONOHEALTH: Placing helminth infections of livestock in an economic and social context. *Vet. Parasitol., Special Issue: Looking to the Future*, **212**(1): 62-67.

14. **Charlier J., Thamsborg S.M., Bartley D.J. et al. (2018).** Mind the gaps in research on the control of gastrointestinal nematodes of farmed ruminants and pigs. *Transbound. Emerg. Dis.*, **65**(S1): 217-234.
15. **Chiezey N.P., Ajanusi O.I., Oyedipe E.O. (2008).** The Reproductive Performance of Sheep Carrying Natural Infections of Gastro-Intestinal Nematodes – Sci Alert Responsive Version, 236-244.
16. **CNOMVT (2013).** Contribution financière aux actes cliniques. [www.veterinaire.tn/], consulté le 26 Avril 2019.
17. **Darghouth M., Gharbi M. (2011).** Impact des mutations de l'environnement sur les maladies d'importance économique : cas de l'élevage ovin en Tunisie. Zaragoza : CIHEAM/IRESA/OEP, pp 97 : 41-48. Zaragoza. CIHEAM/IRESA/OEP.
18. **Dufour B., Repiquet D., Touratier A. (1999).** Place des études économiques dans les décisions de santé animale : exemple du rapport coût/bénéfice de l'éradication de la diarrhée virale bovine en France. *Rev. Sci. Tech. Int. Epiz.*, **18**(2) : 520-532.
19. **Gharbi M., Darghouth M.A., Rekik M. (2018).** L'haemonchose ovine. Fact sheet. ICARDA.
20. **GIVLAIT (2019).** Suivi des marchés aux bestiaux. Avril 2019, [<http://www.givlait.com.tn/>], consulté le 5 Avril 2019.
21. **Hmidi R. (1982).** Contribution à l'étude des strongyloses digestives du mouton: caractères épidémiologiques dans la région de Sousse. Thèse Doct. Méd. Vét. Ecole National de Médecine Vétérinaire, Sidi Thabet, Tunisie.
22. **Hoste H., Chartier C., Etter E., Kyriazakis I. (2001).** Interaction nutrition-parasitisme : l'alimentation peut-elle représenter une alternative aux traitements antiparasitaires ? *Bull. GTV*, Hors-série « Elevage et agriculture biologique », 76-78.
23. **IRVT (2018).** Frais des analyses de laboratoire, (unité de parasitologie) de l'institut de recherche vétérinaire de Tunisie. [<http://www.utm.rnu.tn/utm/fr/etablissements-institut-de-recherche-veterinaire-de-tunis>]. Consulté le 9 Mai 2019.
24. **Jacquet P. (2012).** L'acquisition de l'immunité dans les strongyloses des ruminants : bases théoriques. In : Journées Nationales des G.T.V., 30-31 mai et 1^{er} juin 2001, Clermont-Ferrand.
25. **Jacquet P., Canellas A., Bonnefont M. et al. (2014).** Les outils de dépistage des strongyloses gastro-intestinales chez les ovins. *Nouv. Prat. Vét.*, **7** : 247-254.

26. **Jemaa T., Huguenin J., Moulin C., Najjar T. (2016).** Les systèmes d'élevage de petits ruminants en Tunisie Centrale : stratégies différenciées et adaptations aux transformations du territoire. *Cah. Agric.*, **25**: 45005.
27. **Khalidi G. (2015).** Husbandry practices of ovine flocks in Tunisia: present status and future prospects. Training Resource CDROM, ILRI-ICARDA-IRESA.
28. **Lacey E. (1988).** The role of the cytoskeletal protein, tubulin, in the mode of action and mechanism of drug resistance to benzimidazoles. *Int. J. Parasitol.*, **18**: 885-936.
29. **Learmount J., Stephens N., Boughtflower V. et al. (2016).** Three-year evaluation of best practice guidelines for nematode control on commercial sheep farms in the UK. *Vet. Parasitol.*, **226**: 116-123.
30. **Learmount J., Glover M.J., Taylor M.A. (2018).** Resistance delaying strategies on UK sheep farms: A cost benefit analysis. *Vet. Parasitol.*, **254**: 64-71.
31. **Marsh W. (1999).** The economics of animal health in farmed livestock at the herd level. *Rev. Sci. Tech. Int. Epiz.*, **2**(18): 357-366.
32. **Martin R.J. (1997).** Modes of action of anthelmintic drugs. *Vet. J.*, **154**: 11-3.
33. **Mavrot F., Hertzberg H., Torgerson P. (2015).** Effect of gastro-intestinal nematode infection on sheep performance: a systematic review and meta-analysis. *Parasit. Vectors* 8.
34. **Moatti J.-P. (2000).** Evaluation économique: Un complément nécessaire de l'évaluation médicale. In : L'évaluation médicale du concept à la pratique. 2^{ème}éd. Paris, pp 87-96.
35. **Morgan E., Cavill L., Curry G., Wood R., Mitchell E. (2005).** Effects of aggregation and sample size on composite faecal egg counts in sheep. *Vet. Parasitol.*, **131**: 79-87.
36. **ONAGRI (2017).** Statistiques du cheptel en Tunisie 2016-2017. [<http://www.onagri.nat.tn/statistiques>], consulté le 11 mars 2019.
37. **ONAGRI (2019).** Le tableau de bord de l'observatoire National de l'agriculture (Premier trimestre 2019). [<http://www.onagri.nat.tn/statistiques>], consulté le 20 Avril 2019.
38. **Pandey V.S., Cabaret J., Fikri A. (1984).** The effect of strategic anthelmintic treatment on the breeding performance and survival of ewes naturally infected with gastro-intestinal strongyles and protostrongylids. *Ann. Rech. Vét.*, **15** (4): 491-496.
39. **Peregrine A., Shakia, Jacob (2006).** Manuel de lutte contre les parasites internes du mouton. Dept Population Medicine, University of Guelph.
40. **Prichard R.K. (1973).** The fumarate reductase reaction of *Haemonchus contortus* and the mode of action of some anthelmintics. *Int. J. Parasitol.*, **3**: 409-417.

- 41. Rekik M., Mahouachi M., Gharbi M., Attia W., Medhioub L. (2000).** Le dilemme de l'élevage ovin extensif dans les régions élevées du nord-ouest, semi-aride Tunisien. *Rev. d'EIV. Méd. Vét. Pays Trop.*, **53**(4): 377-385.
- 42. Rushton J. (2009).** The Economics of Animal Health and Production. CABI Publishing, Wallingford, Royaume Uni. 364 pp.
- 43. Rushton J., Thornton P.K., Otte M.J. (1999).** Methods of economic impact assessment. *Rev. Sci. Tech. Int. Epiz.*, **2**(18): 315-342
- 44. Rushton J., Gilbert W. (2016).** L'économie de la santé animale : coûts directs et indirects des foyers de maladies animales. *In* : 84 e Session Générale de l'assemblée mondiale de l'organisation mondiale de la santé, 22-27 mai, Paris, 9.
- 45. Said Y., Gharbi M., Mhadhbi M., Dhibi M., Lahmar S. (2017).** Molecular identification of parasitic nematodes (Nematoda: Strongylida) in feces of wild ruminants from Tunisia. *Parasitology*. **145**(7), 901-911
- 46. Sangster N. (1996).** Pharmacology of anthelmintic resistance. *Parasitology*, **113**: Suppl, S201-216.
- 47. Soulsby E.J.L. (1982).** Helminthes, arthropods and protozoa of domesticated animals. *In*: Part1: helminthes, Section: Nematodes. 7th Edition. ed. Baillière Tindall Editions (London), pp 212-258.
- 48. Swan G.E. (1999).** The pharmacology of halogenated salicylanilides and their anthelmintic use in animals. *J. S. Afr. Vet. Assoc.*, **70**: 61-70.
- 49. Toma B., Dufour B., Benet J. et al. (2018).** Epidémiologie appliquée à la lutte collective contre les maladies animales transmissibles majeures. 4^{ème} éd. Maisons Alfort, AEEMA, 614 p.
- 50. Van Der Voort M., Charlier J., Lauwers L. et al. (2013).** Conceptual framework for analysing farm-specific economic effects of helminth infections in ruminants and control strategies. *Prev. Vet. Med.*, **109** (3): 228-235.
- 51. Zaarour R. (2016).** Contribution à l'étude épidémiologique des parasites digestifs chez les femelles ovines dans la région de Sidi Bouzid. Thèse Méd Vét., Ecole Nationale de Médecine Vétérinaire, Sidi Thabet, Tunisie.