

Université de Montréal

**Le *Baylisascaris procyonis* dans le sud du Québec.
Prévalence chez le raton laveur et étude de
contamination des latrines**

par

Andrée Lafaille

Département de pathologie et microbiologie

Faculté de médecine vétérinaire

Mémoire présenté à la Faculté de médecine vétérinaire

en vue de l'obtention du grade de

maître ès sciences (M.Sc)

en sciences vétérinaires

option épidémiologie

Août, 2011

© Andrée Lafaille, 2011

Université de Montréal
Faculté de médecine vétérinaire

Ce mémoire intitulé

Le Baylisascaris procyonis dans le sud du Québec.
Prévalence chez le raton laveur et étude de
contamination des latrines

présenté par
Andrée Lafaille

a été évalué par un jury composé des personnes suivantes

Jocelyn Dubuc, président-rapporteur
Alain Villeneuve, directeur de recherche
Denise Bélanger, codirectrice
Nathalie Côté, membre du jury

Résumé

Le raton laveur (*Procyon lotor*) est porteur de nombreux parasites dont certains sont des agents de zoonose. Il nous est apparu opportun d'étudier la faune parasitaire intestinale du raton laveur québécois, particulièrement l'espèce *Baylisascaris procyonis*. L'étude a donc porté sur l'examen de matières fécales (n = 301) et de contenus intestinaux (n = 203) de 351 ratons laveurs provenant de deux programmes gouvernementaux sur la rage du raton laveur et d'excréments (n = 409) provenant de latrines dans des parcs nationaux du Québec. Des œufs de *B. procyonis* étaient excrétés par 23,3 % des ratons laveurs, alors que 29,1 % étaient porteurs de vers. La charge parasitaire moyenne des vers *B. procyonis* de tout stade variait de 8,5 chez les adultes à 27,1 chez les juvéniles. Chez ces derniers, la charge parasitaire était 11,4 fois supérieure à celle des ratons adultes ($p < 0,0001$) dont 23,7 fois plus de vers immatures ($p < 0,0001$) et 9,1 fois plus de vers matures ($p = 0,01$). Le nombre d'œufs était 24,7 fois plus élevé chez les ratons juvéniles ($p = 0,02$) et 50,0 fois moins élevé chez la femelle allaitante. La probabilité du raton d'excréter des œufs l'automne était de 11,1 (IC95 %: 1,21-101,60) par rapport au printemps et de 21,1 (IC95 %: 2,91-153,18) par rapport à l'été ($p < 0,01$). La sensibilité (Se) et la spécificité (Sp) de la coproscopie comparée à la nécropsie (norme étalon) ont été calculées en se basant sur l'observation des vers matures (Se : 81,8 %; Sp : 97,7 %) et des vers de tout stade (Se : 53,9 %; Sp : 97,0 %). De plus, la recherche des parasites intestinaux nous a permis de découvrir des ookystes de *Giardia* (6/159), espèce parasitaire nouvellement rapportée chez le raton. En 2007, nous avons trouvé, par échantillonnage unique, des œufs de *B. procyonis* dans 15,8 % des latrines (n = 165) identifiées dans des parcs nationaux du sud du Québec et en 2008, par échantillonnage multiple, dans 89,7 % des latrines (n = 26) actives situées dans des secteurs accessibles à l'homme dans trois parcs nationaux de la Montérégie. Le potentiel zoonotique de *B. procyonis* est un problème de santé publique qui pourrait devenir sérieux étant donné le pourcentage élevé de ratons laveurs qui excrètent le parasite et qui contaminent des secteurs accessibles par les humains.

Mots-clés : Nématodes, parasite intestinal, raton laveur, *Baylisascaris procyonis*, zoonose

Abstract

Raccoons are carriers of many parasites, some of which are zoonotic. We wanted to expand our knowledge of the Quebec raccoon intestinal parasitic fauna, specifically the *Baylisascaris procyonis* species. The study consisted of fecal matter (n = 301) and intestinal content examinations (n = 203) collected from 351 raccoons originating from two government programs on raccoon's rabies and excrements collected (n = 409) from latrines in Quebec national parks. Eggs from *B. procyonis* were excreted by 23.3 % of raccoons while 29.1 % were worm carriers. The average parasitic burden of all stages of *B. procyonis* worms varied from 8.5 in adults to 27.1 in juveniles. In juveniles, the parasitic burden was 11.4 times superior to adult raccoons ($p < 0.0001$) with 23.7 times more immature worms ($p < 0.0001$) and 9.1 times more mature worms ($p = 0.01$). The number of eggs was 24.7 times superior in juvenile raccoons ($p = 0.02$) and 50.0 times lower in breast-feeding females. The probability of raccoons excreting eggs in autumn was 11.1 (IC95 %: 1.21-101.60) in comparison to spring and 21.1 (IC95 %: 2.91-153.18) in comparison to summer ($p < 0.01$). The sensitivity (Se) and specificity (Sp) of coproscopy compared to necropsy (gold standard) were calculated based on observations of mature worms (Se: 81.8 %; Sp: 97.7 %) and worms of all stages (Se: 53.9 %; Sp: 97.0 %). In addition, our intestinal parasitic research permitted the finding of *Giardia* oocysts (6/159), which is a newly found parasite species in raccoons. In 2007, *B. procyonis* eggs were found in 15.8 % of latrines (n = 165) identified in Southern Quebec national parks and in 89.7% of active latrines (n = 26) in three Eastern Townships national parks sites accessible to man in 2008. The zoonotic potential of *B. procyonis* is a public health issue that could become serious considering the high percentage of raccoons excreting the parasite thus contaminating sectors accessible to man.

Keys words : nematodes, intestinal parasites, raccoons, *Baylisascaris procyonis*, zoonosis

Table des matières

Résumé.....	iii
Abstract	iv
Table des matières	v
Liste des tableaux.....	ix
Liste des figures.....	xi
Liste des sigles et abréviations	xiii
Remerciements	xiv
Introduction.....	1
1 Recension de la littérature	4
1.1 Raton laveur	4
1.1.1 Description	4
1.1.2 Distribution géographique.....	4
1.1.3 Habitat et niche	5
1.1.4 Densité des populations	6
1.1.5 Reproduction	6
1.1.6 Alimentation.....	7
1.1.7 Latrines.....	8
1.1.8 Causes de mortalité	8
1.1.9 Risque à la santé humaine	8
1.2 <i>Baylisascaris procyonis</i>.....	9
1.2.1 Classification.....	9
1.2.2 Description du parasite.....	9
1.2.3 Hôtes	10
1.2.4 Prévalence	10

1.2.5	Modes d'infection	16
1.2.6	Cycles de vie	16
1.2.7	Épidémiologie (latrines).....	19
1.3	L'infection chez les animaux.....	20
1.3.1	Chez le raton	20
1.3.2	Chez l'hôte paraténique.....	20
1.4	L'infection humaine.....	24
1.4.1	Épidémiologie	26
1.4.2	La maladie.....	26
1.4.3	Lésions histopathologiques	27
1.5	Le diagnostic.....	28
1.5.1	Chez les animaux	28
1.5.2	Chez l'homme	29
1.6	Le traitement et les mesures de prévention.....	30
1.6.1	Le traitement chez les animaux.....	30
1.6.2	Le traitement chez l'homme.....	31
1.6.3	Les mesures de prévention	31
1.7	Les autres parasites	33
1.8	Les parasites intestinaux zoonotiques.....	35
2	Méthodologie.....	37
2.1	Échantillonnage.....	37
2.1.1	Ratons laveurs provenant de l'Opération de Contrôle de l'Expansion de la Rage en Montérégie (OCERM)	37
2.1.2	Ratons laveurs provenant du Programme de Surveillance de la Rage du Raton Laveur (PSRRL).....	41
2.1.3	Latrines 2007.....	42
2.1.4	Latrines 2008.....	45
2.2	Analyses de laboratoire	46
2.2.1	Coproscopie	46
2.2.2	Analyse de contenu intestinal.....	47
2.3	Analyses statistiques	48
2.3.1	Ratons de l'OCERM	48
2.3.2	Ratons du PSRRL	50

2.3.3	Latrines 2007.....	50
2.3.4	Latrines 2008.....	51
3	Résultats	52
3.1	Description des échantillons prélevés et des résultats des analyses	52
3.2	Ratons de l'Opération de Contrôle de l'Expansion de la Rage en Montérégie (OCERM)	52
3.2.1	Description des échantillons	52
3.2.2	Distribution des parasites identifiés	54
3.2.3	Distribution de <i>Baylisascaris procyonis</i> (coproscopie et nécropsie).....	54
3.2.4	Estimation de la sensibilité et de la spécificité relative de la coproscopie vs la nécropsie de <i>Baylisascaris procyonis</i> par strate d'âge.....	58
3.2.5	Relation entre <i>Baylisascaris procyonis</i> et les variables des animaux échantillonnés.....	61
3.2.6	Relation entre œufs et vers.....	63
3.3	Programme Surveillance de la Rage du Raton Laveur (PSRRL).....	64
3.3.1	Description des échantillons	64
3.3.2	Distribution des parasites identifiés	65
3.3.3	Distribution de <i>Baylisascaris procyonis</i>	65
3.3.4	Relation entre certaines variables-raton et l'espèce <i>Baylisascaris procyonis</i>	65
3.4	Comparaison des deux sous-populations de ratons laveurs (OCERM et PSRRL)	66
3.4.1	Estimé de prévalence totale.....	66
3.5	Latrines 2007	67
3.5.1	Description des échantillons	67
3.5.2	Distribution des parasites identifiés par latrine.....	68
3.5.3	Distribution de <i>Baylisascaris procyonis</i> selon le parc échantillonné	68
3.5.4	Relation entre les variables saison et site, et la présence de <i>Baylisascaris procyonis</i>	69

3.6 Latrines 2008	71
3.6.1 Description des échantillons	71
3.6.2 Distribution des parasites identifiés par échantillon	72
3.6.3 Distribution de <i>Baylisascaris procyonis</i> selon le parc échantillonné	72
3.6.4 Effet des variables saison et site sur la contamination d'une latrine pour l'espèce <i>Baylisascaris procyonis</i>	73
4 Discussion	74
4.1 Prévalence des parasites intestinaux (ratons et latrines)	74
4.1.1 Protozoaires	75
4.1.2 Trématodes	77
4.1.3 Cestodes	78
4.1.4 Nématodes	79
4.2 L'espèce <i>Baylisascaris procyonis</i> (chez le raton laveur)	82
4.2.1 Prévalence chez les ratons	82
4.2.2 Sensibilité et spécificité de la coproscopie pour <i>Baylisascaris</i> <i>procyonis</i>	87
4.2.3 La technique de coproscopie utilisée : la double centrifugation	90
4.2.4 Méthodes de conservation	92
4.2.5 Charge parasitaire	92
4.2.6 La ponte parasitaire	96
4.2.7 Relation entre œufs et vers	99
4.3 L'espèce <i>Baylisascaris procyonis</i> (dans les latrines)	99
4.3.1 Latrines 2007	100
4.3.2 Latrines 2008	103
4.4 Limites de l'étude	106
4.5 Santé publique	109
Bibliographie	117

Liste des tableaux

Tableau I	Sommaire de la prévalence de <i>Baylisascaris procyonis</i> chez le raton laveur en Amérique du Nord, provenant des principales études disponibles.	12
Tableau II	Particularités propres à certaines espèces d'Ascaridés.....	14
Tableau III	Cas d'infections humaines par <i>Baylisascaris procyonis</i> rapportés en Amérique du Nord.	25
Tableau IV	Liste des espèces parasitaires identifiées chez le raton laveur et prévalence observée.	34
Tableau V	Nombre et date de prélèvement des tractus digestif chez les ratons euthanasiés dans le cadre de l'OCERM.....	40
Tableau VI	Description du nombre d'échantillons en fonction de l'année et du programme par lequel les spécimens ont été récoltés	53
Tableau VII	Résultats des analyses coproscopiques (œufs) et des analyses du contenu intestinal (vers total) pour <i>Baylisascaris procyonis</i> selon des variables ratons de l'OCERM (Montréal, 2007).....	53
Tableau VIII	Énumération et proportion des espèces parasitaires observées en fonction du programme d'échantillonnage.....	55
Tableau IX	Distribution des ratons laveurs infectés selon les stades de développement de <i>Baylisascaris procyonis</i>	57
Tableau X	Description de la charge parasitaire de <i>Baylisascaris procyonis</i> selon les différents stades de développement des vers et de la ponte parasitaire par 2 g de matières fécales, en fonction de l'âge du raton infecté.....	57
Tableau XI	Comparaison de la sensibilité (SE) et de la spécificité (SP) de la coproscopie vs la nécropsie considérant la présence de tous les vers (matures et immatures) de <i>Baylisascaris procyonis</i> par strate d'âge des ratons échantillonnés dans le cadre de l'OCERM.....	59
Tableau XII	Comparaison de la sensibilité (SE) et de la spécificité (SP) de la coproscopie vs la nécropsie considérant la présence des vers matures de <i>Baylisascaris procyonis</i> par strate d'âge des ratons échantillonnés dans le cadre de l'OCERM.....	60

Tableau XIII	Description des variables des 142 rats échantillonnés dans le cadre du PSRRL et proportion de rats excréant des œufs de <i>Baylisascaris procyonis</i>	64
Tableau XIV	Description des proportions de rats excréant des œufs de <i>Baylisascaris procyonis</i> après regroupement des deux sous-populations (OCERM et PSRRL).....	66
Tableau XV	Répartition des latrines échantillonnées dans chaque parc national en 2007 et proportion de latrines contaminées par des œufs de <i>Baylisascaris procyonis</i>	67
Tableau XVI	Répartition des latrines échantillonnées selon la saison et le mois en 2007 et proportion de latrines contaminées par des œufs de <i>Baylisascaris procyonis</i>	68
Tableau XVII	Résultats de l'analyse par régression logistique du statut de contamination des latrines 2007 par <i>Baylisascaris procyonis</i> , en fonction du site et de la saison.....	70
Tableau XVIII	Répartition des échantillons de matières fécales analysés et des latrines dans chacun des parcs nationaux en 2008 et proportion de contamination par des œufs de <i>Baylisascaris procyonis</i>	71
Tableau XIX	Répartition des échantillons de matières fécales analysées des latrines 2008, selon le mois et la saison et proportion d'échantillons contaminés par des œufs de <i>Baylisascaris procyonis</i>	72

Liste des figures

Figure 1	Aire de répartition du raton laveur en Amérique du Nord.	5
Figure 2	Cycle de développement de <i>Baylisascaris procyonis</i>	17
Figure 3	Zones de capture des ratons laveurs durant l'OCERM (2007). Les zones colorées en bleu et en jaune sont situées en milieu rural (Phase 1-2-3) et le rose représente le milieu urbain (Phase 5).....	38
Figure 4	Zones de surveillance active (orange clair) et de surveillance rehaussée (orange foncé) de la rage du raton laveur dans le sud du Québec en 2007 (PSRRL).....	41
Figure 5	Localisation des parcs nationaux échantillonnés lors de l'étude des latrines en 2007 et 2008 (Source SEPAQ).....	43
Figure 6	Variation de la proportion de latrines 2007 contaminées par des œufs de <i>Baylisascaris procyonis</i> , en fonction du mois d'échantillonnage	70

*Je dédis ce manuscrit à mon conjoint Yves,
qui m'a encouragé et m'a soutenu tout au
long de cette grande aventure.*

Liste des sigles et abréviations

ACIA	Agence canadienne d'inspection des aliments
CQSAS	Centre Québécois sur la Santé des Animaux Sauvages
FMV	Faculté de médecine vétérinaire
LMC	<i>Larva migrans</i> cérébrale
LMO	<i>Larva migrans</i> oculaire
LMV	<i>Larva migrans</i> viscérale
MAPAQ	Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec
MRNF	Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune
OCERM	Opération de contrôle de l'expansion de la rage en Montérégie
PNIB	Parc National Iles-de-Boucherville
PNMO	Parc National Mont-Orford
PNMSB	Parc National Mont-St-Bruno
PNMT	Parc National Mont-Tremblant
PNO	Parc National Oka
PNP	Parc National Plaisance
PNY	Parc National Yamaska
PSRRL	Programme de surveillance de la rage du raton laveur
SNC	Système nerveux central

Remerciements

Je remercie le Fonds du Centenaire pour la bourse qui m'a été accordée durant la réalisation de ce projet.

Je suis reconnaissante à Fannie D'Amour et à Francine Lavoie pour leur aide dans les analyses de coproscopie, et à Guy Beauchamp pour son support et son aide dans les analyses statistiques.

Je remercie les responsables de l'agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA), du ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec (MAPAQ) et du ministère des ressources naturelles et de la faune (MRNF) qui m'ont permis et facilité la récolte d'échantillons sur les ratons laveurs euthanasiés.

Je remercie Monsieur Alain Mochon du parc national de la Yamaska (PNY) qui a organisé la récolte des échantillons de matières fécales dans les latrines des parcs nationaux dans le sud du Québec.

Je remercie mon directeur Alain Villeneuve et ma codirectrice Denise Bélanger pour leur disponibilité, leur patience, leurs encouragements et leurs remarques constructives tout au long du projet.

Introduction

Le raton laveur (*Procyon lotor*) est l'hôte définitif d'un nématode intestinal, *Baylisascaris procyonis*. Celui-ci a été isolé pour la première fois, en 1931, chez des ratons laveurs du parc zoologique de New York (Gavin et al, 2005). Ayant des conséquences mineures chez le raton laveur, cette infection affecte gravement de nombreuses autres espèces animales. En effet, l'infection a été détectée chez plus de 100 espèces d'oiseaux et de mammifères (Gavin et al, 2005) chez qui elle se caractérise souvent par une méningo-encéphalite éosinophilique fatale. Chez ces derniers, on voit des *larva migrans* qui se distinguent des autres larves d'ascaridés par leur migration agressive, leur invasion du système nerveux central (SNC), une forte croissance durant la migration et une inflammation importante des tissus envahis.

Baylisascaris procyonis a un potentiel zoonotique. Dans les cas les plus graves, les *larva migrans* cérébrales (LMC) causent, chez de jeunes enfants, une méningo-encéphalite éosinophilique aiguë fatale ou avec des dommages neurologiques et oculaires graves et permanents. Les premiers cas confirmés d'infection humaine fatale ont été décrits relativement récemment, soit en 1984 et 1985 aux États-Unis chez deux enfants âgés de 10 (Huff et al, 1984) et de 18 mois (Fox et al, 1985). À ce jour, plus de 20 cas humains ont été diagnostiqués en Amérique du Nord, dont six cas mortels. Un cas d'infection chez un enfant autiste a été observé à Toronto où des œufs de *B. procyonis* ont été trouvés dans la terre de la cour arrière de la résidence familiale. L'enfant a survécu, mais a conservé de graves dommages neurologiques (Cheney, 2005). Les études épidémiologiques suggèrent que le pica, la géophagie et l'exposition indirecte aux ratons infectés, donc à un environnement contaminé par les matières fécales de ces derniers, sont des facteurs de risque pour l'infection humaine (Gavin et al, 2005). Des mesures préventives et la sensibilisation du public s'imposent puisque plusieurs cas humains se sont produits dans des environnements où des latrines étaient proches des terrains de jeux des enfants (Page et al, 2009).

Plusieurs études sur *B. procyonis* ont été effectuées à divers endroits en Amérique du Nord, principalement aux États-Unis, mais peu ont eu lieu au Canada. Au Québec, une étude (MacKay et al, 1995) sur des rats piégés de novembre 1994 à janvier 1995 dans la région de St-Hyacinthe, a démontré la présence de *B. procyonis* chez 57 % des rats laveurs (n = 21) nécropsiés à la Faculté de médecine vétérinaire (FMV). En 2009, des œufs de *B. procyonis* ont été observés dans les matières fécales de quatre chiens et l'un de ces cas a été confirmé par la présence d'un ver adulte (Service de diagnostic, laboratoire de parasitologie, données non publiées).

Afin d'évaluer la situation au Québec, il importe d'étudier cette infection dans la population de rats laveurs québécois, dont la densité moyenne a été estimée à 13 rats/km² en 2006-2007 (Jolicoeur et al, 2009). Ainsi, nous pourrions suggérer des mesures préventives adéquates et sensibiliser le public des régions affectées. Le but de cette recherche est de caractériser les parasites intestinaux, dont *B. procyonis*, chez le raton laveur afin d'évaluer le risque zoonotique. Les objectifs généraux de l'étude sont :

- 1) Identifier la faune helminthique intestinale (au niveau du genre) via la nécropsie, chez le raton laveur dans le sud du Québec
- 2) Déterminer la prévalence individuelle des parasites intestinaux par coproscopie et des helminthes intestinaux via la nécropsie
- 3) Déterminer par coproscopie le niveau de contamination des latrines par des parasites intestinaux dans des parcs nationaux du sud du Québec

Les objectifs spécifiques de l'étude sont :

- 1) Déterminer la sensibilité de la coproscopie relativement à la nécropsie pour l'espèce *B. procyonis* en fonction de l'âge du raton
- 2) Déterminer la charge parasitaire de *B. procyonis* chez les rats nécropsiés
- 3) Évaluer la présence d'un effet saisonnier potentiel de l'intensité d'infestation de *B. procyonis* à l'échelle individuelle et de la latrine

- 4) Déterminer l'association entre la prévalence, l'intensité d'infection et la charge parasitaire de *B. procyonis* avec l'âge, le sexe et l'origine du raton
- 5) Caractériser les stades de développement (mature + immature) des vers *B. procyonis* en fonction de l'âge du raton
- 6) Discuter de la possibilité d'un risque zoonotique des latrines dans les parcs nationaux

1 Recension de la littérature

1.1 Raton laveur

1.1.1 Description

Appartenant à la famille des Procyonidés, le raton laveur (*Procyon lotor*) est un mammifère qui doit son nom à la croyance selon laquelle il aurait l'habitude de tremper ses aliments dans l'eau avant de les manger, ce qui est contesté. On le reconnaît facilement à son pelage poivre et sel avec de légères teintes de roux, à son masque facial noir bordé de blanc autour des yeux et à sa queue rayée de blanc et de noir. C'est un animal nocturne doué d'une grande dextérité et, malgré sa démarche lente et malhabile, il est bon nageur, bon grimpeur et bon chasseur. Il pèse en moyenne entre six et huit kilogrammes (Rosatte, 2007), mais des adultes de 28 kg ont été observés à l'automne (Prescott et Richard, 2004; Rosatte, 2007).

1.1.2 Distribution géographique

On le trouve presque partout aux États-Unis, mais également au Mexique, en Amérique centrale, en Union Soviétique et en Allemagne (Prescott et Richard, 2004). Le raton est bien établi dans la majeure partie de l'Europe et de l'Asie (Kazacos, 2001). Au Canada, il est présent dans le sud de toutes les provinces, sauf à Terre-Neuve-et-Labrador. Au Québec, avec l'agriculture qui prend de l'expansion, il a tendance à étendre son aire de distribution vers le nord (Rosatte, 2007; Figure 1). Il est présent dans presque tous les parcs nationaux du Québec et plus abondant en Estrie, Montérégie et Outaouais (Pierre Canac-Marquis, communication personnelle, 2007)

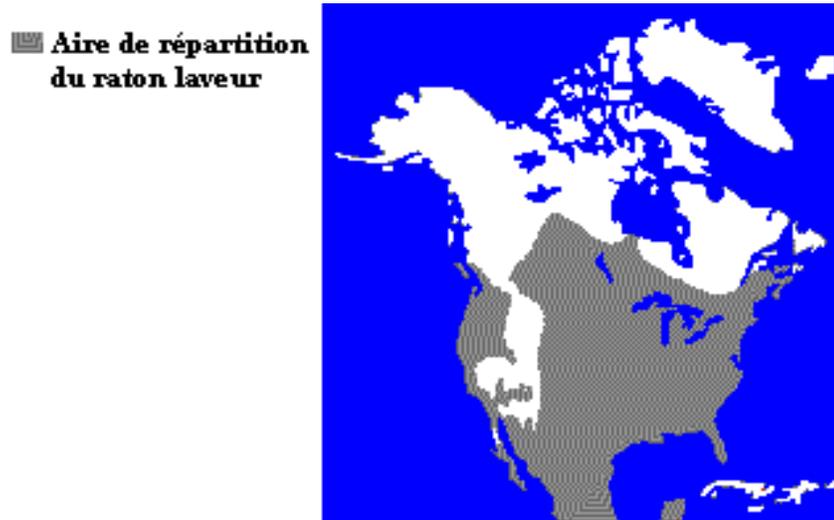


Figure 1 Aire de répartition du raton laveur en Amérique du Nord.
Source : Faune et Flore du pays
([http://www.hww.ca/~Content/101/Images/MAPFR\(31\).GIF](http://www.hww.ca/~Content/101/Images/MAPFR(31).GIF))

1.1.3 Habitat et niche

Le raton habite surtout à proximité des cours d'eau et des marécages, mais on le retrouve aussi dans les forêts mixtes, les forêts de feuillus, les régions agricoles cultivées ou abandonnées, ainsi que dans les parcs urbains et suburbains. Il s'adapte facilement à plusieurs types d'habitat, en autant qu'il puisse combler ses besoins en eau et en nourriture et qu'un gîte soit disponible (Rosatte, 2007; Gavin et al, 2005).

Il niche principalement dans les gros arbres creux, les souches, les cavernes et les terriers abandonnés par les marmottes ou les renards. Il peut également s'abriter dans les cheminées, les égouts, les ponceaux (Rosatte, 2007), les hangars et les granges (Prescott et Richard, 2004), ou se réfugie, à l'occasion, sous un cabanon ou dans l'entre-toit d'une maison (Roussere et al, 2003). Il est donc bien présent dans l'environnement de l'homme.

1.1.4 Densité des populations

La densité de la population de rats laveurs varie selon le type d'habitat. Selon les données du Service Canadien de la Faune (Rosatte, 2007), le territoire d'un raton varie de 1 à 4 kilomètres carrés (km²) dans les secteurs agricoles de l'Est de l'Amérique du Nord et il atteint 50 km² dans les prairies. En milieu urbain, les territoires se chevauchent et couvrent moins de 0,1 km². Lorsqu'exprimée en nombre d'animaux, la densité est de 1 raton/km² dans les territoires des prairies de l'ouest du Canada, de 5 à 10/km² dans les régions agricoles et de 50 à 100/km² en milieu urbain (Rosatte, 2007). Une densité de 25 rats par km² est considérée élevée (Jacobson et al, 1976). Au Québec, la densité moyenne a été estimée, en Montérégie en 2006-2007, à 13 rats/km² (Jolicoeur et al, 2009).

1.1.5 Reproduction

Vers la fin janvier survient la période de rut et les mâles sortent de leur gîte en quête des femelles. L'accouplement a lieu en janvier ou en février et la mise-bas se produit vers la fin avril ou début de mai, après une gestation de 63 jours (Prescott et Richard, 2004). Solitaires, les mâles sont peu territoriaux, mais durant la saison de reproduction, ils signalent leur présence en laissant des marques odorantes et s'accouplent avec plusieurs femelles. Les portées sont constituées de quatre à cinq petits en moyenne. Les bébés ouvrent les yeux vers trois semaines et commencent à sortir du nid vers deux mois. Ils seront complètement sevrés vers l'âge de quatre mois (Prescott et Richard, 2004).

Les mâles ne participent pas à l'élevage des petits (Rosatte, 2007); la cellule familiale est donc composée seulement de la mère et de ses petits. Ceux-ci chassent ensemble la nuit et partagent la même niche le jour. Les petits demeurent souvent avec la mère jusqu'au printemps suivant et la famille se sépare habituellement à l'arrivée de la nouvelle portée (Rosatte, 2007). Les jeunes femelles demeurent autour du territoire de la mère, alors que les jeunes mâles s'en éloignent. Les femelles sont prêtes à se reproduire dès la première année, tandis qu'habituellement les mâles ne s'accoupleront qu'à leur deuxième

année. Sociables et pacifiques, les ratons compétitionnent entre eux seulement pour la nourriture même si parfois l'accouplement provoque quelques batailles entre les mâles. Les ratons vivent environ 5 ans en milieu naturel, mais certains atteignent l'âge de 12 à 16 ans (Rosatte, 2007). En captivité, le record de longévité est de 22 ans (Prescott et Richard, 2004). On dit que la population est entièrement remplacée après sept ans (Rosatte, 2007).

1.1.6 Alimentation

Le raton laveur est un omnivore opportuniste. Il mange de tout et chaque saison lui offre un menu différent. Il préfère les petits animaux aquatiques tels que les moules, les écrevisses, les poissons, les grenouilles et les tortues (Prescott et Richard, 2004). Il se nourrit aussi de petits mammifères terrestres tels les jeunes rats-musqués, les lapins, les mulots, les souris et les écureuils. Il s'alimente également de petits oiseaux, d'œufs d'oiseaux, d'insectes, de vers de terre, de petits fruits sauvages et de pommes de terre (Rosatte, 2007). Il fait souvent des dégâts considérables dans les champs de maïs en brisant les tiges et en mordillant les épis (Bird, 1987). Cet animal rusé et très habile manuellement n'a pas peur de l'homme (Rosatte, 2007). Il apprend facilement à ouvrir nos poubelles et ne se gêne pas pour éventrer les sacs « verts » et se nourrir de la nourriture avariée qu'ils contiennent. Il va même jusqu'à dérouler le gazon fraîchement installé, pour se nourrir de vers et d'insectes. Le régime alimentaire d'automne est très important, car il permet d'accumuler des réserves de graisse importantes en prévision de l'hiver (Rosatte, 2007).

Dès les grands froids, il entre en état d'hivernation et vit alors sur les réserves de graisse accumulées de l'été à l'automne. Il sort de son abri lorsque la température se réchauffe et on peut parfois l'apercevoir durant l'hiver (Prescott et Richard, 2004; Rosatte, 2007).

1.1.7 Latrines

Une latrine, définie comme étant un endroit où des ratons laveurs ont l'habitude de déféquer régulièrement (Kazacos et Boyce, 1989), est toujours située bien à la vue. Les ratons choisissent habituellement comme site le pied d'un gros arbre, une grosse roche plate, un tronc d'arbre renversé, un sentier dégagé en milieu rural, mais aussi le dessus d'une corde de bois, un patio, une cheminée ou un toit plat en ville (Roussere et al, 2003). Dans les régions forestières, on trouve les latrines le plus souvent à la base des arbres, à la bifurcation des gros troncs d'arbres, sur des troncs d'arbres tombés, sur des grosses roches ou sur d'autres surfaces horizontales (Kazacos et Boyce, 1989; Page et al, 1999). Une latrine est considérée comme étant active, s'il y a une accumulation de matières fécales fraîches et anciennes qui sont en état plus ou moins évident de décomposition ou de dessiccation (Page et Swihart, 1998). Elle est habituellement fréquentée par plusieurs individus (Page et al, 1999) d'où la qualification de « latrines communautaires ».

1.1.8 Causes de mortalité

Le grand duc, le couguar et des canidés autant sauvages que domestiques sont reconnus comme prédateurs du raton laveur (Prescott et Richard, 2004; Rosatte, 2007). L'homme semble être son principal prédateur en tant que chasseur et trappeur, mais plusieurs ratons sont aussi frappés et tués sur les routes (Rosatte, 2007). La rage et le distemper affectent mortellement le raton laveur. Depuis 2006, des cas de rages ont émergé au Québec en extension de l'épizootie du Vermont (Guérin et al, 2008). Par ailleurs, la malnutrition et les rigueurs de l'hiver sont deux autres causes de mortalité chez les jeunes ratons (Rosatte, 2007).

1.1.9 Risque à la santé humaine

Le raton peut être un réservoir d'agents infectieux zoonotiques dont la rage (Guérin et al, 2008), la leptospirose (McAllister, 2007) et des parasites intestinaux (Roussere et al,

2003). On recommande donc de ne pas le nourrir, de ne pas l'appivoiser et de le laisser dans son milieu à l'état sauvage. Il est interdit de garder un animal sauvage en captivité (Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune). Il est préférable également de ne pas le relocaliser, afin d'éviter de contaminer un territoire indemne (Schaffner et al, 1981).

1.2 *Baylisascaris procyonis*

1.2.1 Classification

Le genre *Baylisascaris* appartient à l'embranchement Nematoda, à l'ordre Ascaridida, à la super-famille Ascaridoidea et à la famille *Ascarididae* (Roberts et Janovy, 2006). Une caractéristique commune à ce groupe est une bouche bordée par trois lèvres, dont une dorsale et deux sub-ventrales. Aussi, la queue du mâle est habituellement courbée ventralement (Bowman, 2009).

1.2.2 Description du parasite

Au stade adulte, la femelle mesure 20 à 22 cm de longueur (Kazacos, 2001; Gavin et al, 2005). La vulve est localisée dans la partie antérieure entre le quart et le tiers de la longueur du ver (Kazacos, 2001). Le mâle mesure 9 à 11 cm (Kazacos, 2001; Gavin et al, 2005); sa queue conique contient une paire de spicules (Averbeck et al, 1995) ne dépassant pas 1,0 mm de longueur (Sprenst, 1968) et possède des taches péri-anales rugueuses antérieures et postérieures à l'anus avec des rangées d'épines (Averbeck et al, 1995). Les deux sexes ont des ailes cervicales réduites visibles seulement dans les coupes histologiques transverses de l'extrémité antérieure du ver (Averbeck et al, 1995).

Les larves mâles et femelles n'ont aucun signe distinctif (Bowman, 1987) et mesurent en moyenne 1 750 μm pour un diamètre moyen de 72 μm , ce qui permet de les différencier de celles des autres ascaridés fréquemment rencontrés : 405 μm x 19 μm pour *Toxocara canis*, 407 μm x 16 μm pour *Toxocara cati* et 700 μm x 31 μm pour *Toxascaris*

leonina (Bowman, 1987; Villeneuve, 2003). Sur une coupe histologique transverse de la partie antérieure de la larve de *B. procyonis*, on voit nettement que l'aile latérale simple est repliée dorsalement (Bowman, 1987).

1.2.3 Hôtes

La terminologie utilisée dans la littérature varie quelque peu, mais répond aux définitions suivantes : l'hôte définitif ou final est celui chez qui le parasite se reproduit habituellement alors que chez l'hôte définitif secondaire, le parasite complète son cycle exceptionnellement; chez l'hôte intermédiaire, il se développe obligatoirement et partiellement mais sans atteindre sa maturité alors que chez l'hôte paraténique, il est hébergé sans se développer, ce qui facilite sa transmission à l'hôte final, souvent par une relation proie-prédateur; chez l'hôte anormal ou hôte cul-de-sac ou hôte aberrant, il s'y retrouve accidentellement, sans avantage particulier, sans croissance, tout en demeurant vivant (Villeneuve, 2003).

Tout au long de ce mémoire, le raton laveur sera qualifié d'hôte définitif, le chien d'hôte définitif secondaire, certains oiseaux et certains mammifères d'hôtes paraténiques et l'homme d'hôte anormal. Plus de 100 espèces animales ont été rapportées infectées naturellement ou expérimentalement (Gavin et al, 2005).

1.2.4 Prévalence

1.2.4.1 Chez le raton

Aux États-Unis, les études de prévalence abondent et les plus importantes sont rapportées dans le Tableau I (page 12). Une compilation de nombreuses autres études américaines (Kazacos, 2001; Wise et al, 2005) effectuées sur l'infection intestinale des ratons laveurs par le *B. procyonis* décrit une infection variant de 0 à 100 % dans 33 études réalisées dans le mid-ouest (58 %; n = 3 967) et dans 10 études du sud-ouest (49 %;

n = 229); de 5 à 100 % dans 7 études au nord-est de la côte Atlantique (64 %; n = 476); et de 0 à 71 % dans 28 études au sud-est (4 %; n = 1 868). Lorsque l'infection atteignait 100 %, le nombre de rats nécropsiés variait de 1 à 15 individus. Certaines caractéristiques ressortent des nombreuses études américaines, ainsi la prévalence chez les rats semble diminuer du nord au sud : Kentucky (30 %; n = 70), Virginie (26 %; n = 72) et Tennessee (8 %; n = 253), tandis que le parasite est beaucoup moins commun et même absent dans les états du sud, soit moins de 1 % dans le nord de la Georgie (n = 110) et 0 % dans plusieurs états du sud, dont la Caroline du Nord (n = 225), Caroline du Sud (n = 64), Alabama (n = 371), Floride (n = 70) et Texas (Kazacos et Boyce, 1989). Le parasite est également présent à l'ouest : Washington (4 %; n = 29) et Californie (nord : 58 à 70%; n = 26 à 56, sud : 8 %; n = non disponible).

La prévalence peut varier avec la région, l'âge des rats et la saison. En effet, des variations régionales ont été observées au Wisconsin (51 %; n = 213) où la prévalence diminuait du sud (77 %) au nord (18 %; Kazacos et Boyce, 1989). De plus, les jeunes rats ont une prévalence et une charge parasitaire plus élevées (93,5 %; 48 à 62 vers) que les rats adultes (55,3 %; 12 à 22 vers; Snyder et Fitzgerald, 1985). Lors d'une étude réalisée à New York, les rats trappés vivants (20,2 %; n = 243) avaient une prévalence plus élevée (35 à 48 %; $p < 0,001$) pour les mois de septembre, octobre et novembre (Kidder et al, 1989).

Au Canada (Tableau I), une étude a été réalisée d'avril 1997 à mai 1998 en Colombie-Britannique sur des rats tués par les automobiles ou capturés, parce que blessés ou malades (Ching et al, 2000) et des vers *B. procyonis* ont été observés à la nécropsie chez 82 % des rats juvéniles et 49 % des adultes. Au Manitoba, l'étude a été réalisée de mai à août 2007, dans la ville de Winnipeg (Sexsmith et al, 2009) et la charge parasitaire de l'espèce *B. procyonis* était 3,9 fois plus élevée ($p < 0,05$) chez le rat adulte comparé au juvénile et 7,3 fois plus élevée ($p < 0,05$) chez les rats pesant plus de 2,75 kg comparé à ceux qui avaient un poids inférieur à 2,75 kg. Au Québec, parmi les rats

laveurs piégés de novembre 1994 à janvier 1995, 69 % des individus infectés par des vers matures de *B. procyonis* étaient d'âge juvénile et 37 % d'âge adulte (MacKay et al, 1995).

Tableau I Sommaire de la prévalence de *Baylisascaris procyonis* chez le raton laveur en Amérique du Nord, provenant des principales études disponibles.

Lieu	Prévalence* % (n)	Diagnostic	Référence
Canada			
Québec	57 (21)	V	MacKay et al, 1995
Colombie-Britannique	61 (82)	V	Ching et al, 2000
Manitoba	54 (114)	O et/ou V	Sexsmith et al, 2009
États-Unis			
Illinois	82 (310)	V	Snyder & Fitzgerald, 1985
Kentucky	30 (70)	V	Cole & Shoop, 1987
Virginie	26 (72)	V	Jones & McGinnes, 1983
Texas	16 (19)	V	Long et al, 2006
Tennessee	8 (253)	V	Kazakos & Boyce, 1989
Georgie	22 (50)	O et/ou V	Eberhard et al, 2003
New York	20 (243)	O	Kidder et al, 1989
Indiana	72 (1425)**	nr	Kazakos, 2001
Wisconsin	51 (213)	nr	Kazakos & Boyce, 1989

nr = non rapporté

*La prévalence est exprimée en pourcentage d'individus infectés par des œufs (O) ou des vers (V). Le nombre de ratons examinés est inscrit entre les parenthèses.

**Étude réalisée pendant 6 ans, mais toujours en novembre-décembre.

1.2.4.2 Chez le chien

La prévalence chez le chien ne peut pas être établie car seuls des cas isolés ont été identifiés. On sait, toutefois, que le chien peut héberger le parasite adulte dans son intestin suite à une infection expérimentale (Miyashita, 1993). Certains cas de parasitisme intestinal ont été documentés : un Labrador retriever âgé de cinq mois qui a excrété trois vers femelles fertiles et un Golden retriever âgé de six mois qui a éliminé deux vers adultes femelles non gravides (Greve et O'Brien, 1989). Plus de 24 cas d'infection canine ont été signalés (Averbeck et al, 1995; Greeve et O'Brien, 1989; Kazacos, 2001). À St-Hyacinthe, des œufs de *B. procyonis* ont été trouvés chez deux jeunes chiens âgés d'environ cinq mois et provenant de la même portée, ainsi que de nombreux œufs et un ver femelle gravide chez un Labrador retriever âgée de cinq ans et vivant à Montréal (Service de diagnostic, laboratoire de parasitologie, données non publiées). La façon dont ces chiens se sont infectés demeure inconnue, mais pourrait faire suite à l'ingestion d'œufs infectieux provenant de matières fécales de rats contaminées ou suite à la prédation d'un hôte paraténique. Comme le chien peut excréter des œufs de trois ascaridés différents et que les conséquences d'une infection sur la santé humaine varient avec chacune de ces espèces, il importe de bien identifier les œufs de *B. procyonis* (Tableau II). Pour déterminer les pseudo-infections, il s'agit de répéter les analyses fécales; l'absence de ces œufs dans les échantillons suivants indique la coprophagie, alors que leur persistance pourrait suggérer une infection active. De même, tous les ascaridés adultes trouvés dans les excréments de chiens devraient être identifiés. La présence d'ailes cervicales chez le parasite adulte et d'œufs caractéristiques permettent de différencier *Baylisascaris*, *Toxocara* et *Toxascaris* (Greve et O'Brien, 1989).

Tableau II Particularités propres à certaines espèces d'Ascaridés.

	<u><i>Baylisascaris</i></u> <u><i>procyonis</i></u>	<u><i>Toxocara canis</i></u>	<u><i>Toxocara cati</i></u>	<u><i>Toxascaris</i></u> <u><i>leonina</i></u>
Forme de l'œuf	Ovale	Subsphérique	Subsphérique	Ovale
Paroi de l'œuf	Granuleuse	Rugueuse	Rugueuse	Lisse
Couleur de l'œuf	Brun	Brun	Brun	Gris
Taille de l'embryon	< œuf	= œuf	= œuf	< œuf
Dimension de l'œuf (μm)	55 x 75	80 x 90	70 x 80	70 x 80
Longueur de l'adulte (cm)	10 à 22	5 à 18	3 à 10	2.5 à 10
Longueur larve tissu (μm)	1270-1850	360-445	360-445	650-750
Diamètre larve tissu (μm)	60-81	18-21	15-17	25-37
Photo de l'œuf non-embryonné				

Sources : Averbeck et al, 1995; Villeneuve A, 2003.

1.2.4.3 Chez l'hôte paraténique

Dans la nature, la plupart des mortalités passent inaperçues, car les animaux affectés meurent ou sont tués par des prédateurs, consommés par des charognards ou disparaissent par décomposition (Nettles et al, 1975). Toutefois, dans les zones forestières en Illinois, on a montré que jusqu'à 10 % des rongeurs mourant de cause naturelle sont infectés par des larves de *B. procyonis* (Tiner, 1951) et qu'environ 5 % des souris à pattes blanches (*Peromyscus leucopus*) sont atteintes de nématodiase cérébrospinale et en meurent (Tiner, 1954). Des souris infectées meurent lorsque les larves de *B. procyonis* atteignent une longueur moyenne de 1 mm soit environ 9 jours après l'infection et une larve dans le cerveau est mortelle pour une souris de laboratoire (Tiner, 1953). Dans une zone forestière en Virginie, 60 lapins (*Sylvilagus floridanus*) ont été capturés; 3 lapins parmi les 16 qui démontraient des signes neurologiques avaient des larves d'*Ascaris* dans le cervelet ou la moëlle épinière (Nettles et al, 1975).

1.2.4.4 Chez l'homme

Une seule étude sérologique a été effectuée dans la région de Chicago chez 389 enfants dont 11 % âgés de trois à quatre ans; 7 % des sérums contenaient des anticorps contre *B. procyonis* (Kazacos, communication personnelle 2010). Par ailleurs, une douzaine de cas de *larva migrans* oculaire (LMO) sont connus dans le mid-ouest des États-Unis, dont une jeune fille de 13 ans qui a développé cette lésion six semaines après avoir reçu un raton comme animal domestique (Kazacos et al, 1984).

Le potentiel d'infection avec *B. procyonis* est élevé, mais probablement pas aussi élevé qu'avec les infections à *Toxocara* (Kazacos et Boyce, 1989). Comme le personnel médical n'est pas familier avec ce parasite et avec son effet sur la santé humaine, il est peu considéré dans les diagnostics différentiels. Probablement que plusieurs maladies neurologiques non diagnostiquées ou mal diagnostiquées pourraient lui être attribuables.

On croit que les infections légères et sub-cliniques contribuent aussi au sous-diagnostic (Fox et al 1985; Huff et al, 1984). En plus, aucune étude épidémiologique n'a été effectuée pour mieux définir les facteurs de risque de cette infection à cause du petit nombre de cas documentés (Wise et al, 2005).

1.2.5 Modes d'infection

Le raton laveur peut s'infecter de deux façons. Les jeunes ratons s'infectent dès les premiers mois de leur vie par l'ingestion d'œufs infectieux (L₂) collés à la fourrure de leur mère ou dans les gîtes ou dans les latrines contaminées. Le raton adulte s'infecte plutôt par prédation (L₃), en particulier par ingestion d'hôtes paraténiques, de petits oiseaux et de petits mammifères, surtout des rongeurs (Gavin et al, 2005). Ces derniers s'infectent par l'intermédiaire d'articles contaminés avec des excréments de ratons laveurs (Kazacos, 2001), mais tout particulièrement dans les latrines (L₂), attirés par les matières fécales contenant des graines et des fruits mal digérés (Page et al, 1999). Le passage de larves en migration à travers le placenta ou dans le lait n'a pas été démontré (Kazacos et Boyce, 1989) chez le raton, toutefois un cas d'infection par passage placentaire d'une brebis au fœtus a été rapporté (Anderson, 1999).

L'homme peut se contaminer en avalant des œufs embryonnés de *B. procyonis* présents sur le sol, dans l'eau, la nourriture, sur les mains ou dans les excréments de ratons contaminés. Le chien s'infecte de la même façon, en plus de la prédation (Kazacos, 2001).

1.2.6 Cycles de vie

Le développement du parasite suit un cheminement différent selon le mode d'infection et l'hôte (Figure 2). La femelle mature pond entre 115 000 (Kazacos, 1982) et 179 000 (Snyder et Fitzgerald, 1987; Gavin et al, 2005) œufs par jour et les œufs rejetés dans l'environnement deviennent infectieux (L₂) en 2 à 4 semaines, selon la température ambiante (Gavin et al, 2005).

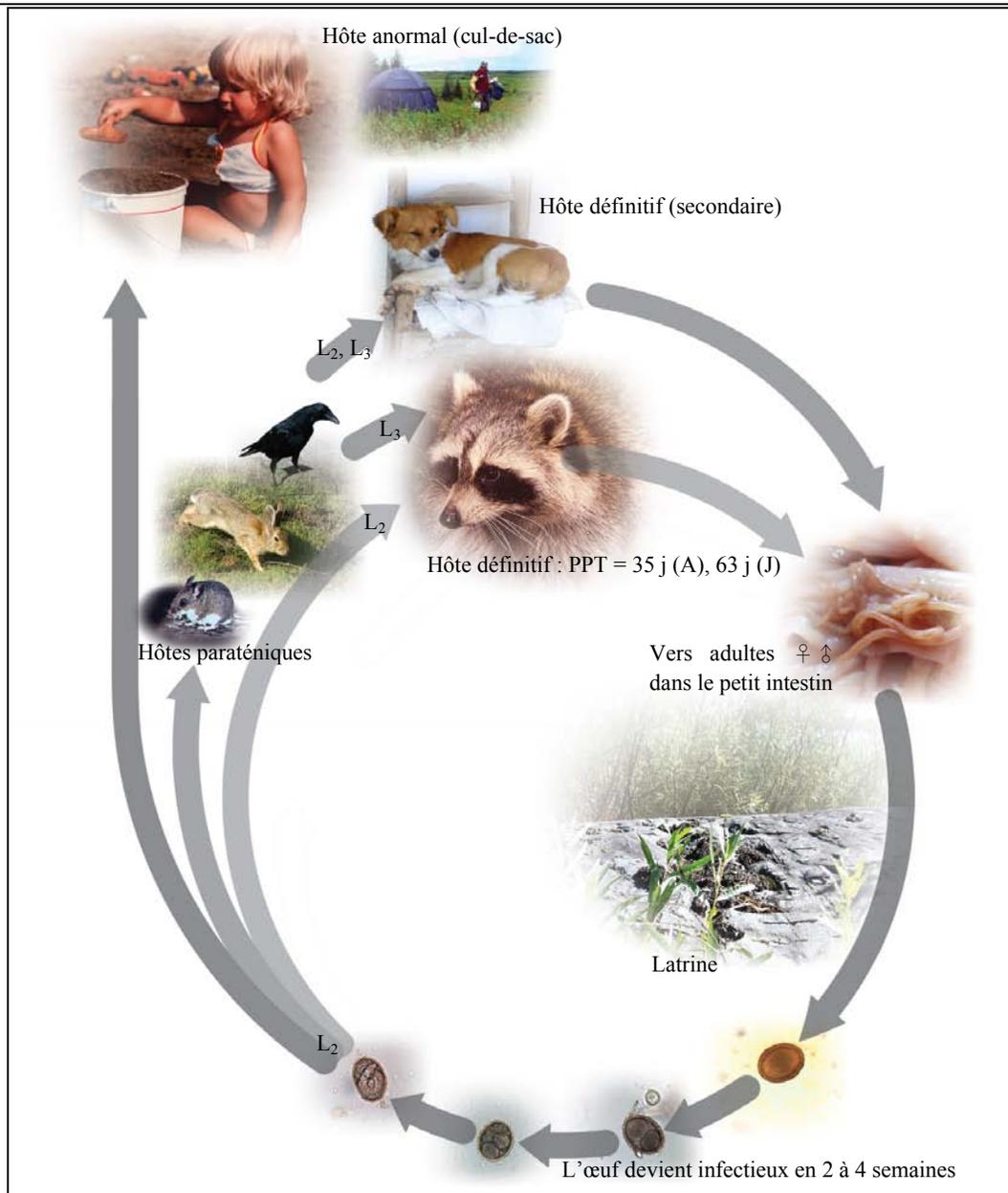


Figure 2 Cycle de développement de *Baylisascaris procyonis*.
 La période prépatente est de 35 jours chez le raton adulte (A) et de 63 jours chez le raton juvénile (J).

Lorsque l'œuf est ingéré par le raton, la larve (L₂) éclot dans le petit intestin, migre dans la muqueuse intestinale, s'y développe durant quelques semaines et émerge dans la lumière intestinale en L₃, puis termine son développement en ver mature. La période de prépatence dure alors 63 jours. Chez le raton adulte qui a ingéré un hôte paraténique infecté, la digestion permet de libérer les larves enkystées (L₃) dans les tissus de l'hôte intermédiaire, lesquelles émergent dans la lumière intestinale et se développent immédiatement en vers matures. Le cycle indirect dure alors environ 35 jours (Kazacos, 2001; Gavin et al, 2005). La migration somatique des larves ne semblent pas se produire chez le raton (Kazacos, 2001).

Chez l'hôte paraténique les larves semblent effectuer une migration somatique agressive (Kazacos, 2001). En effet, les œufs ingérés libèrent les larves (L₂) qui pénètrent dans la muqueuse intestinale, migrent vers le foie par la veine porte, puis vers les poumons; les larves traversent les capillaires pulmonaires et entrent dans le cœur gauche par les veines pulmonaires. Elles sont ensuite distribuées dans les tissus par la circulation systémique, mais particulièrement dans la partie antérieure du corps, dont la tête. Puis elles se développent partiellement et deviennent encapsulées dans les tissus de différents viscères jusqu'à leur ingestion par les ratons (Kazacos et Boyce, 1989; Kazacos, 2001; Gavin et al, 2005). Un certain nombre de larves pénètre dans une alvéole, remonte les voies respiratoires jusqu'au pharynx pour être avalées et descendre le tube digestif (Kazacos, 2001). La distribution et l'encapsulation des larves varient selon l'hôte, mais les larves entrant dans le SNC semblent être pathogéniques pour tous (Kazacos, 2001).

1.2.7 Épidémiologie (latrines)

Les excréments de rats sont concentrés dans les latrines (Snyder et Fitzgerald, 1987) qui sont principalement situées sur du foin, de la paille ou du bois mort, ainsi qu'à différents endroits dont des silos à grain, des fermes, des bâtiments abandonnés ou des greniers. Le potentiel de transmission d'œufs infectieux aux autres animaux et aux êtres humains s'en trouve augmenté. De plus, les œufs de *B. procyonis* demeurent viables et potentiellement infectieux dans un sol humide pendant plusieurs années, même longtemps après que les latrines ne soient plus utilisées et que les fèces des rats se soient dégradées (Gavin et al, 2005).

Les latrines jouent un rôle central dans la transmission du parasite. Dans les latrines actives, on trouve des graines et des petits fruits partiellement digérés qui attirent les oiseaux et les petits mammifères et les exposent ainsi à des œufs infectieux (Kazacos et Boyce, 1989; Page et Swihart, 1998). Autour des latrines, même la terre contient des œufs infectieux (Kazacos, 1983). En ville, les latrines sur les toits sont lessivées par la pluie et contaminent le milieu environnant situé plus bas (Gavin et al, 2005; Roussere et al, 2003). Une fois les matières fécales dégradées et disparues, la zone contaminée demeure encore longtemps une source d'infection pour les animaux susceptibles et pour les êtres humains (Gavin et al, 2005).

Le risque d'exposition animale et humaine est relié au nombre de rats, à la prévalence de rats infectés, à la charge parasitaire des rats et à la densité de latrines dans une région donnée (Kazacos, 2001; Gavin et al, 2005). La densité des rats en milieu urbain et péri-urbain est souvent élevée (Park et al, 2000; Gavin et al, 2005; Page et al, 2009), ce qui est le cas de plusieurs régions des États-Unis (Roussere et al, 2003) et du Québec (Jolicoeur et al, 2009). Les migrations naturelles et les translocations, volontaires ou accidentelles, influencent aussi la prévalence locale (Schaffer et al, 1981).

On croit que *B. procyonis* est partout où on trouve du raton laveur (Gavin et al, 2005). Dans la nature, le raton rejette une moyenne de 20 000 à 26 000 œufs par gramme de matières fécales (Snyder et Fitzgerald, 1987) et jusqu'à 250 000 dans les cas extrêmes (Kazacos, 2001). La ponte parasitaire moyenne a été établie à 6 454 œufs par gramme chez les ratons adultes et à 29 719 œufs par gramme chez les ratons juvéniles (Snyder et Fitzgerald, 1987). La charge parasitaire moyenne est de 13,3 vers chez les ratons adultes et de 62,4 vers chez les juvéniles (Snyder et Fitzgerald, 1987). Une forte densité de ratons laveurs peut donc résulter en une accumulation significative d'œufs de *B. procyonis* dans l'environnement avec les risques que l'on connaît pour la santé humaine (Kidder et al, 1989). Un raton peut produire 100 grammes de matières fécales par jour (Snyder et Fitzgerald, 1987).

1.3 L'infection chez les animaux

1.3.1 Chez le raton

B. procyonis est indigène chez le raton laveur nord-américain et chez les ratons introduits dans les autres parties du monde (Gavin et al, 2005). La plupart des ratons infectés sont normaux en apparence (Kazacos et Boyce, 1989). Trois cas de problèmes reliés à une grande quantité de vers sont rapportés. Dans un premier cas, on a trouvé 1 321 vers chez un raton juvénile affecté par le distemper (Carlson et Nielsen, 1984). Dans les deux autres cas, une obstruction intestinale avait causé la mort des ratons, et ceux-ci avaient respectivement 636 et 141 vers (Stone, 1983).

1.3.2 Chez l'hôte paraténique

Chez l'hôte paraténique, les larves migrent dans tous les tissus et croissent durant une période de 2 à 4 semaines. La L₂ mesure 300 μm lors de l'éclosion et la L₃ atteint 1 500 à 1 900 μm de long et 60 à 80 μm de diamètre (Fox et Kazacos, 1985; Goldberg et al, 1993; Gavin et al, 2005). Cette croissance induit des dommages tissulaires mécaniques graves,

mais entraîne également une abondance de produits excrétoires et sécrétoires hautement antigéniques et neurotoxiques. Ces produits larvaires causent une nécrose tissulaire locale marquée et crée une réaction inflammatoire à forte composante éosinophile; la dégranulation de ces éosinophiles entraîne une nécrose extensive des tissus environnants pouvant être fatale (Gavin et al, 2005). La réponse inflammatoire de l'hôte n'est ni protectrice, ni curative, et est même probablement très dommageable. D'ailleurs, chez les animaux infectés, les LMO sont caractérisées par la présence de traces de migration larvaire dans la rétine avec nécrose et inflammation éosinophile intense de la rétine, de la choroïde et de l'humeur vitrée (Gavin et al, 2005).

La larve s'encapsule lentement dans un petit granulome éosinophile et l'arrêt de la migration survient tardivement, particulièrement dans le SNC. Elle y demeure viable jusqu'à l'ingestion par un prédateur (Kazacos, 2001). Les larves ne sont pas vraiment neurotropiques, mais l'implication du SNC est le résultat d'une migration larvaire somatique intensive. Il a été évalué que chez la souris, 5 à 7 % des larves ingérées migrent dans le tissu nerveux (Kazacos et Boyce, 1989). Bien évidemment, les migrations aux yeux et au SNC ont plus de conséquences là qu'ailleurs (Kidder et al, 1989). La migration agressive et la croissance de la larve dans le SNC affaiblissent l'hôte au point où celui-ci devient une proie facile pour le raton laveur (Kazacos et Boyce, 1989).

1.3.2.1 Petits mammifères

Depuis une trentaine d'années, plusieurs cas de petits mammifères ayant présenté des signes cliniques neurologiques ont été associés à la présence de larves de *B. procyonis* : des marmottes (*Marmota monax*) et des lapins (*Sylvilagus floridanus*) résidents d'une région où la densité de ratons laveurs était de 18 dans une surface de 36 hectares (Jacobson et al, 1976), des loutres (*Myocaster coypus*) ayant eu accès à des branches de peuplier provenant d'un endroit habité par des ratons laveurs (Dade et al, 1977), des renards argentés (*Vulpes vulpes*) logés dans des cages où avaient séjourné des ratons laveurs

(Larson et Greve, 1983) et des chiens de prairie (*Cynomys ludovicianus*) gardés dans un ancien enclos de rats laveurs (Dixon et al, 1988). L'infection signalée chez des agneaux âgés de 2 à 3 jours avait probablement été transmise avant la naissance (Anderson, 1999). Au Canada, l'infection d'un porc-épic de l'ouest du Canada (*Erethizon dorsatum epixanthus*) a été rapportée (Thompson et al, 2008).

1.3.2.2 Oiseaux

Des cas d'infection ont été rapportés chez des oiseaux, avec des conséquences souvent très graves. Dans tous les cas suivants, des signes neurologiques ont été observés et associés à la présence de larves de *B. procyonis* : des poulets White Leghorn de 4 semaines élevés sur de la paille souillée par des matières fécales de rats laveurs contaminées par des œufs de *B. procyonis* (Richardson et al, 1980), des cailles ayant eu accès à une cour plus ou moins propre où trois jeunes rats avaient été gardés durant trois mois (Reed et al, 1981), deux émeus (*Dromaius novaehollandiae*) et une autruche (*Struthio camelus*) gardés dans un enclos dont le sol était contaminé par des excréments de rats laveurs (Kazacos et al, 1991) et des aras (*Ara arauna*) logeant sur une île, accessible aux rats laveurs (Armstrong et al, 1989). Au Canada, l'infection de perroquets trichahue (*Cyanoliseus patagonus*) et de poussins kamichi à collier (*Chauna torquata*) est rapportée (Thompson et al, 2008).

1.3.2.3 Primates

L'infection semble provoquer l'apparition de signes cliniques même chez des primates. Ainsi, dans un zoo du Kansas, un gibbon femelle de 17 ans ayant présenté des signes neurologiques durant 22 mois a été nécropsié, ce qui a permis de montrer la présence de petits granulomes contenant des larves de *B. procyonis* dans le cerveau. Le gibbon était sur une île d'exhibition où onze échantillons de sol contenaient des œufs de *B. procyonis*.

Douze latrines de rats furent localisées dans ce zoo et huit rats trappés étaient infectés par *B. procyonis* (Ball et al, 1998).

1.3.2.4 Le chien

Le chien présente un cas particulier du fait qu'il peut être infecté par des œufs, comme beaucoup d'autres espèces animales réputées hôtes paraténiques, en plus de jouer le rôle d'hôte définitif secondaire. Quelques espèces autres que le raton laveur et le chien peuvent également jouer ces rôles telles que les kinkajous (*Poto flavus*), olingos (*Bassaricyon gabbii*) et l'opossum (*Didelphis virginiana*) expérimentalement (Kazacos, 2001; Kazacos et Boyce, 1989). Ce phénomène prend toute son importance surtout chez le chien du fait qu'il vit dans l'entourage immédiat de l'homme, souvent de jeunes enfants, et qu'il défèque un peu partout (Gavin et al, 2005).

Deux cas documentés d'infection canine avec larves de *Baylisascaris* au cerveau se sont avérés mortels. Un Walker hound mâle de 10 semaines a été euthanasié suite à une ataxie subite qui a dégénéré en paralysie en moins de 48 heures. Le chiot avait été exposé à un raton laveur réputé avoir rejeté de nombreux vers ronds dans ses matières fécales (Thomas, 1988). Le deuxième cas, un Beagle mâle âgé de 12 semaines présentant une histoire de faiblesse progressive et de dysphagie, avait eu accès à des matières fécales de raton qui contenaient 18×10^3 œufs embryonnés de *B. procyonis* par gramme (Rudmann et al, 1996).

Le fait d'observer des œufs de *Baylisascaris* à la coproscopie chez un chien n'implique pas nécessairement que cet animal en soit infecté. Ainsi, l'administration de pipérazine à un tel chien a entraîné l'expulsion de 9 *Toxocara canis*, mais d'aucun *Baylisascaris*. L'absence d'œufs à la coproscopie 48 heures post traitement a laissé croire plutôt à une histoire d'ingestion d'excréments de raton laveur (Conboy, 1996). Par contre, deux chiots de race croisée dont les coproscopies ont révélé la présence d'œufs de *T. canis*,

A. caninum et *B. procyonis* ont rejeté des vers adultes (19 femelles et 7 mâles) de *B. procyonis* post-traitement (Averbeck et al, 1995).

Au laboratoire de parasitologie de la Faculté de médecine vétérinaire, en 2009, des œufs de *B. procyonis* ont été observés dans les matières fécales de trois chiens, mais l'infection n'a pu être confirmée par l'excrétion d'un ver adulte que dans un seul cas (Service de diagnostic, laboratoire de parasitologie, données non publiées). Leur mode d'infection demeure inconnu.

1.4 L'infection humaine

Il y a de nombreuses années, la possibilité d'infection humaine avait déjà été soulevée par Beaver (Bowman, 1987), puis par Kazakos (Gavin et al, 2005). Le potentiel zoonotique de *B. procyonis* s'est confirmé dans les dernières décennies avec plusieurs cas d'infection humaine, dont six cas mortels, huit cas avec séquelles neurologiques et/ou oculaires graves et trois cas avec guérison apparente (Tableau III). Dans l'entourage des patients, on a retrouvé des rats laveurs porteurs de vers ou excréteurs d'œufs *B. procyonis*, ou des excréments de rats laveurs contaminés par des œufs de *B. procyonis*, ou des œufs *B. procyonis* dans le sol.

Après la compilation du tableau, trois nouveaux cas ont été rapportés. À Brooklyn (New York), un jeune enfant avec une histoire de géophagie a survécu à une méningo-encéphalite éosinophilique mais a conservé des dommages neurologiques graves et permanents; un deuxième enfant, âgé de 10 ans, a développé une cécité suite à la migration d'une larve dans un œil (New York City Department of Health, Health Alert Network, 9 April 2009). Puis en Oregon, un adolescent de 17 ans qui s'était drogué, se serait infecté en ingérant de la terre contaminée (Chun et al, 2009).

Tableau III Cas d'infections humaines par *Baylisascaris procyonis* rapportés en Amérique du Nord.

Sexe/Âge	Lieu	Facteur risque	Source d'infection	Résultat / séquelle	Référence
F/18m	MI	G	Sol	Faiblesse, spasticité	Anderson et al, 1975
M/10m	PA	P	Bois foyer, MFR	Mort, LMC, LMV	Huff et al, 1984
M/18m	IL	SD, P	Écorce, bois foyer, MFR	Mort, LMC, LMV	Fox et al, 1985
M/21a	OR	DI, P, G	Ratons++	Déficit persistant	Cunningham et al, 1994
M/13m	NY	P	Sol, grains, MFR B+, ratons++	DI grave, cécité, hémiparésie	Cunningham et al, 1994
M/9m	MI	P	ind	Déficit grave, cécité	Gavin et al, 2005
M/13m	CA	P, G	Carré sable, bois foyer, sol, ratons++	Déficit neurologique, cécité, convulsion	Rowley et al, 2000
M/29a	CA	-	Contact indirect, 8/12 ratons B+	LMO : Traitement au laser (guérison)	Goldberg et al, 1993
M/10a	MA	DIL	ind	Mort, LMV : coeur	Boschetti et Kasznica, 1995
M/13m	MN	P	MFR ds maison, ratons++	Mort	Moertel et al, 2001
M/6a	IL	DI, P, G	Sol, MFR	Déficit neurologique, épilepsie	Gavin et al, 2005
M/19m	MN	KFS, P	Bois foyer, sol, ratons++	Mort	Moertel et al, 2001
M/11m	CA	P	Caillou, MFR B+, ratons B+	Déficit neurologique, cécité, convulsion	Park et al, 2000
M/17a	CA	DI, G	Carré sable, MFR B+	Mort	MMWR, 2002
M/2,5a	IL	P, G	Sol, MFR B+, ratons++	Déficit neurologique, cécité	MMWR, 2002
M/4a	LA	SPL	Selles rongeurs ds lit, ratons++	Guérison complète	Pai et al, 2007
M/7,5a	ON	AUT	Sol B+	Déficit neurologique	Cheney, 2005

Sources : Gavin et al, (2005); Wise et al, (2005); Goldberg et al, (1993); Pai et al (2007).

M (mâle), F (femelle), m (mois), a (an), MFR (matières fécales de rats), B+ (*Baylisascaris procyonis* positif), ind (information non disponible), SD (Syndrome Down), KFS (Klinefelter Syndrome), AUT (autiste), SPL (Splénectomie), DIL (Déficience intellectuelle légère), DI (Déficience intellectuelle), P (Pica), G (Géophagie), LMC (*Larva migrans* cérébrale), LMV (*Larva migrans* viscérale), LMO (*Larva migrans* oculaire), Ca (Californie), IL (Illinois), LA (Louisiane), MA (Massachusetts), MI (Michigan), MN (Minnesota), NY (New York), PA (Pensylvanie), ON (Ontario), OR (Orégon).

Au Canada, un cas d'infection humaine a été suspecté en Ontario (Cheney, 2005) tandis que tous les autres cas ont été diagnostiqués aux États-Unis. Les infections se seraient produites autant dans des milieux urbains, péri-urbains que ruraux.

1.4.1 Épidémiologie

Les enquêtes épidémiologiques ont permis d'identifier certains facteurs de risque comme la présence de pica ou de géophagie, et le contact avec des rats infectés, leurs excréments ou avec un environnement contaminé (Fox et Kazacos, 1985). La plupart des gens infectés ont été vus mangeant des débris ou mâchouillant des pièces de bois dans des endroits contaminés (Fox et Kazacos, 1985), ou présentaient une tendance au pica et à la géophagie, ce qui est souvent le cas des jeunes enfants et des déficients intellectuels (Gavin et al, 2005). Dans un environnement contaminé, ces individus sont plus susceptibles d'avaler de grandes quantités d'œufs infectieux de *B. procyonis* (Gavin et al, 2005).

L'abondance de nourriture, le manque de programme de contrôle des rats laveurs et l'expansion de la population humaine dans les milieux autrefois ruraux font que la contamination des quartiers urbains et péri-urbains par des œufs de *B. procyonis* devient plus importante (Murray, 2002; Roussere et al, 2003). Même si la baylisascariose semble actuellement rare, l'atteinte neurologique dévastatrice qu'elle cause et le manque de traitement efficace en font un problème de santé publique important (Murray, 2002; Wise et al, 2005).

1.4.2 La maladie

Chez l'homme, hôte anormal (cul-de-sac), on a identifié trois syndromes ayant comme cause des *larva migrans* viscérales (LMV), des LMO ou des LMC.

Les LMC peuvent causer une méningo-encéphalite éosinophilique fatale. L'infection se produit surtout chez des jeunes enfants et l'importance des signes cliniques

dépend de la quantité d'œufs ingérés qui, à son tour, détermine la quantité de larves entrant dans le système nerveux central (Gavin et al, 2005). On croit qu'il y a une relation entre la taille du cerveau et la dispersion des *larva migrans* (Gavin et al, 2005). Chez les enfants, le cerveau est petit et comme ils ingèrent souvent une grande quantité d'œufs infectieux, la maladie s'avère grave. Chez l'adulte, le cerveau est plus gros et l'ingestion d'une faible quantité d'œufs résulte en l'absence d'éosinophilie et d'immunoglobulines spécifiques (Gavin et al, 2005). De telles infections chez les adultes seraient plus communes qu'on le pense.

Les patients développant une méningo-encéphalite éosinophilique ont présenté les signes cliniques suivant : fièvre, ataxie, léthargie progressive, somnolence, irritabilité, hémi- ou quadra-parésie, défaillance du nerf oculaire, convulsions, coma et mort. Les survivants ont des déficits neurologiques et/ou oculaires graves et nécessitent des soins permanents (Gavin et al, 2005).

Les LMV persistent dans les tissus et les viscères. Lors d'ingestion d'un grand nombre d'œufs, il y a une migration somatique généralisée et de nombreux granulomes se développent dans le cœur, le médiastin, la plèvre, les poumons, les intestins, le mésentère et les ganglions. La migration aux poumons induit la dyspnée ou la tachypnée (Kazacos et Boyce, 1989; Gavin et al, 2005).

Les LMO peuvent se produire en même temps que les LMC ou isolément (Gavin et al, 2005). Les enfants avec des LMV et des LMC ont également des LMO. Les examens ophtalmiques montrent la présence de chorio-rétinite, de néphrite optique ou d'atrophie et parfois des migrations de larves sur la rétine (Goldberg et al, 1993; Gavin et al, 2005).

1.4.3 Lésions histopathologiques

Les deux premiers cas humains de baylisascariose ont permis de décrire les lésions (Huff et al, 1984; Fox et Kazacos, 1985). L'invasion larvaire du SNC se caractérise par une

enflure et un ramollissement du cerveau. Une atrophie généralisée et grave est évidente dans les hémisphères cérébraux, le cervelet et la moelle épinière. Les lésions histologiques des cas aigus fatals comprennent de la nécrose et de l'inflammation avec invasion de macrophages, d'éosinophiles et de lymphocytes dans la matière blanche cérébrale péri-ventriculaire (Fox et Kazacos, 1985). Des larves ont été identifiées dans le cerveau, le cervelet et la moelle épinière avec ou sans inflammation. Dans le premier cas fatal, 185 larves vivantes et mobiles, dont la morphologie était identique à celle de *B. procyonis*, ont été retrouvées dans le cerveau par une procédure d'analyse modifiée de Baerman (Fox et Kazacos, 1985).

Dans les cas fatals, les LMC sont accompagnées de migration larvaire somatique causant des dommages tissulaires mécaniques et de la nécrose qui entraîne une réaction inflammatoire éosinophilique et granulomateuse. De petits nodules de 1,0 à 1,5 mm (Huff et al, 1984; Fox et Kazacos, 1985) apparaissent sur les surfaces pleurales, les tissus mous, l'épicarde, le myocarde, la paroi intestinale, le mésentère du petit intestin et les ganglions mésentériques. À l'histologie, ces nodules contiennent une larve enroulée de *B. procyonis* entourée de macrophages, d'éosinophiles, de cellules plasmatiques et de fibres de collagène. À la section transverse mi-corporelle de la larve, on remarque un intestin d'une bonne dimension comprimé latéralement et localisé au centre, deux colonnes excrétoires triangulaires de chaque côté de l'intestin et des ailes cuticulaires latérales de chaque côté du corps (Gavin et al, 2005).

1.5 Le diagnostic

1.5.1 Chez les animaux

Le diagnostic chez l'hôte définitif principal (raton laveur) et secondaire (chien) est établi principalement par la démonstration d'œufs du parasite dans les matières fécales ou de vers adultes dans le petit intestin (Kazacos et Boyce, 1989). Le diagnostic chez l'hôte

paraténique (oiseau, rongeur) est établi par la présence de larves dans les tissus (biopsie, nécropsie) et doit être différencié des autres types de *larva migrans* (Bowman, 1987).

Dans l'analyse des échantillons de sol ou des matières fécales de chien, il est possible de trouver les œufs d'autres espèces d'ascaridés, en particulier ceux de *Toxocara* et de *Toxascaris* (Averbeck et al, 1995; Murray, 2002). Les principaux critères de différenciation sont schématisés au Tableau II. L'œuf de *B. procyonis* est de forme ovale et mesure en moyenne 60 μm (53 à 63) par 75 μm (63 à 80) (Averbeck et al, 1995). Il contient une seule cellule, d'un brun foncé opaque tout comme l'œuf de *Toxocara*, alors que celui de *Toxascaris* en contient plus souvent deux. La surface externe est couverte d'une épaisse couche granulaire entourant la vraie paroi lisse et pâle; celle-ci est rugueuse pour l'œuf de *Toxocara* et lisse pour celui de *Toxascaris*. L'œuf embryonné contient une larve plus petite que l'intérieur de l'œuf, alors qu'elle occupe toute la place dans l'œuf de *Toxocara* (Villeneuve, 2003).

1.5.2 Chez l'homme

Le diagnostic des infections humaines à *B. procyonis* est plus difficile (Murray, 2002). On doit le considérer lors de la combinaison d'une encéphalopathie avec éosinophilie périphérique et dans le liquide céphalo-rachidien (LCR; Gavin et al, 2005), une maladie diffuse de la matière blanche, et d'une histoire d'exposition aux rats laveurs ou à leurs matières fécales. En l'absence de biopsie cérébrale, la sérologie montrant des anticorps anti-*B. procyonis* avec la maladie clinique compatible et l'histoire épidémiologique représentent le point d'appui pour le diagnostic (Gavin et al, 2005).

Plusieurs facteurs compliquent le diagnostic chez l'homme (Wise et al, 2005) dont l'absence d'œufs dans les matières fécales puisque les larves migrent intensivement dans les tissus et ne se développent pas en adultes comme chez le raton (Murray, 2002). Les signes cliniques neurologiques et l'éosinophilie sont également observés lors d'infection causée par *Toxocara cati*, *Toxocara canis*, *Angiostrongylus cantonensis*, *Gnathostoma*

spinigerum ou certaines amibes (Murray, 2002). La sensibilité et la spécificité des tests sérologiques n'ont pas été évaluées et l'accès à ces tests est limité (seulement fait à l'Université Purdue, West Lafayette, Indiana; Wise et al, 2005). Les changements dans la matière blanche du cerveau se produisent longtemps après le début des signes cliniques, ce qui rend la neuro-imagerie peu utile pour un diagnostic précoce (Wise et al, 2005). Le diagnostic définitif est basé sur la démonstration caractéristique d'une larve de *B. procyonis* en section transverse lors de biopsie cérébrale (Murray, 2002; Gavin et al, 2005; Wise et al, 2005) et est considérée comme étant le test étalon (Murray, 2002). Mais comme ces larves sont généralement rares, que la probabilité de les détecter est faible (Wise et al, 2005) et que la procédure est invasive, il est difficile d'obtenir la permission d'effectuer une biopsie cérébrale (Murray, 2002). Une histoire d'exposition ou de contact avec des ratons ne concorde par toujours avec la présence d'antigènes sanguins et la famille du défunt refuse que des sections histologiques du cerveau soient analysées (Murray, 2002). Vu toutes ces difficultés, le nombre des infections humaines à *B. procyonis* est probablement sous-estimé (Gavin et al, 2005).

1.6 Le traitement et les mesures de prévention

1.6.1 Le traitement chez les animaux

Un traitement expérimental chez les souris réussit seulement s'il débute avant l'entrée des larves dans le cerveau. Les larves y entrent 3 jours après l'ingestion de l'œuf infectieux et créent des signes d'infection en 9 à 10 jours (Gavin et al, 2005; Tiner, 1953). Les anthelminthiques suivants ont été efficaces à 100 % contre *B. procyonis* chez le raton : pamoate de pyrantel (20 mg/kg), ivermectin (1 mg/kg), moxidectin (1 mg/kg), albendazole (50 mg/kg x 3 j), fenbendazole (100 mg/kg, x 3 j) et flubendazole (22 mg/kg x 3 j) (Kazacos, 2001). Des souris de laboratoire infectées expérimentalement ont été protégées par des traitements journaliers avec albendazole (100 %), diéthylcarbamazine (100 %),

mebendazole (80 %) ou thiabendazole (80 %) débutés 1 à 10 jours post-infection (Gavin et al, 2005; Miyashita, 1993).

1.6.2 Le traitement chez l'homme

Aucun cas humain d'atteinte neurologique causée par *B. procyonis* n'a été traité avec succès à ce jour (Murray, 2002; Wise et al, 2005). Quand les signes cliniques apparaissent, cela signifie que les larves ont envahi le SNC et ont causé de graves dommages tissulaires. Le pronostic est alors sombre, avec ou sans traitement (Gavin et al, 2005). Parmi les cas documentés, on a toujours noté la présence de séquelles neurologiques (Gavin et al, 2005). Le traitement comporte l'utilisation concurrente des anti-helminthiques, du thiabendazole ou de l'albendazole pour la plupart, et des corticostéroïdes. Mais comme ce diagnostic est considéré seulement lors du début des signes cliniques, le traitement est malheureusement débuté trop tard (Cunningham et al, 1994; Gavin et al, 2005). Les corticostéroïdes systémiques diminuent la réponse inflammatoire éosinophilique. Les LMO ont été traitées avec succès avec la combinaison de la photo-coagulation au laser et de corticostéroïdes systémiques (Murray, 2002; Gavin et al, 2005).

1.6.3 Les mesures de prévention

En l'absence de traitement efficace et de possibilité de diagnostic précoce, la prévention demeure la meilleure solution (Gavin et al, 2005). Comme les risques d'infection humaine existent partout où les humains (surtout les jeunes enfants) ont un contact direct ou indirect avec des rats laveurs infectés (Wise et al, 2005), l'éducation du public devient l'étape la plus importante (Gavin et al, 2005).

Pour réduire les risques d'infection aux hôtes paraténiques, il faudrait diminuer la prévalence de *B. procyonis* chez les rats de la faune, ce qui est théoriquement impossible (Kazacos et al, 1991; Page et al, 1999). Pour diminuer les risques d'infection humaine, la décontamination des latrines doit être réalisée (Kazacos et Boyce, 1989) avant que les œufs

ne deviennent infectieux (Ching et al, 2000). La réduction de la population de rats autour des régions résidentielles et le contact des autorités locales afin de trapper, euthanasier ou relocaliser les animaux nuisibles réduira le risque d'infection humaine, mais apportera la contamination de nouveaux sites (Jacobson et al, 1982; Page et al, 1999; Ching et al, 2000). Il est préférable de ne pas favoriser l'installation de latrines de rats laveurs autour des résidences et de ne laisser accessible aucun abri éventuel ni aucune nourriture, en utilisant des bacs à vidanges adéquats et en évitant de nourrir les animaux domestiques à l'extérieur (Murray, 2002; Gavin et al, 2005; Thompson et al, 2008; Page et al, 2009). La garde de raton comme animal domestique n'est plus permise au Québec en vertu de la Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune (Règlement C61.1R.0001).

Le risque d'infection est plus grand chez les enfants pratiquant la géophagie ou le pica et les parents doivent décourager, autant que possible, ce comportement et mettre en évidence l'importance du lavage des mains après avoir joué à l'extérieur ou avoir eu contact avec des animaux (Gavin et al, 2005; Kazacos et Boyce, 1989). Comme le chien peut développer une infection patente, l'administration régulière de vermifuge peut réduire l'exposition humaine à ce parasite (Ching et al, 2000).

Les latrines de rats autour des maisons et près des terrains de jeux des enfants doivent être identifiées, nettoyées et décontaminées, et le port de vêtements protecteurs, de gants, d'un masque et de lunettes de protection pour le faire s'impose (Gavin et al, 2005). La chaleur semble être le meilleur moyen pour tuer les œufs, soit une température supérieure à 57 °C (Shafir et al, 2007). L'utilisation d'eau bouillante, le nettoyage à la vapeur, la flamme d'un chalumeau et le feu permettent d'y arriver. Tout matériel potentiellement contaminé doit être incinéré. Par contre, la désinfection chimique est rarement efficace car les œufs résistent aux désinfectants usuels et leur utilisation est peu pratique pour les grandes surfaces extérieures. L'eau de javel empêche les œufs de coller, mais ne les tue pas (Gavin et al, 2005).

1.7 Les autres parasites

Les études sur les parasites du raton laveur ont principalement porté sur *B. procyonis*, mais certaines d'entre elles ont révélé la présence de plusieurs autres parasites intestinaux (Tableau IV). L'étude de la faune parasitaire gastro-intestinale peut nous aider à déterminer si d'autres espèces auraient des effets pathogènes sur l'hôte et s'ils sont transmissibles à l'homme.

La présence de protozoaires n'a été notée que par quelques chercheurs. *Eimeria procyonis* a été rapportée avec une fréquence élevée par Dubey (1982) tandis que Snyder (1988) rapporte ce genre également sans préciser l'espèce toutefois. Une étude réalisée en Illinois sur 100 ratons trappés ou tués par balles a révélé que les échantillons de matières fécales analysés par immunofluorescence indirecte qui contenaient des ookystes de *Cryptosporidium parvum* provenaient tous de ratons juvéniles. Les parasites du genre *Eimeria* ne se transmettent pas chez l'homme alors que c'est le cas de *Cryptosporidium* provenant de plusieurs espèces animales domestiques et sauvages (Villeneuve, 2003).

La présence de trématodes a été rapportée principalement par trois chercheurs ou groupes de chercheurs et le nombre d'espèces identifiées dépasse la trentaine (Ching et al, 2000; Cole et Shoop, 1987; Schaffer et al, 1981). Comme ce groupe affecte rarement la santé humaine de façon directe et vu sa complexité, son étude n'a pas été retenue pour notre recherche.

Seules trois espèces de cestodes ont été rapportées chez le raton. Ching et al (2000) ont signalé la forme larvaire d'un cestode sans en préciser l'identification. En 1985-1986, au Kentucky, Cole et Shoop (1987) ont signalé la présence de *Atriotaenia procyonis* et de *Mesocestoides variabilis*. Schaffer et al (1981) ont également signalé la présence de ces deux espèces.

Tableau IV Liste des espèces parasitaires identifiées chez le raton laveur et prévalence observée.

Espèces parasitaires	Prévalence : (%)	M-Dx	Référence
Protozoaires			
<i>Cryptosporidium</i>	13,0	Ne:IIF	Snyder, 1988
<i>Eimeria procyonis</i>	82,1	C+H	Dubey, 1982
Cestodes			
<i>Atriotaenia procyonis</i>	31,4	Ne	Cole et Shoop, 1987
<i>Mesocestoides variabilis</i>	57,1	Ne	Cole et Shoop, 1987
<i>Proceroid</i>	2,4	Ne	Ching et al, 2000
Nématodes			
<i>Arthrocephalus lotoris</i>	95,2	Ne	Ching et al, 2000
	80,0	Ne	Cole et Shoop, 1987
<i>Baylisascaris procyonis</i>	61,0	Ne	Ching et al, 2000
	30,0	Ne	Cole et Shoop, 1987
	25,0	Ne	Dubey, 1982
<i>Capillaria putorii</i>	10,0	Ne	Cole et Shoop, 1987
<i>Capillaria spp</i>	28,6	C	Dubey, 1982
<i>Molineus barbatus</i>	55,7	Ne	Cole et Shoop, 1987
<i>Physaloptera rara</i>	74,3	Ne	Cole et Shoop, 1987
<i>Trichuris</i>	7,1	C	Dubey, 1982
<i>Trichostrongylus</i>	32,1	C	Dubey, 1982
Acantocéphales			
<i>Macracanthorhynchus ingens</i>	17,1	Ne	Cole et Shoop, 1987
<i>Profilicollis botulus</i>	9,6	Ne	Ching et al, 2000
<i>Prosorhynchus cylindraceus</i>	7,2	Ne	Ching et al, 2000

Ching et al, 2000 (n = 82); Cole et Shoop, 1987 (n = 70); Dubey, 1982 (n = 28); Snyder, 1988 (n = 100).

M-Dx = Méthode de diagnostic, C = Coprologie, H = Histologie, Ne = Nécropsie, IIF = Immunofluorescence Indirecte.

Plusieurs espèces de nématodes, outre *Baylisascaris*, ont été rapportées, et parfois avec une prévalence élevée. Le ver en crochet (*Arthrocephalus lotoris*) semble être le parasite le plus prévalent mais, spécifique d'espèce, il ne pose aucun risque pour la santé humaine et aucun raton infecté ne montrait de signe clinique spécifique (Cole et Shoop, 1987; Ching et al, 2000). La coproscopie effectuée sur des matières fécales provenant d'une centaine de rats provenant de l'Illinois et trappés ou tués par balles a révélé la présence d'œufs d'*Arthrocephalus lotoris*, *B. procyonis*, *Capillaria* et *Physaloptera rara*. La liste des autres espèces de nématodes identifiés chez le raton apparaît dans le Tableau IV.

Le raton laveur semble donc porteur d'un bon nombre d'espèces parasitaires, mais le statut d'agent zoonotique de chacune est rarement établi ou est mal connu.

1.8 Les parasites intestinaux zoonotiques

Outre *Baylisascaris procyonis*, certaines espèces parasitaires observées chez le raton laveur sont réputées zoonotiques : *Cryptosporidium* (Snyder, 1988), *Mesocestoides*, *Spirometra*, *Strongyloides* et certaines espèces de type strongles (Villeneuve, 2003).

Plus de 170 espèces animales peuvent héberger des représentants du genre *Cryptosporidium*. Ce parasite peut se transmettre entre plusieurs espèces-hôtes et les ruminants et l'homme sont particulièrement réceptifs. L'infection se traduit généralement par une diarrhée et les personnes dont le système immunitaire est affaibli sont les plus susceptibles de s'infecter (Villeneuve, 2003). En 1987 cette espèce a été retrouvée dans les matières fécales de 13 rats (n = 100) dans l'état de l'Illinois (Snyder, 1988) et un test par PCR a montré la présence de ce protozoaire chez un raton (n = 5) dans la région de New York (Perz et Le Blancq, 2001).

L'espèce *Giardia* est retrouvée très fréquemment chez plus d'une cinquantaine d'espèces animales ainsi que chez l'homme (Villeneuve, 2003). La transmission de l'animal à l'homme est probable, mais la fréquence est difficile à évaluer puisqu'il existe d'autres sources d'infection importantes comme l'ingestion de nourriture ou d'eau

contaminée et le contact de personne à personne. Aucune étude ne rapporte la présence de cette espèce chez le raton.

Les carnivores qui habitent près des milieux aquatiques sont l'hôte final du cestode *Spirometra*. Les larves sortant des œufs tombés dans l'eau peuvent infecter des amphibiens comme la grenouille, puis des mammifères comme le raton laveur. Les chasseurs et les randonneurs peuvent s'infecter en buvant de l'eau non filtrée dans la nature. Lorsqu'il infecte l'homme, ce parasite se loge sous la peau et forme un nodule qui passe souvent inaperçu (Villeneuve, 2003). Dans une étude de Schaffer et al, (1981), 18 à 20 % des ratons relocalisés étaient porteurs de cette espèce.

Quelques cas d'infection humaine avec des cestodes du genre *Mesocestoides* sont rapportés en Chine, au Japon et aux États-Unis. L'infection aurait fait suite à la consommation de viande insuffisamment cuite d'animaux infectés par le second stade larvaire du parasite. Le stade cysticerque se développerait chez des invertébrés et les carnivores domestiques ainsi que les oiseaux sont les hôtes définitifs (Lippincott, 2006). Selon l'étude de Cole et Shoop, (1987), 57 % des ratons (n = 70) étaient porteurs de *Mesocestoides*.

Plusieurs espèces de *Strongyloides* sont réputées pouvoir pénétrer la peau humaine, après contact avec des matières fécales et induire une dermatite atypique (Villeneuve, 2003). Des *Strongyloides* ont été identifiés chez le raton (Schaffer et al, 1981).

Certaines espèces de type strongles (vers en crochet) peuvent infecter l'homme en pénétrant sous la peau et leur migration horizontale peut causer de la douleur et des démangeaisons (Villeneuve, 2003). Les vers en crochets *Arthrocephalus lotoris* identifiés dans deux études ne seraient pas zoonotiques (Cole et Shoop, 1987; Ching et al, 2000), cependant aucune étude ne l'a démontré à ce jour.

2 Méthodologie

2.1 Échantillonnage

Pour réaliser cette étude, nous avons échantillonné la population de rats laveurs dans le sud du Québec. Trois types d'échantillonnage ont été réalisés : 1) échantillons provenant de rats euthanasiés dans le cadre des opérations de contrôle de l'expansion de la rage en Montérégie (OCERM) en 2007, 2) échantillons provenant de rats soumis au Centre québécois sur la santé des animaux sauvages (CQSAS), à la Faculté de médecine vétérinaire de Saint-Hyacinthe (FMV), dans le cadre du Programme de surveillance de la rage du raton laveur (PSRRL) et 3) échantillons de matières fécales provenant de latrines situées dans des parcs nationaux du sud du Québec (Latrines 2007, 2008).

2.1.1 Rats laveurs provenant de l'Opération de Contrôle de l'Expansion de la Rage en Montérégie (OCERM)

2.1.1.1 Description de l'opération

En 2007, dans le cadre de cette opération, 6 600 rats furent capturés par les trappeurs du MRNF, puis anesthésiés avec une solution de kétamine et euthanasiés avec une injection intracardiaque d'euthanyl (Guérin, 2008) par les vétérinaires de l'ACIA. Les cages furent distribuées assez largement sur le territoire ciblé. Celui-ci, d'une superficie de 1 817,7 km², est bordé par la frontière avec le Vermont, à environ 50 km au sud-ouest de St-Armand et longe la rivière Richelieu à l'ouest. Une portion de 137,5 km² de ce territoire a été considérée comme milieu urbain.

2.1.1.2 Collecte des échantillons (tractus digestif)

La collecte des échantillons s'est déroulée entre le 10 juin et le 3 septembre 2007. Nous avons prélevé le tractus digestif d'un pourcentage des rats euthanasiés quotidiennement. Ces derniers ont été choisis indépendamment de leur territoire de capture, leur sexe, leur état de chair et leur apparence externe. Le nombre d'animaux échantillonnés

reflète ce qui pouvait être prélevé durant une période de 60 minutes. Il y a eu quatre journées d'échantillonnage (12 et 22 juin, 6 juillet, 10 août) en milieu rural (de St-Armand à St-Jean-sur-Richelieu et de Lacolle à Cowansville), et cinq (24, 27, 28, 30 et 31 août) en milieu urbain (St-Jean-sur-Richelieu; Figure 3).

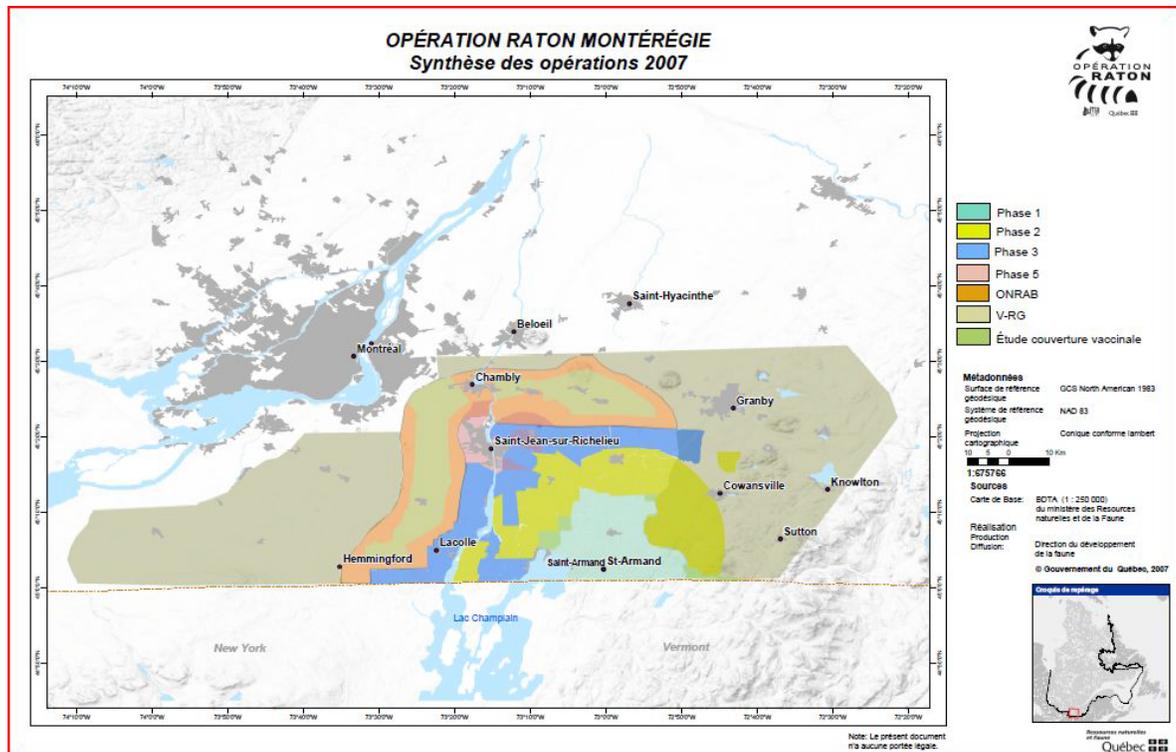


Figure 3 Zones de capture des rats laveurs durant l'OCERM (2007). Les zones colorées en bleu et en jaune sont situées en milieu rural (Phase 1-2-3) et le rose représente le milieu urbain (Phase 5).

Durant les sessions d'échantillonnage, le port de vêtements protecteurs, d'un masque, de lunettes et de trois paires superposées de gants en vinyle jetables furent utilisés comme barrières de protection contre les agents infectieux. Les rats étaient identifiés par une étiquette dont le numéro était composé de deux séries de chiffres, la première correspondait au terrain sur lequel le raton avait été capturé et la deuxième au numéro du raton trappé sur ce même terrain. Par exemple, l'identification R300-R34 correspondait au

34^e raton piégé sur le terrain 300. La localisation géographique du territoire échantillonné est indiquée sur la carte (Figure 3).

Un examen sommaire de la carcasse fut effectué afin de recueillir l'information sur les variables suivantes : groupe d'âge (juvénile, adulte), sexe, présence de lait aux mamelles (statut de femelle allaitante) et toute pathologie évidente (externe ou interne). Le groupe d'âge juvénile (J) a été défini par l'absence de dent et/ou la présence de dents de lait et le groupe d'âge adulte (A) par la présence des dents permanentes, mais sans dent de lait.

Le raton laveur euthanasié fut placé en décubitus dorsal sur un support en forme de Y. Une incision était pratiquée sur la ligne médiane, de l'appendice xyphoïde jusqu'au pubis, afin de rendre accessible le tube digestif. L'intestin était coupé au début du duodénum et à l'anus, puis prélevé au complet. Les matières fécales du colon étaient vidangées dans un sac de type Ziploc, puis le reste du tube digestif était placé intact dans un deuxième sac ; les deux sacs furent identifiés puis déposés sur de la glace dans un bac en plastique pour le transport.

Au laboratoire, les matières fécales ont été réfrigérées à 4 °C tandis que les intestins ont été traités immédiatement. Le petit intestin a été ouvert sur la longueur avec un ciseau à bandage puis la paroi de l'intestin a été grattée avec un bâton abaisse-langue. Le contenu récupéré a été déposé dans un contenant de 120 ml auquel a été ajouté 15 à 30 ml d'une solution de formol 3 %, en proportion avec le volume du contenu intestinal récolté. Les pots ont été identifiés par le numéro du raton, puis entreposés au réfrigérateur à 4 °C pour analyses ultérieures. Les coproscopies des matières fécales de rats ont été réalisées de juin à novembre 2007, tandis que l'examen des contenus intestinaux a été effectué de septembre à novembre 2009.

2.1.1.3 Nombre d'échantillons récoltés

Une taille d'échantillons (rats) n'a pas été prédéterminée, car profitant de l'opération de contrôle de la rage du raton laveur, notre échantillon de convenance était en

fonction du nombre d'animaux analysés dans les autres études et des capacités techniques du personnel. En se basant sur les prévalences établies par des études publiées en Amérique du Nord (Tableau IV) et l'étude québécoise (MacKay et al, 1995), nous avons prévu une prévalence moyenne de 43 %. La taille d'échantillons estimée (erreur type, 5 % et IC, 95 %) était alors de 357 (Win Épiscope 2.0), si on considère la taille de la population comme étant le nombre total de rats ($N = 6\ 600$) abattus en 2007. Le nombre d'animaux euthanasiés ainsi que celui des animaux échantillonnés, pour chaque date de collecte sont présentés dans le Tableau V. La date des cueillettes fut déterminée surtout par notre disponibilité à se rendre au site des opérations et l'obtention de l'accord de l'équipe en charge du MRNF. Les installations, la charge de travail et les conditions climatiques adverses ont souvent limité le nombre de nécropsies effectuées.

Tableau V Nombre et date de prélèvement des tractus digestif chez les rats euthanasiés dans le cadre de l'OCERM

Date de collecte	Rats capturés	Rats nécropsiés n (%*)
12 juin	307	35 (11,4)
22 juin	227	19 (8,4)
6 juillet	257	60 (23,3)
10 août	179	16 (8,9)
24 août	58	26 (44,8)
27 août	35	13 (37,1)
28 août	38	14 (36,8)
30 août	41	18 (43,9)
31 août	37	8 (21,6)
Total	1 179	209 (17,7)

*= % de rats nécropsiés par rapport au nombre de rats capturés à chaque jour de collecte.

2.1.2 Rats laveurs provenant du Programme de Surveillance de la Rage du Raton Laveur (PSRRL)

2.1.2.1 Description du PSRRL

En 2007 et 2008, dans le cadre du programme de surveillance, des rats laveurs principalement signalés pour des signes cliniques neurologiques et/ou un comportement atypique furent capturés et euthanasiés. Également, des rats trouvés morts sur la route ou piégés par des trappeurs, ainsi que des rats signalés comme nuisibles ont été acheminés au centre québécois sur la santé des animaux sauvages (CQSAS). La zone de surveillance (plus grande que l'OCERM) s'étendait principalement d'est en ouest, de Salaberry-de-Valleyfield jusqu'à Coaticook, et du nord au sud, de la frontière américaine jusqu'à St-Hyacinthe (Figure 4). Toutefois, un certain nombre de rats provenaient de l'extérieur de cette zone. La nécropsie et le prélèvement de tissus pour fin de diagnostic pour la rage furent effectués par les vétérinaires du CQSAS après décongélation des carcasses.

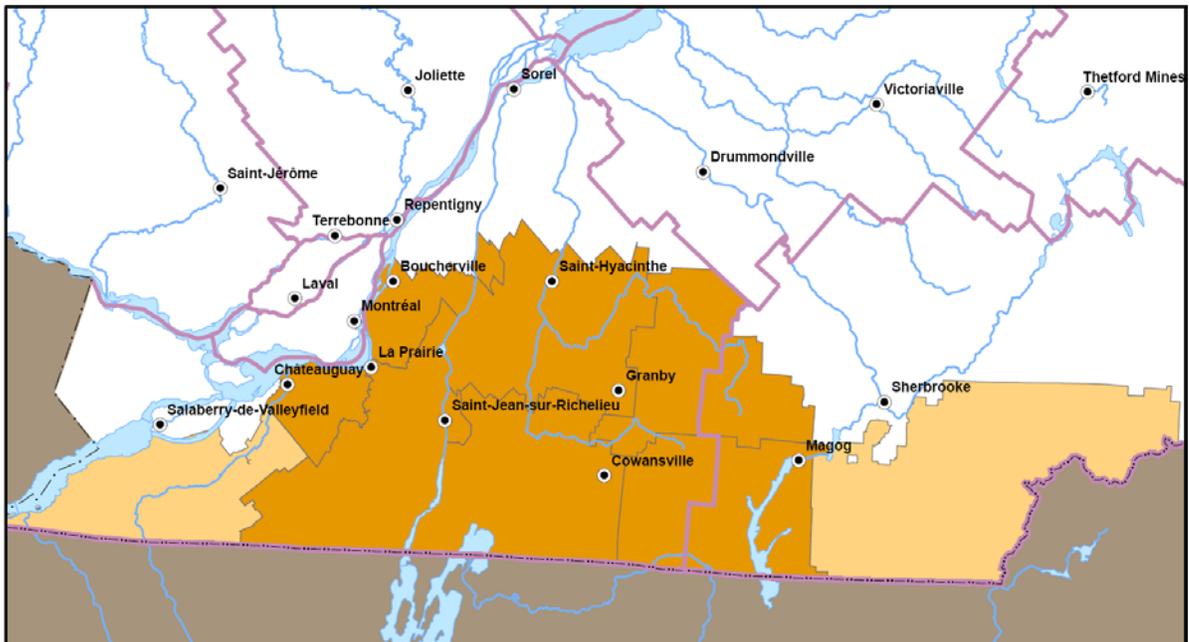


Figure 4 Zones de surveillance active (orange clair) et de surveillance rehaussée (orange foncé) de la rage du raton laveur dans le sud du Québec en 2007 (PSRRL)

2.1.2.2 Collecte des échantillons de matières fécales

Lorsque présentes, les matières fécales du colon furent prélevées de tous les ratons laveurs nécropsiés. Puis elles ont été mises dans un sac Ziploc identifié et entreposées au congélateur à moins 20 °C, jusqu'à leur analyse au laboratoire de parasitologie de la FMV. Toutes ces coproscopies ont été effectuées en mars et avril 2008. Les variables suivantes avaient été notées lors des nécropsies : âge (juvénile, adulte), sexe, condition corporelle (normal, gras, maigre), date, lieu de capture et cause de la mort. Le pathologiste évaluait la condition corporelle par l'accumulation de gras péri-cardiaque, abdominal et sous-cutané. L'âge était évalué par le poids de l'animal et les dents. Ainsi, un juvénile a été déterminé par la présence de dents de lait chez le bébé raton ou de dents non usées avec un poids inférieur à 5 kg. Un adulte a été déterminé par la présence de dents usées, un poids supérieur à 5 kg ou la lactation chez la femelle. Chaque raton apporté au CQSAS était identifié par un numéro correspondant au X^{ième} raton enregistré dans leur base de données. À chaque raton numéroté, correspondait une date, un lieu d'origine, ainsi que les critères d'identification de l'animal. La date de prélèvement notée correspondait à la date de capture du raton vivant (donc d'euthanasie) ou à la date de ramassage du raton mort.

2.1.3 Latrines 2007

2.1.3.1 Localisation

En 2007, sept parcs nationaux situés dans l'aire de distribution du raton laveur québécois ont été échantillonnés : le parc national Yamaska (PNY), le parc national du Mont-Saint-Bruno (PNMSB), le parc national des Îles-de-Boucherville (PNIB), le parc national Oka (PNO), le parc national Mont-Orford (PNMO), le parc national de Plaisance (PNP) et le parc national Mont-Tremblant (PNMT). Ils sont situés respectivement près des villes de Granby, St-Bruno, Boucherville, Oka, Orford, Plaisance et Tremblant. Six des sept parcs, à l'exception de Tremblant, sont situés dans le sud du Québec, deux sont à l'ouest de Montréal et quatre à l'est de Montréal. Parmi ces quatre derniers, trois sont situés en

Montréal (PNY, PNMSB, PNIB) et le quatrième (PNMO) est situé en Estrie (Figure 5, page 43).



Figure 5 Localisation des parcs nationaux échantillonnés lors de l'étude des latrines en 2007 et 2008 (Source SEPAQ)

2.1.3.2 Collecte des échantillons (matières fécales)

Les biologistes travaillant dans ces parcs ont accepté de participer à la collecte des échantillons. En plus de leurs activités habituelles, ils devaient trouver des latrines actives caractérisées par la présence de matières fécales fraîches et anciennes. Comme chaque latrine ne devait être échantillonnée qu'une seule fois, les biologistes ont dû en chercher des nouvelles en se promenant dans les bois, en-dehors des sentiers habituels. Les latrines ciblées étaient surtout situées en pleine forêt, au pied des gros arbres, sur des grosses roches

plates, ou dans des sentiers dégagés près de bâtiments. Une taille d'échantillons (latrines) n'a pas été prédéterminée.

Un seul échantillon de matières fécales par latrine a été prélevé entre juin et octobre. Pour la récolte de l'échantillon, la personne devait se protéger en portant des gants jetables, un masque et des bottes. S'il y avait plusieurs excréments frais dans la latrine, un fragment d'environ cinq grammes de chacun a été prélevé et placé dans un même pot en plastique translucide de 120 ml (pot à prélèvement d'urine) contenant une solution de fixation nommée SAF (15 g d'acétate de sodium, 20 ml d'acide acétique glacial, 40 ml de formol 37 % et 925 ml d'eau du robinet). La proportion visée de solution et de matières fécales était de trois parties de SAF pour une partie de matières fécales (Price, 1994).

Chaque pot fut identifié avec le nom du parc, la date, le numéro de l'échantillon, la localisation de la latrine dans le parc et la description sommaire des alentours afin de retrouver la latrine facilement. Par exemple, l'inscription suivante *PNY100707#1 (camping, chêne)* identifie un échantillon provenant du parc national Yamaska, prélevé le 10 juillet 2007, portant le numéro 1, prélevé près du terrain de camping, au pied d'un chêne. Chaque échantillon portait donc une identification unique et sa localisation était rapportée sur la carte du parc. Pour des raisons pratiques, les échantillons récoltés ont été gardés au site d'origine (parc) à la température de la pièce, hors de la portée du public. Un avis « DANGER DE ZOONOSE. À MANIPULER AVEC DES GANTS » a été apposé sur la boîte d'échantillons. Tous les échantillons ont été expédiés au laboratoire de parasitologie de la FMV de l'Université de Montréal à la fin de la récolte, soit vers le mois d'octobre 2007. Au laboratoire, les matières fécales ont été réfrigérées à 4°C jusqu'au jour des analyses. Celles-ci ont été effectuées entre octobre 2007 et mars 2008.

2.1.4 Latrines 2008

2.1.4.1 Localisation

Pour cette deuxième saison de collecte, seules les latrines actives présentant un potentiel plus important d'exposition humaine ont été ciblées. Celles-ci étaient définies par leur localisation près d'un endroit fréquenté par l'homme, soit près des aires de pique-nique, de stationnement, de terrain de jeux, de baignade, des sentiers de promenade ou des sites d'observation. Trois parcs situés en Montérégie ont été échantillonnés : PNY, PNMSB et PNIB. Le choix s'est porté sur ces trois parcs à cause du nombre élevé d'échantillons récoltés l'année précédente, laissant supposer que les latrines actives y sont plus facilement identifiables et/ou que les biologistes étaient plus disponibles pour la collection des échantillons. La superficie de chacun de ces parcs est respectivement de 12,9 km², 5,9 km², et 8,1 km² ([http://fr.wikipedia.org/wiki/Parcs_nationaux_du_Québec](http://fr.wikipedia.org/wiki/Parcs_nationaux_du_Qu%C3%A9bec)).

2.1.4.2 Collecte des échantillons (matières fécales)

La récolte des échantillons de matières fécales a été effectuée de la même façon et avec les mêmes précautions qu'en 2007, sauf qu'une attention spéciale a été portée à récolter des échantillons à chaque semaine du 10 mai au 30 octobre 2008. Lors de la visite d'une latrine active, un petit fragment d'environ cinq grammes des matières fécales fraîches a été prélevé pour former un échantillon collectif de la latrine et a été déposé dans un pot translucide de 120 ml contenant de la solution SAF (proportion de trois parties de SAF pour une partie de matières fécales). Les pots furent conservés à la température de la pièce, hors de la portée du public et avec l'inscription « DANGER DE ZOONOSE. À MANIPULER AVEC DES GANTS ». Les échantillons ont été expédiés à la FMV à deux reprises, soit à la mi-août et à la fin octobre. À cause du grand nombre d'échantillons, les contenants ont été entreposés au laboratoire, à la température de la pièce, jusqu'à leur analyse effectuée en novembre et décembre 2008.

2.2 Analyses de laboratoire

2.2.1 Coproscopie

Les matières fécales ont été analysées par la méthode de Wisconsin (Cox et Todd, 1962). Celle-ci consiste en deux centrifugations successives, la première dans de l'eau du robinet, la seconde dans une solution sucrée saturée (1 700 g de sucre de table dans un litre d'eau du robinet, densité 1,28 - 1,30). Deux grammes de matières fécales de chaque échantillon homogénéisé ont ainsi été analysés. L'examen au microscope a été effectué avec l'objectif 10X. Les œufs ont été identifiés, dénombrés et les résultats ont été exprimés en nombre d'œufs par deux grammes de matières fécales. Les examens coproscopiques des matières fécales prélevées de latrines 2007 et provenant des rats de l'OCERM ont principalement été réalisés par une personne (auteure principale), supervisée par deux techniciennes expérimentées du laboratoire de parasitologie. Ces dernières ont effectué la presque totalité des analyses des échantillons des latrines 2008 et des rats du PSRRL.

Lorsque les œufs de *B. procyonis* furent très nombreux, un dénombrement sur 10 champs de microscope choisis au hasard fut effectué puis le nombre obtenu multiplié par 10 (il y a environ 100 champs de microscope sur une lamelle 22 x 22 mm, à l'objectif 10X), pour obtenir un estimé de l'abondance des œufs. En 2007, quatre échantillons de matières fécales des rats laveurs du PSRRL qui contenaient des œufs de *B. procyonis*, en grande quantité, ont été dénombrés de cette façon.

La quantification des protozoaires, généralement trop nombreux pour être comptés, a été faite en utilisant des catégories réparties de la façon suivante : 1+ ou moins de 10 protozoaires par champ microscopique; 2+ ou 10 à 50 protozoaires; 3+ ou plus de 50 protozoaires. Cette quantification a été faite avec l'objectif 10X pour les coccidies, et avec l'objectif 40X pour *Giardia* et *Cryptosporidium*.

L'identification des œufs de *B. procyonis* a été basée sur les critères suivants : œuf de forme elliptique, mesurant en moyenne 75 x 60 µm, à paroi épaisse et granulaire

entourant une paroi lisse et plus pâle (Averbeck et al, 1995). Le degré de développement des œufs n'a pas été retenu, puisque ni la solution de conservation SAF utilisée, ni la réfrigération à 4 °C n'a tué, ni empêché les larves de continuer de se développer.

2.2.2 Analyse de contenu intestinal

Au laboratoire, toutes les analyses de contenu intestinal ont été effectuées par l'auteure principale, avec le port de vêtements protecteurs tels sarrau, gants et masque. Le contenu intestinal récolté était versé en petites quantités dans un plat de Pétri puis dilué avec suffisamment d'eau du robinet pour faciliter le repérage des parasites. À l'aide d'un microscope à dissection (Wild, objectifs 6-50X), les vers ont été identifiés, dénombrés et sexés si possible. Les helminthes ont été recueillis dans une bouteille en verre avec bouchon vissé, contenant une solution de conservation nommée GAF (850 ml d'éthanol 70 %, 100 ml de formol 37 % tamponné, 50 ml de glycérine). La solution de GAF est réputée préserver les parasites tout en leur gardant une certaine souplesse essentielle pour des manipulations ultérieures. L'identification de l'échantillon a été inscrite à la mine sur une petite bande de papier blanc introduite à l'intérieur de la bouteille.

Les vers *Baylisascaris* immatures étaient caractérisés par leur taille, la présence de trois lèvres sur la bouche et l'absence de caractéristique sexuelle visible. Le sexage des vers matures était basé sur les critères suivants : chez le mâle, courbure ventrale de la queue (Bowman, 2009) et présence de plaques d'épines péri-anales antérieures et postérieures à l'anus, extrémité caudale conique, et paire de spicules copulatrices (Sprent, 1968; Averbeck et al, 1995); chez la femelle, la longueur atteint de 10 à 22 cm (Averbeck et al, 1995). Seuls les spécimens autres que *Baylisascaris* furent récupérés et déposés dans une bouteille vitrée et numérotée pour fin de conservation.

Les vers en crochet ont également été dénombrés et sexés. Le sexage des vers en crochet était basé sur la présence d'une bourse copulatrice chez le mâle et d'œufs caractéristiques chez la femelle. Le nombre de cestodes a été classé en catégories selon le

système suivant : 1+ ou 1-10 cestodes; 2+ ou présence de 11 cestodes et plus; 3+ ou quand les cestodes très nombreux remplissent exceptionnellement la lumière intestinale. Certains scolex seulement furent récoltés et le mauvais état de conservation de la plupart d'entre eux a rendu leur identification ultérieure impossible. De même, quelques trématodes ont été récoltés. Lorsque l'identification des nématodes était possible, elle se limitait souvent au genre ou à la classe.

2.3 Analyses statistiques

Des analyses descriptives ont été réalisées pour toutes les espèces parasitaires observées dans les matières fécales (latrines et ratons) et dans les contenus intestinaux (nécropsie de ratons). Les analyses statistiques multi-variées (régression logistique et binomiale négative) ont été effectuées seulement pour le parasite *B. procyonis*. Une valeur de $p < 0,05$ a été utilisée pour déterminer qu'un résultat était significatif. Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel SAS, (version 9.2; SAS Institute, Cary, NC, USA).

Un raton a été considéré comme étant infecté dès qu'un œuf *B. procyonis* était observé à la coproscopie ou dès qu'un ver *B. procyonis* était identifié à la nécropsie, quelque soit son stade de développement. Une latrine a été considérée comme étant contaminée dès qu'un œuf de *B. procyonis* était observé à la coproscopie.

2.3.1 Ratons de l'OCERM

2.3.1.1 Type d'analyse

La proportion de ratons infectés par les différentes espèces parasitaires a été déterminée pour les œufs et les vers. La vraisemblance qu'un raton soit infecté par des œufs et/ou des vers de *B. procyonis* a été évaluée avec un modèle de régression logistique (Stokes et al, 2000), selon l'âge (juvénile, adulte), le sexe, ainsi que selon le mois de capture (juin, juillet, août) et le milieu d'origine (rural, urbain) du raton. Une erreur *alpha*

de 0,05 a été choisie. De plus les intervalles de confiance (IC, 95 %) autour du rapport de cotes (*odds ratio*) des variables statistiquement significatives ont été calculés selon une estimation par la méthode de Wald (Agresti, 2002).

Pour déterminer si le nombre d'œufs, de vers immatures, de vers matures (mâle et femelle) et le nombre total de vers de l'espèce *B. procyonis* variaient selon le mois, le milieu, le sexe ou l'âge, un modèle de régression binomiale négative (Stokes et al, 2000) a été utilisé. Une erreur *alpha* de 0,05 a été choisie. Les intervalles de confiance (IC, 95 %), autour du rapport des incidences des variables statistiquement significatives ont été calculés selon la méthode d'estimation du delta (Agresti, 2002).

Pour déterminer si le nombre d'œufs, de vers immatures, de vers matures (mâle et femelle) et le nombre total de vers de l'espèce *B. procyonis* variaient avec le statut de femelle allaitante, un modèle de régression binomiale négative a été utilisé avec le mois, le milieu et les femelles adultes. Une erreur *alpha* de 0,05 a été choisie. Les intervalles de confiance (IC, 95 %), autour du rapport des incidences des variables statistiquement significatives ont été calculés selon la méthode d'estimation du delta.

Pour évaluer la variation du nombre d'œufs de *B. procyonis* en fonction du nombre de vers femelles, un modèle de régression binomiale négative a été utilisé. Une erreur *alpha* de 0,05 a été choisie et l'intervalle de confiance (IC, 95 %) autour du rapport des incidences a été calculé selon la méthode d'estimation du delta.

Considérant l'examen du contenu intestinal comme le test de référence (norme étalon), nous avons calculé, pour les deux strates d'âge du raton (juvénile et adulte), la sensibilité et la spécificité de la coproscopie relativement à la présence de tous les vers *B. procyonis*, quelque soit leur stade de développement, puis avec les vers matures seulement. Pour les rats de tout âge, nous avons également fait le calcul en ne tenant compte que des vers femelles matures.

2.3.2 Ratons du PSRRL

2.3.2.1 Type d'analyse

La proportion de ratons infectés du PSRRL a été déterminée pour les œufs de chaque espèce parasitaire. Un modèle de régression logistique multivariable (Stokes et al, 2000) a été utilisé pour déterminer la vraisemblance qu'un raton soit infecté par *B. procyonis* selon plusieurs variables indépendantes, soit la région d'origine du raton (Estrie, Montérégie), la saison (printemps, été, automne), l'année (2007, 2008), l'âge (juvénile, adulte), le sexe ou la condition corporelle (gras, normal, maigre). Une erreur *alpha* de 0,05 a été choisie. Les intervalles de confiance (IC, 95 %), autour du rapport de cote (*odds ratio*) des variables statistiquement significatives ont été calculés selon la méthode d'estimation de Wald.

Le test de Z, avec une erreur *alpha* de 0,05, a été utilisé pour tester la non différence entre les proportions des ratons excréteurs, selon le type d'échantillonnage (OCERM et PSRRL).

2.3.3 Latrines 2007

2.3.3.1 Type d'analyse

Pour l'année 2007, la proportion de latrines contaminées a été calculée pour chaque espèce de parasites. Des modèles de régression logistique ont été utilisés afin de tester la vraisemblance qu'une latrine contaminée par *B. procyonis* soit associée aux variables indépendantes site (PNIB, PNY, PNO, PNMO, PNP, PNMSB) ou saison (été et automne). L'été était représenté par les mois de juin, juillet et août, alors que l'automne regroupait les mois de septembre et octobre. Une erreur *alpha* de 0,05 a été choisie. De plus, les intervalles de confiance exacts autour du rapport de cote (IC, 95 %) ont été calculés selon une estimation par la méthode de Wald.

2.3.4 Latrines 2008

2.3.4.1 Type d'analyse

Pour l'année 2008, la proportion d'échantillons de matières fécales positifs a été calculée pour chaque espèce parasitaire. Seules les latrines ayant été échantillonnées à trois reprises ou plus, dans le temps, ont été considérées. Pour déterminer si la proportion d'échantillons positifs avec *B. procyonis* variait selon le site (PNIB, PNY, PNMSB) ou selon la saison (été = mai, juin, juillet, août; automne = septembre, octobre), un modèle de régression logistique pour mesures répétées (Stokes et al, 2000) a été utilisé. Puisque certaines latrines n'ont pas été visitées aussi souvent que d'autres, les mesures ont été regroupées par saison afin d'avoir deux mesures pour chaque latrine. La variable dépendante est la présence-absence des œufs *B. procyonis*. Une erreur *alpha* de 0,05 a été choisie. L'intervalle de confiance (IC, 95 %) autour du rapport de cote des variables statistiquement significatives a été calculé selon la méthode d'estimation du delta.

3 Résultats

3.1 Description des échantillons prélevés et des résultats des analyses

L'étude des parasites du raton laveur a porté sur l'analyse des œufs et des ookystes présents dans les matières fécales et sur les examens macroscopique et microscopique du contenu intestinal. Au total, des analyses ont été effectuées sur 710 spécimens de matières fécales dont 409 provenaient de latrines, et 301 de ratons laveurs (Tableau VI).

3.2 Ratons de l'Opération de Contrôle de l'Expansion de la Rage en Montérégie (OCERM)

3.2.1 Description des échantillons

La récolte de 209 systèmes digestifs a été effectuée du 12 juin au 31 août 2007, dont 25,8 % en juin, 28,7 % en juillet et 45,5 % en août. Le Tableau VII décrit cette répartition ainsi que celle de l'âge des ratons (76,6 % d'adultes et 23,4 % de juvéniles), le sexe (43,5 % de mâles et 56,5 % de femelles) et le milieu d'origine (62 % d'un territoire rural vs 38 % d'un milieu urbain/périurbain). Nous avons effectué : 159 coproscopies et 203 examens de contenu intestinal ou nécropsies. Les deux types d'analyses ont été réalisés pour 153 ratons. Durant l'entreposage, 50 spécimens de matières fécales, récoltés en juillet, ont été égarés et 6 contenus intestinaux sont devenus non utilisables.

3.2.1.1 Animaux échantillonnés pour la coproscopie et la nécropsie

Les analyses coproscopiques ont été réalisées en 2007 au fur et à mesure du piégeage des ratons dans le cadre de l'OCERM, alors que les examens de contenu intestinal (nécropsies) ont été effectués en 2009. Le Tableau VII décrit la répartition des ratons échantillonnés lors des deux types d'analyses en fonction de l'âge, du sexe, du milieu de piégeage et du mois de capture du raton laveur.

Tableau VI Description du nombre d'échantillons en fonction de l'année et du programme par lequel les spécimens ont été récoltés

Type d'échantillons (n)	Période de l'étude	Coproscopie	Nécropsie
Latrines 2007 (165)	2007	165	-
Latrines 2008 (244)	2008	244	-
Raton OCERM (209)	2007	159	203
Raton PSRRL (142)	2007-2008	142	-
Total		710	203

Tableau VII Résultats des analyses coproscopiques (œufs) et des analyses du contenu intestinal (vers total) pour *Baylisascaris procyonis* selon des variables ratons de l'OCERM (Montérégie, 2007).

Variables ratons (n)	Copro n	Œufs <i>B. procyonis</i> n (%)	Nécro n	Vers total <i>B. procyonis</i> n (%)	Copro et/ou Nécro n	Œufs et/ou Vers <i>B. procyonis</i> n (%)
Age						
Adulte (160)	113	13	154	21	114	25
Juvenile (49)	46	19	49	38	47	38
Sexe						
Femelle(118)	88	16	115	31	88	33
Mâle (91)	71	16	88	28	73	30
Milieu de piégeage						
Rural (130)	80	10	124	20	82	23
Urbain (79)	79	22	79	39	79	40
Mois						
Juin (54)	54	6 (11,1)	49	6 (12,2)	49	8 (16,3)
Juillet (60)	10	0 (0)	60	7 (11,7)	17	7 (41,2)
Août (95)	95	26	94	46	95	48

3.2.2 Distribution des parasites identifiés

3.2.2.1 Coproscopie

Dans le Tableau VIII, sont décrites les espèces des parasites observés lors de la coproscopie et la proportion de rats de l'OCERM qui excrétaient des œufs de chacune des espèces. Dans un échantillon, une larve de *Demodex* a été observée. La présence de plus d'une espèce parasitaire a été notée dans plusieurs échantillons.

3.2.2.2 Nécropsie

Lors de l'examen des contenus intestinaux, plusieurs helminthes ont été observés. La liste des espèces parasitaires identifiées et la proportion de rats infectés par ces espèces est inscrite au Tableau VIII. Les trématodes et les cestodes étaient trop nombreux pour être comptés. La présence de plus d'une espèce parasitaire a été notée dans plusieurs échantillons.

3.2.3 Distribution de *Baylisascaris procyonis* (coproscopie et nécropsie)

On a observé des œufs de *B. procyonis* dans 20,1 % des matières fécales de rats (n = 159) et le nombre d'œufs par deux grammes de matières fécales variait de 1 à 3 996. La proportion de rats excréteurs d'œufs de *B. procyonis* en fonction des variables (âge, sexe, milieu et mois) est décrite au Tableau VII. Presque 30 % des rats laveurs échantillonnés (n = 203) se sont avérés porteurs de *B. procyonis* et la charge parasitaire variait de 1 à 139. La proportion de rats infectés en fonction des variables (âge, sexe, milieu et mois) est décrite au Tableau VII.

Tableau VIII Énumération et proportion des espèces parasites observées en fonction du programme d'échantillonnage.

Espèce parasitaire	Coproscopie : n (%)				Nécropsie n (%)
	Latrines 2007 (n = 165)	Latrines 2008 (n = 244)	Ratons (OCERM) (n = 159)	Ratons (PSRRL) (n = 142)	Ratons (OCERM) (n = 203)
Protozoaires :					
<i>Eimeria</i>	139 (84,2)	192 (78,7)	152(96,2) ^{n^a}	111(78,2)	NA
<i>Cryptosporidium</i>	0	7(2,7)	0	1(0,7)	NA*
<i>Giardia</i>	0	0	6(3,8)	0	NA
<i>Sarcocystis</i>	1(0,6)	1(0,4)	0	0	NA
Cestodes :					132(65,0)
Anoplocephalidae	2(1,2)	0	0	0	NR
<i>Mesocestoides</i>	12(7,3)	10(4,1)	28(17,6)	16(11,4) ^{n^c}	NR
<i>Spirometra</i>	11(6,7)	3(1,2)	2(1,3) ^{n^b}	7(4,9)	3(1,5)
<i>Taenia</i>	0	1(0,4)	2(1,3)	0	1(0,5)
Nématodes :					
<i>Baylisascaris</i>	26(15,8)	89(36,5)	32(20,1)	38(26,8)	59(29,1)
<i>Capillaria</i>	117(70,9)	198(81,2)	130(81,8)	121(85,2)	NR
<i>Cylicospirura</i>	0	12(4,9)	0	3(2,1)	NR
<i>Gnathostoma</i>	0	0	1(0,6)	0	NR
Oxyuridae	4(2,4)	1(0,4)	1(0,6)	1(0,7)	NR
<i>Physaloptera</i>	1(0,6)	3(1,2)	1(0,6)	2(1,4)	3(1,5)
<i>Strongyloides</i>	NA	NA	NA	NA	6(3,0)
<i>Trichuris</i>	0	3(1,2)	0	0	NR
Vers en crochets	NA	NA	NA	NA	123(60,9) ^{n^d}
Trématodes :					122(60,1)

*On a observé des ookystes de *Cryptosporidium* en grande quantité dans un des contenus intestinaux analysés (n = 60) par la technique Wisconsin.

NA = non applicable, NR = non recherché.

Le nombre d'échantillons est différent : n^a = 158, n^b = 156, n^c = 141, n^d = 202.

3.2.3.1 Description des caractéristiques du parasite selon des variables animales (ratons)

Les vers trouvés et identifiés comme appartenant à l'espèce *B. procyonis* ont été sexés et de plus, leur stade de développement a été établi (Tableau IX). Parmi les 59 ratons porteurs de vers, 35,6 % étaient d'âge adulte et 64,4 % d'âge juvénile. Seulement 29 ratons avaient des vers matures des deux sexes. Parmi les 30 autres, 22 n'avaient que des vers immatures alors que 8 avaient des vers matures d'un seul sexe avec ou sans immature. Six de ces ratons n'avaient que des vers femelles alors que 2 ratons avaient seulement des vers mâles. Des 22 ratons infectés n'ayant pas de ver mature, 4 étaient d'âge adulte et 18 étaient juvéniles. Aucun ver immature n'a été retrouvé chez 16 ratons, dont 13 adultes et 3 juvéniles. En milieu rural, 8/20 ratons n'avaient pas de ver mature alors que 14/39 n'en avaient pas en milieu urbain. Le plus grand nombre de ratons infectés (17/46) par des vers immatures sans trace de ver mature a été observé au mois d'août.

3.2.3.2 Valeurs statistiques de la charge parasitaire et de la ponte parasitaire selon l'âge des ratons

Le Tableau X décrit la charge parasitaire maximale observée chez les ratons adultes et juvéniles infectés par *B. procyonis* en fonction du stade de développement (mature ou immature) et du sexe du ver mature. La moyenne et la médiane de la charge et de la ponte parasitaires y sont également rapportées pour chaque catégorie d'âge du raton.

Tableau IX Distribution des ratons laveurs infectés selon les stades de développement de *Baylisascaris procyonis*.

Variables-ratons laveurs infectés	Stades de développement du ver : <i>Baylisascaris procyonis</i>			
	Ver mature (♂ et ♀)*	Ver immature	Ver mature (♂ et/ou ♀)	Vers totaux (mature et/ou immature)
Âge				
Adulte	12	8	17	21
Juvenile	17	35	20	38
Milieu d'origine				
Rural	10	12	12	20
Urbain	19	31	25	39
Mois de capture				
Juin	4	2	4	6
Juillet	3	5	4	7
Août	22	36	29	46
Total	29	43	37	59

*Inclut seulement les cas où des vers matures des 2 sexes étaient présents.

Tableau X Description de la charge parasitaire de *Baylisascaris procyonis* selon les différents stades de développement des vers et de la ponte parasitaire par 2 g de matières fécales, en fonction de l'âge du raton infecté

Âge du raton infecté	Statistique descriptive	<i>Baylisascaris procyonis</i>				Nombre d'œufs
		Nombre de vers				
		Tous les stades	Immature	♂ mature	♀ mature	
Adulte	Max	50	46	8	18	655
	\bar{X}	8,5	8,8	2,6	4,8	196,3
	Médiane	4	2	2	3	77
Juvenile	Max	139	138	25	97	3 996
	\bar{X}	27,1	13,6	9,7	19,4	998,8
	Médiane	13,5	6	6	11,5	343

3.2.4 Estimation de la sensibilité et de la spécificité relative de la coproscopie vs la nécropsie de *Baylisascaris procyonis* par strate d'âge

La sensibilité et la spécificité de la coproscopie par rapport à la nécropsie ont été calculées chez les rats adultes, juvéniles et indépendamment de leur âge. Deux tableaux illustrent ces résultats. Le premier (Tableau XI) est basé sur la présence de tous les vers *B. procyonis*, quelque soit leur stade de développement alors que dans le tableau suivant (Tableau XII), les paramètres ont été calculés en se basant seulement sur la présence des vers matures. De plus, chez les rats de tout âge, la sensibilité et la spécificité de la coproscopie ont été calculées en ne considérant que les cas avec des vers matures des deux sexes. Tel que défini dans la méthodologie, la coproscopie était considérée comme étant positive dès qu'un œuf de *B. procyonis* était observé au microscope et la nécropsie était considérée comme étant positive dès qu'un ver de *B. procyonis* était identifié à la nécropsie, quel que soit son stade de développement.

Trente-deux rats (Tableau VIII) excrétaient des œufs de *B. procyonis*, en dépit du fait que la nécropsie n'ait pu déterminer la présence de ver (mature et/ou immature) chez trois d'entre eux. De plus, la nécropsie n'a pu être effectuée chez un des rats qui excrétaient des œufs. Par ailleurs, 24 rats chez qui la présence de vers de tous stades a été établie n'excrétaient aucun œuf (Tableau XI). De ces 24 rats, 18 n'hébergeaient que des vers immatures, deux avaient des vers immatures et des vers matures femelles, et la coproscopie n'a pu être effectuée pour quatre d'entre eux. Aucun ver mature n'a pu être retrouvé chez 4/31 rats excrétaient des œufs alors que 6/33 rats porteurs de vers matures n'excrétaient pas d'œuf (Tableau XII).

Tableau XI Comparaison de la sensibilité (SE) et de la spécificité (SP) de la coproscopie vs la nécropsie considérant la présence de tous les vers (matures et immatures) de *Baylisascaris procyonis* par strate d'âge des rats échantillonnés dans le cadre de l'OCERM

Adultes	Nécropsie +	Nécropsie -	
Copro +	9	3	12
Copro -	6	89	95
	15	92	107
Ratons adultes : SE = 60,0 %, SP = 96,7 %			
Juveniles	Nécropsie +	Nécropsie -	
Copro +	19	0	19
Copro -	18	9	27
	37	9	46
Ratons juvéniles : SE = 51,4 %, SP = 100,0 %			
Adultes + Juveniles	Nécropsie +	Nécropsie -	
Copro +	28	3	31
Copro -	24	98	122
	52	101	153
Ratons adultes + juvéniles : SE = 53,9 %, SP = 97,0 %			

Tableau XII Comparaison de la sensibilité (SE) et de la spécificité (SP) de la coproscopie vs la nécropsie considérant la présence des vers matures de *Baylisascaris procyonis* par strate d'âge des ratons échantillonnés dans le cadre de l'OCERM.

Adultes	Nécropsie + (Ver ♀ ou ♂)	Nécropsie – (aucun ver ♀ ou ♂)	
Copro +	9	3	12
Copro -	4	91	95
	13	94	107
Ratons adultes : SE = 69,2 %, SP = 96,8 %			
Juveniles	Nécropsie + (Ver ♀ ou ♂)	Nécropsie – (aucun ver ♀ ou ♂)	
Copro +	18	1	19
Copro -	2	25	27
	20	26	46
Ratons juvéniles : SE = 90,0 %, SP = 96,2 %			
Adultes + Juveniles	Nécropsie + (Ver ♀ ou ♂)	Nécropsie – (aucun ver ♀ ou ♂)	
Copro +	27	4	31
Copro -	6	116	122
	33	120	153
Ratons adultes + juvéniles : SE = 81,8 %, SP = 97,7 %			
Adultes + Juveniles	Nécropsie + (Ver ♀ et ♂)	Nécropsie – (Sans ver ♀ et ♂)*	
Copro +	25	6	31
Copro -	1	121	122
	26	127	153
Ratons adultes + juvéniles : SE = 96,2 %, SP = 95,3 %			

*Inclut les cas où des vers d'un seul sexe étaient présents.

3.2.5 Relation entre *Baylisascaris procyonis* et les variables des animaux échantillonnés

3.2.5.1 Nombre de vers *Baylisascaris procyonis* total (matures + immatures)

Les résultats du modèle de l'analyse binomiale négative indiquent que le nombre de vers total (matures et immatures) de *B. procyonis* ne variait pas significativement avec les mois de juin (RI: 1,09; IC95 %: 0,18-6,61; $p = 0,93$) et juillet (RI: 2,25; IC95 %: 0,76-6,67; $p = 0,15$) par rapport au mois d'août, ni avec le sexe lorsqu'on compare le mâle (RI: 1,32; IC95 %: 0,57-3,07; $p = 0,51$) à la femelle, ni avec le milieu rural (RI: 0,28; IC95 %: 0,06-1,28; $p = 0,10$) vs le milieu urbain. Cependant, le nombre de vers total augmentait significativement par un facteur de 11,4 chez les ratons juvéniles (IC95 %: 4,12-31,32; $p < 0,0001$) en comparaison avec les adultes.

Les résultats du modèle de l'analyse binomiale négative avec le mois, la femelle adulte et le milieu indiquent que le nombre de vers total (matures et immatures) de *B. procyonis* ne variait pas significativement avec le statut de femelle allaitante même s'il était presque 3 fois moins élevé (RI: 0,35; IC95 %: 0,03-3,68; $p = 0,38$) que chez les femelles non-allaitantes.

3.2.5.2 Nombre de vers de *Baylisascaris procyonis* immatures

Les résultats du modèle de l'analyse binomiale négative indiquent que le nombre de vers immatures de *B. procyonis* variait significativement chez le juvénile (RI: 23,7; IC95 %: 8,81-63,7; $p < 0,0001$) par rapport à l'adulte, le mâle (RI: 0,24; IC95 %: 0,09-0,65; $p = 0,005$) comparé à la femelle et chez les ratons piégés dans le milieu rural (RI: 0,15; IC95 %: 0,03-0,63; $p = 0,03$) vs le milieu urbain. Le modèle indiquait que le nombre de vers immatures ne variait pas significativement selon le mois de capture, lorsqu'on

compare juin (RI: 0,35; IC95 %: 0,05-2,44; $p = 0,29$) et juillet (RI: 0,43; IC95 %: 0,09-2,2; $p = 0,31$) avec le mois d'août.

Les résultats du modèle de l'analyse binomiale négative avec le mois, la femelle adulte et le milieu indiquent que le nombre de vers immatures de *B. procyonis* ne variait pas significativement avec le statut de femelle allaitante même s'il était presque 10 fois moins élevé (RI: 0,11; IC95 %: 0,002-6,53; $p = 0,29$) que chez les femelles non-allaitantes.

3.2.5.3 Nombre de vers *Baylisascaris procyonis* matures (mâles et femelles)

Les résultats du modèle de l'analyse binomiale négative indiquent que le nombre de vers matures (mâles et femelles) de *B. procyonis* ne variait pas significativement avec les mois de juin (RI: 0,70; IC95 %: 0,05-9,53; $p = 0,79$) et juillet (RI: 3,86; IC95 %: 0,82-18,13; $p = 0,09$) comparé au mois d'août, ni avec le sexe lorsqu'on compare le raton mâle à la femelle (RI: 2,76; IC95 %: 0,78-9,80; $p = 0,12$) ni avec le milieu rural (RI: 0,63; IC95 %: 0,08-5,25; $p = 0,67$) vs le milieu urbain. Cependant, le nombre de vers matures augmentait par un facteur de 9,1 chez les juvéniles par rapport aux adultes (IC95 %: 1,91-42,89; $p = 0,01$).

Les résultats du modèle de l'analyse binomiale négative avec le mois, la femelle adulte et le milieu indiquent que le nombre de vers matures de *B. procyonis* ne variait pas significativement avec le statut de femelle allaitante même s'il diminuait par un facteur de 0,72 (IC95 %: 0,03-18,04; $p = 0,84$) par rapport aux femelles non-allaitantes.

3.2.5.4 Statut d'infection à *Baylisascaris procyonis* (vers et/ou œufs)

Les résultats du modèle de régression logistique indiquent que le rapport de cote pour un raton d'être infecté par des vers et/ou des œufs *B. procyonis* ne variait pas significativement avec les mois ($p = 0,09$) de juin (OR: 0,89; IC95 %: 0,19-4,23) et juillet (OR: 3,67; IC95 %: 0,67-20,11) par rapport au mois d'août, ni avec le sexe lorsqu'on

compare le raton mâle (OR: 0,94; IC95 %: 0,42-2,08; $p = 0,87$) à la femelle, ni avec le milieu rural (OR: 0,46; IC95 %: 0,12-1,78; $p = 0,26$) vs le milieu urbain. Le rapport de cote d'être infecté par des vers et/ou des œufs était de 0,066 chez les ratons adultes (IC95 %: 0,03-0,18; $p < 0,0001$) par rapport aux juvéniles.

3.2.5.5 Nombre d'œufs de *Baylisascaris procyonis*

Les résultats du modèle d'analyse binomiale négative indiquent que le nombre d'œufs observés à la coproscopie ne variait pas significativement avec le mois de juin (RI: 11,95; IC95 %: 0,21-669,91; $p = 0,23$) par rapport au mois d'août, ni avec le sexe lorsqu'on compare le mâle (RI: 1,35; IC95 %: 0,19-9,27; $p = 0,76$) à la femelle, ni avec le milieu rural (RI: 0,09; IC95 %: 0,01-2,50; $p = 0,16$) vs le milieu urbain. Aucun œuf n'a été trouvé en juillet. Le nombre d'œufs augmentait significativement par un facteur de 24,7 (IC95 %: 2,23-274,78) chez les juvéniles par rapport aux adultes ($p = 0,02$).

Les résultats du modèle de l'analyse binomiale négative avec le mois, la femelle adulte et le milieu, indiquent que le nombre d'œufs de *B. procyonis* ne variait pas significativement avec le statut de femelle allaitante même s'il était 50 fois moins élevé (RI: 0,02; IC95 %: 0,0001-1,92; $p = 0,09$) que chez les femelles non-allaitantes.

3.2.6 Relation entre œufs et vers

Les résultats du modèle de régression binomiale négative indiquent qu'il y a une relation linéaire et significative ($p < 0,0001$) entre le nombre d'œufs *B. procyonis* et le nombre de vers femelles. Le nombre d'œufs augmentait par un facteur de 57 % par ver mature femelle présent (RI: 1,57; IC95 %: 1,07-2,3).

3.3 Programme Surveillance de la Rage du Raton Laveur (PSRRL)

3.3.1 Description des échantillons

Des matières fécales ont été prélevées sur 142 animaux dont la nécropsie a été effectuée par le CQSAS à la FMV de St-Hyacinthe. La récolte d'échantillons s'est déroulée sur deux années, soit 74,5 % en 2007 et 25,5 % en 2008. Le Tableau XIII décrit cette répartition ainsi que celle des ratons selon l'âge (66,1 % d'adultes et 33,9 % de juvéniles), le sexe (autant de mâles que de femelles), la condition corporelle (25,0 % maigre, 69,2 % normal et 5,8 % gras), la saison (28,4 % au printemps, 48,9 % à l'été, 19,1 % à l'automne et 3,6 % l'hiver) et la région d'origine (33,9 % en Estrie, 63,7 % en Montérégie et 2,4 % à Montréal).

Tableau XIII Description des variables des 142 ratons échantillonnés dans le cadre du PSRRL et proportion de ratons excréteur des œufs de *Baylisascaris procyonis*

Variables des ratons échantillonnés (n)		Ratons excréteurs : n (%)
Âge (118)	Adulte (78)	12 (15,4)
	Juvenile (40)	15 (37,5)
Sexe (140)	Mâle (70)	21 (30,0)
	Femelle (70)	17 (24,3)
Condition corporelle (104)	Maigre (26)	8 (30,8)
	Normal (72)	18 (25,0)
	Gras (6)	2 (33,3)
Saison (141)	Printemps (40)	6 (15,0)
	Été (69)	15 (21,7)
	Automne (27)	17 (62,9)
	Hiver (5)	0 (0)
Année (141)	2007 (105)	28 (26,7)
	2008 (36)	10 (27,8)
Région (124)	Estrie (42)	8 (19,0)
	Montérégie (79)	22 (27,8)
	Montréal (3)	2 (66,7)

3.3.2 Distribution des parasites identifiés

Le Tableau VIII décrit les espèces parasitaires identifiées ainsi que la proportion d'échantillons positifs lors de la coproscopie des matières fécales provenant des ratons laveurs nécropsiés par le CQSAS. Le nombre d'œufs par deux grammes pour l'espèce *B. procyonis* variait de 5 à environ 1 million. La présence de plus d'une espèce parasitaire a été notée dans plusieurs échantillons.

3.3.3 Distribution de *Baylisascaris procyonis*

Selon les résultats de la coproscopie (Tableau VIII), 38 ratons (26,8 %; n = 142) excrétaient des œufs *B. procyonis*. Le Tableau XIII décrit la répartition et la proportion des ratons excréteurs selon certaines variables.

3.3.4 Relation entre certaines variables-raton et l'espèce *Baylisascaris procyonis*

Les données de l'hiver et de la région de Montréal n'ont pas été considérées lors des analyses statistiques car elles n'étaient pas assez nombreuses. Les résultats du modèle de régression logistique indiquent que le rapport de cote d'observer des œufs *B. procyonis* ne variait pas significativement selon l'âge du raton lorsqu'on compare l'adulte (OR: 0,25; IC95 %: 0,05-1,33; p = 0,10) au juvénile, ni avec le sexe lorsqu'on compare le mâle (OR: 0,52; IC95 %: 0,12-2,33; p = 0,39) à la femelle, ni selon l'année 2007 (OR: 0,30; IC95 %: 0,04-2,36; p = 0,25) comparée à 2008, ni selon la région d'origine, soit l'Estrie (OR: 0,67; IC95 %: 0,13-3,33; p = 0,62) par rapport à la Montérégie et la condition corporelle, lorsqu'on compare les ratons gras (OR: 3,18; IC95 %: 0,17-58,73; p = 0,49) et les maigres (OR: 1,27; IC95 %: 0,22-7,28; p = 0,75) aux normaux. À l'automne, le rapport de cote d'observer des œufs est de 11,1 (IC95 %: 1,21-101,60) par rapport au printemps et de 21,1 (IC95 %: 2,91-153,18) par rapport à l'été et ces différences sont significatives (p < 0,01). De plus, le rapport de cote d'observer des œufs l'été est de 0,5 (IC95 %: 0,05-

5,60; $p = 0,59$) par rapport au printemps, mais cette dernière comparaison n'est pas significative.

3.4 Comparaison des deux sous-populations de rats laveurs (OCERM et PSRRL)

3.4.1 Estimé de prévalence totale

Lorsqu'on met ensemble les deux sous-populations de rats laveurs, nous obtenons une proportion de 70/301 rats de tous âges, excréant des œufs *B. procyonis* (63,5 % des rats échantillonnés étaient d'âge adulte et 28,6 % étaient juvéniles). Pour 24 rats (7,9 %) du PSRRL, nous n'avions pas de données sur l'âge. Le test de Z a été utilisé pour avoir un estimé global et comparer les proportions de rats excréteurs. Il n'y avait pas de différence statistique entre les deux populations (OCERM et PSRRL) de rats de tout âge (IC95 % : 18,6-28,4; $p = 0,17$). Le Tableau XIV décrit la proportion de rats excréteurs selon l'âge du raton.

Tableau XIV Description des proportions de rats excréant des œufs de *Baylisascaris procyonis* après regroupement des deux sous-populations (OCERM et PSRRL)

Rats	Rats échantillonnés			Rats excréteurs		
	Juveniles n	Adultes n	Tous n	Juveniles n (%)	Adultes n (%)	Tous n (%)
Rats-OCERM	46	113	159	19 (41,3)	13 (11,5)	32 (20,1)
Rats-PSRRL	40	78	142	15 (37,5)	12 (15,4)	38 (26,8)
Tous les rats	86	191	301	34 (39,5)	25 (13,1)	70 (23,3)

3.5 Latrines 2007

3.5.1 Description des échantillons

En 2007, un échantillon de matières fécales a été récolté dans 165 latrines. Le Tableau XV décrit le nombre de latrines échantillonnées dans chacun des parcs nationaux ainsi que la période d'échantillonnage en 2007. La récolte des échantillons de matières fécales s'est échelonnée sur une période de cinq mois. Pour la majorité des parcs (5/7), la récolte a débuté vers la fin juillet et s'est terminée en octobre. Le Tableau XVI décrit la répartition des échantillons récoltés par mois et par saison.

Tableau XV Répartition des latrines échantillonnées dans chaque parc national en 2007 et proportion de latrines contaminées par des œufs de *Baylisascaris procyonis*

Parc national	Période de récolte en 2007	Latrines* : n (%)	
		Échantillonnées	Contaminées
PNIB	24/07 au 22/10	38 (23,0)	7 (18,4)
PNY	10/06 au 21/10	57 (34,5)	11 (19,3)
PNO	27/07 au 22/10	14 (8,5)	3 (21,4)
PNMO	27/07 au 06/09	24 (14,6)	1 (4,2)
PNP	31/07 au 29/09	14 (8,5)	2 (14,3)
PNMSB	27/07 au 07/10	16 (9,7)	2 (12,5)
PNMT	30/08	2 (1,2)	0
Total	10/06 au 22/10	165 (100)	26/165 (15,8)

*Un seul échantillon de matière fécale a été prélevé par latrine

Tableau XVI Répartition des latrines échantillonnées selon la saison et le mois en 2007 et proportion de latrines contaminées par des œufs de *Baylisascaris procyonis*

Saison	Mois de la récolte en 2007	Latrines* : n (%)	
		Échantillonnées	Contaminées
Été	Juin	4 (2,4)	1 (25,0)
	Juillet	39 (23,6)	5 (12,8)
	Août	55 (33,3)	5 (9,1)
Automne	Septembre	44 (26,7)	7 (15,9)
	Octobre	23 (13,9)	8 (34,8)
	Total	165 (100)	26/165 (15,8)

*Un seul échantillon de matière fécale a été prélevé par latrine

3.5.2 Distribution des parasites identifiés par latrine

La description des espèces parasitaires identifiées et la proportion de latrines contaminées est énumérée dans le tableau VIII. Nous n'avons détecté aucun élément parasitaire dans sept latrines. Cinq latrines négatives sont situées dans le PNY tandis que les deux autres sont dans le PNO et le PNIB. La majorité des latrines, soit 95,8 % (158/165), ont au moins une espèce parasitaire. Nous avons identifié plus d'une espèce parasitaire dans plusieurs latrines.

3.5.3 Distribution de *Baylisascaris procyonis* selon le parc échantillonné

Nous avons trouvé des œufs de *B. procyonis* dans 26 (15,8 %; n = 165) latrines. Au moins une latrine a été trouvée contaminée dans chacun des parcs situés dans la région du sud du Québec à l'exception du PNMT, pour lequel nous n'avons que deux échantillons. Le Tableau XV montre la proportion de latrines contaminées par parc. Vingt latrines contaminées sur 26 (76,9 %) sont situées dans les trois parcs de la Montérégie (PNIB,

PNY, PNMSB). Le nombre d'œufs de *B. procyonis* par deux grammes de matières fécales variait de 1 à 26 892. La latrine la plus fortement contaminée était située dans le PNY près d'un ruisseau.

3.5.4 Relation entre les variables saison et site, et la présence de *Baylisascaris procyonis*

La majorité (67,3 %; 111/165) des latrines échantillonnées étaient situées dans les trois parcs de la Montérégie (Tableau XV). Les périodes d'échantillonnages ont été regroupées en deux saisons, soit les mois de juin, juillet et août pour l'été, et les mois de septembre et octobre pour l'automne. En conséquence, plus de la moitié (59,4 %) des latrines ont été échantillonnées durant l'été (n = 98) alors que 40,6 % l'ont été durant l'automne (n = 67; Tableau XVI). De ce nombre, 11 (11,2 %) latrines contaminées par des œufs de *B. procyonis* ont été détectées durant la saison estivale et 15 (22,4 %) latrines durant l'automne. Les résultats du modèle de régression logistique (Tableau XVII) indiquent que le rapport de cote d'observer au moins un œuf de l'espèce *B. procyonis* dans une latrine ne variait pas significativement selon la saison (p = 0,11) ou le site (p = 0,73). La proportion de latrines contaminées mensuellement a été reportée dans un graphique (Figure 6).

Tableau XVII Résultats de l'analyse par régression logistique du statut de contamination des latrines 2007 par *Baylisascaris procyonis*, en fonction du site et de la saison

		Association avec <i>Baylisascaris procyonis</i>	
		Rapport de cote	(IC95 %)
Site	PNIB	1,11	0,19-6,45
	PNY	1,55	0,30-7,98
	PNO	1,33	0,18-10,04
	PNMO	0,32	0,03-3,91
	PNP	0,70	0,08-6,31
	PNMSB	Référence	
Saison	Automne	2,19	0,84-5,70
	Été	référence	

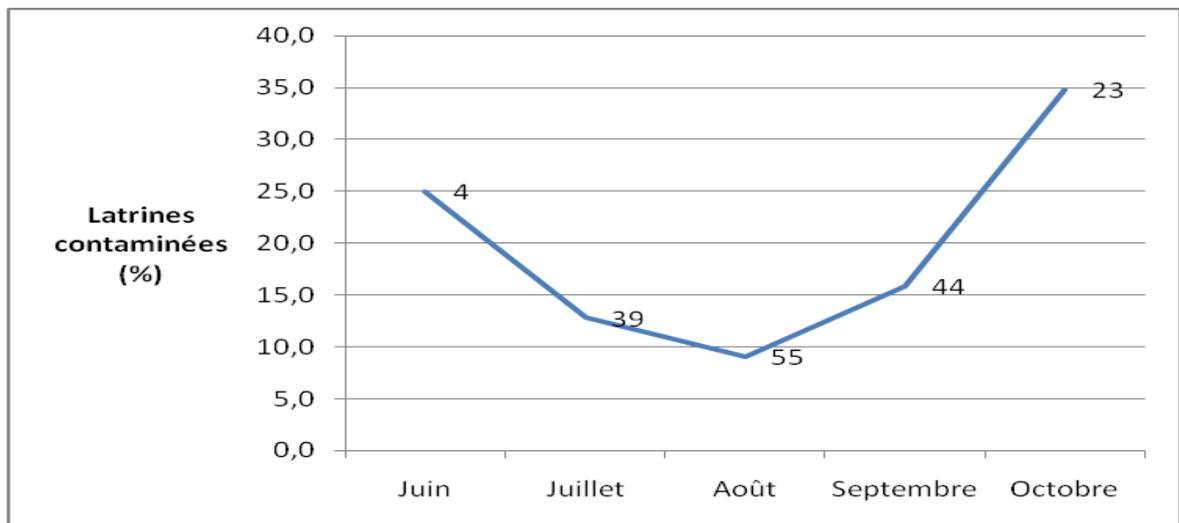


Figure 6 Variation de la proportion de latrines 2007 contaminées par des œufs de *Baylisascaris procyonis*, en fonction du mois d'échantillonnage

3.6 Latrines 2008

En 2008, trois parcs nationaux situés en Montérégie ont été choisis pour l'échantillonnage répété des latrines : PNIB, PNY et PNMSB.

3.6.1 Description des échantillons

Au total, 258 échantillons ont été récoltés dans 29 latrines. Pour les analyses statistiques, les données provenant de latrines échantillonnées à deux reprises ou moins, n'ont pas été retenues, diminuant ainsi le total des échantillons à 244. La période d'échantillonnage s'est échelonnée sur environ six mois (Tableau XVIII). Nous avons récolté 74,2 % des échantillons de matières fécales durant l'été (n = 181) alors que 25,8 % l'ont été durant l'automne (n = 63). La répartition des échantillons récoltés par mois et par saison est inscrite au Tableau XIX.

Tableau XVIII Répartition des échantillons de matières fécales analysés et des latrines dans chacun des parcs nationaux en 2008 et proportion de contamination par des œufs de *Baylisascaris procyonis*

Parc national	Période d'échantillonnage	Matières fécales* n (%)		Latrines n (%)	
		Analysées	Contaminées	Échantillonnées	Contaminées
PNIB	23/05 au 30/10	38 (15,6)	13 (34,2)	7	7 (100)
PNY	30/05 au 24/10	80 (32,8)	45 (56,3)	12	11 (91,7)
PNMSB	10/05 au 27/10	126 (51,6)	31 (24,6)	10	8 (80,0)
Total	10/05 au 30/10	244 (100)	89 (36,5)	29	26 (89,7)

*Plusieurs échantillons proviennent d'une même latrine

Tableau XIX Répartition des échantillons de matières fécales analysées des latrines 2008, selon le mois et la saison et proportion d'échantillons contaminés par des œufs de *Baylisascaris procyonis*

Saison	Mois	Échantillons* n (%)	
		Analysés	Contaminés
Été	Mai	27 (11,1)	10 (4,1)
	Juin	48 (19,7)	13 (5,3)
	Juillet	60 (24,6)	22 (9,0)
	Août	46 (18,8)	18 (7,4)
Automne	Septembre	40 (16,4)	16 (6,6)
	Octobre	23 (9,4)	10 (4,1)
	Total	244 (100)	89 (36,5)

*Plusieurs échantillons proviennent d'une même latrine

3.6.2 Distribution des parasites identifiés par échantillon

Dans le Tableau VIII, nous retrouvons la répartition des espèces parasitaires identifiées lors de la coproscopie des 244 échantillons de matières fécales provenant de 29 latrines échantillonnées en 2008. Aucun élément parasitaire n'a été trouvé dans 13 échantillons. Trois échantillons négatifs provenaient du PNY, un du PNIB et neuf du PNMSB. La présence de plus d'une espèce parasitaire a été observée dans plusieurs échantillons.

3.6.3 Distribution de *Baylisascaris procyonis* selon le parc échantillonné

Des œufs de *B. procyonis* ont été trouvés dans 89 (36,5 %) échantillons de matières fécales. Le nombre d'œufs de *B. procyonis* par 2 g de matières fécales variait de 1 à 12 940. Au moins un échantillon positif a été trouvé dans 89,7 % des latrines échantillonnées

(n = 29). Nous avons observé des œufs de *B. procyonis* dans 34,8 % des échantillons récoltés durant l'été (n = 181) et dans 41,3 % des échantillons de l'automne (n = 63). Le nombre d'échantillons et de latrines contaminés par *B. procyonis* dans chacun des 3 parcs est décrit au Tableau XVIII, tandis la répartition des échantillons contaminés selon le mois et la saison d'échantillonnage est inscrite au Tableau XIX.

3.6.4 Effet des variables saison et site sur la contamination d'une latrine pour l'espèce *Baylisascaris procyonis*

Les résultats du modèle de régression logistique à mesures répétées indiquent que le rapport de cote d'observer des œufs de *B. procyonis* dans une latrine est de 1,57 au PNY (IC95 % : 1,10-2,26) par rapport au PNIB et de 0,45 au PNMSB (IC95 % : 0,26-0,79) par rapport au PNY et ces comparaisons sont statistiquement significatives (p = 0,02). Il n'y a pas de différence statistiquement significative entre le PNMSB (OR : 0,71; IC95 % : 0,36-1,38; p = 0,31) et le PNIB, tout comme le rapport de cote d'observer des œufs dans une latrine ne variait pas significativement avec la saison (p = 0,93).

4 Discussion

4.1 Prévalence des parasites intestinaux (ratons et latrines)

Les analyses coproscopiques des matières fécales et les examens de contenu intestinal des ratons de l'OCERM et du PSRRL ont permis de réaliser que le raton laveur québécois était porteur de plusieurs groupes d'espèces de parasites et excrétaient des œufs de plusieurs espèces parasitaires, en plus de *Baylisascaris procyonis*. En effet, nous avons également trouvé trois protozoaires (*Cryptosporidium*, *Eimeria*, *Giardia*), trois cestodes (*Mesocestoides*, *Spirometra*, *Taenia*), sept nématodes (*Capillaria*, *Cylicospirura*, *Gnathostoma*, *Oxyuridae*, *Physaloptera*, *Strongyloides* et des vers en crochets), ainsi que des trématodes.

Lors des analyses coproscopiques des autres matières fécales récoltées dans les latrines de ratons laveurs, nous avons observé la présence d'œufs et d'ookystes de plusieurs espèces parasitaires en plus de ceux de *Baylisascaris procyonis*. En effet, nous avons également trouvé trois protozoaires (*Cryptosporidium*, *Eimeria* et *Sarcocystis*), quatre cestodes (*Anoplocephalidae*, *Mesocestoides*, *Spirometra*, *Taenia*), et cinq nématodes (*Capillaria*, *Cylicospirura*, *Oxyuridae*, *Physaloptera* et *Trichuris*).

Au Québec, une analyse détaillée des espèces parasitaires intestinales du raton laveur n'a pas été rapportée dans la littérature, bien que ce soit le cas pour le Canada (Ching et al, 2000; Sexsmith et al, 2009) et les États-Unis (Schaffer et al, 1981; Dubey, 1982; Cole et al, 1987). Aucune étude ne détaille les espèces parasitaires retrouvées dans des latrines de ratons laveurs. En effet, aux États-Unis, certains chercheurs (Jacobson et al, 1982; Page et Swihart, 1998; Evans, 2002; Roussere et al, 2003; Page et al, 2009; Smyser et al, 2010) ont analysé les matières fécales de ratons dans des latrines, mais seulement pour l'espèce *B. procyonis* tout comme Sexsmith et al (2009) l'a fait pour des latrines situées en milieu urbain en Saskatchewan.

4.1.1 Protozoaires

Lors de l'analyse des matières fécales, 96,2 % des ratons de l'OCERM (n = 158) et 78,2 % des ratons du PSRRL (n = 142) excrétaient des coccidies en quantité variable (1+ à 3+). Dans certains cas, les ookystes couvraient la surface de la lame en entier. L'étude de Dubey (1982) a révélé la présence de différents stades du genre *Eimeria* dans une proportion semblable aux nôtres, soit 82,1 % des ratons euthanasiés (n = 28) dont presque tous étaient d'âge adulte. L'étude de Snyder (1988) rapporte une observation routinière d'ookystes *Eimeria* chez 100 ratons trappés ou tués par balle. Même si seul le genre *Eimeria* (Dubey, 1982; Snyder, 1988) est rapporté chez le raton laveur, les différentes caractéristiques morphologiques des coccidies observées dans nos spécimens nous permettent de croire qu'il y aurait plutôt plusieurs espèces.

La présence de quelques cas seulement de *Cryptosporidium* a été notée : 0/159 pour les ratons de l'OCERM, 1/142 pour ceux du PSRRL, 0/165 latrines en 2007 et 7/244 pour les latrines 2008.). Même si aucun ookyste n'avait été trouvé dans les matières fécales des ratons de l'OCERM en 2007, un grand nombre d'ookystes a été observé chez un raton juvénile de l'OCERM lors de l'analyse de 60 contenus intestinaux (5 g de chacun) par la technique Wisconsin. Ceci est en accord avec ce que les autres ont trouvé. Ainsi, une étude (Perz et Le Blancq, 2001) réalisée dans l'état de New York a révélé par PCR la présence de *Cryptosporidium parvum* chez un seul raton (n = 5) alors que Snyder (1988) a trouvé, par un test d'immunofluorescence indirect, des ookystes de *Cryptosporidium parvum* dans les fèces de 13 % des ratons (n = 100). Dans cette dernière étude, tous les ratons positifs étaient d'âge juvénile. Leur technique d'analyse est probablement plus appropriée que la coproscopie pour la détection de petites quantités d'ookystes de *Cryptosporidium*, en effet cinq échantillons avaient moins de 5 ookystes par champ oculaire à 100X. Ces observations confirment la présence assez accidentelle de ce parasite. D'autres études sont nécessaires afin de déterminer la possibilité que le raton laveur puisse être une source d'infection pour ce parasite aux humains et aux animaux domestiques, ce qui n'était pas le but principal de notre étude.

Des kystes de *Giardia* ont été observés dans les matières fécales de 3,8 % des ratons (6/159) de l'OCERM. Cette observation n'est pas surprenante puisque ce parasite a été trouvé chez un très grand nombre d'espèces animales. Toutefois, sa présence chez le raton laveur n'avait jamais été signalée dans la littérature scientifique. L'infection de l'homme à partir des excréments du raton laveur reste toutefois à démontrer même si elle est vraisemblable. Aucun ookyste de *Giardia* n'a été observé dans les latrines. Même si la technique de Wisconsin n'est pas idéale pour la recherche de cette espèce, aucun ookyste n'a été détecté par les techniciennes expérimentées du laboratoire de parasitologie. Il est toutefois possible que le parasite soit détruit rapidement ou déformé lorsqu'il est exposé aux intempéries externes tels chaleur, pluie, gel et dégel. Bowman (2009) rapporte que l'utilisation de l'eau lors des analyses tend à déformer les ookystes de protozoaires. La pluie pourrait avoir eu le même effet dans les matières fécales récoltées dans les latrines.

Des ookystes de *Sarcocystis* ont été observés dans une latrine en 2007 (n = 165) et dans un spécimen des latrines 2008 (n = 244), alors qu'aucun n'a été observé lors de la coproscopie des matières fécales des ratons laveurs de l'OCERM et du PSRRL. Nos résultats sont semblables à ce qui est rapporté, puisqu'aucun ookyste de *Sarcocystis* n'a été observé dans les matières fécales de ratons laveurs (n = 28) nécropsiés lors d'une épizootie de rage en Ohio (Dubey, 1982), alors que deux ratons (n = 48) en excrétaient en Illinois (Adams et al, 1981). Dans les deux études américaines, la coproscopie a été effectuée par flottation avec une solution sucrée mais dont la densité était de 1,15 alors que nous avons effectué nos analyses par centrifugation avec une solution sucrée saturée dont la densité était de 1,28 - 1,30. Les deux techniques d'analyse ont permis de trouver un pourcentage semblable, mais très bas, d'animaux infectés. Par contre *Sarcocystis* sporule à l'intérieur de l'hôte et la paroi fragile de l'ookyste rupture facilement, libérant quatre sporozoïtes de 7 à 12 microns (Bowman, 2009), cette diminution de taille rend plus difficile l'observation de cette espèce. Les ratons ne semblent pas représenter une source d'infection importante pour l'espèce *Sarcocystis*.

Pour les trois protozoaires (*Cryptosporidium*, *Giardia* et *Sarcocystis*), les proportions observées chez les rats et dans les latrines peuvent être sous-estimées suite à des biais d'évaluation et des biais de mesure. En effet, selon Bowman (2009), leur identification nécessite de l'expérience et une technique d'analyse appropriée (sulfate de zinc au lieu d'une solution sucrée) qui faciliterait le repérage des ookystes. En plus la solution sucrée a tendance à déformer les ookystes de protozoaires par variation osmotique (Bowman, 2009) et rendre leur identification difficile. De plus, les ookystes de protozoaires tendent à se poser dans un plan focal différent de celui des œufs de plus grande taille (Bowman, 2009) et sont donc plus difficiles à repérer, surtout lorsqu'ils sont présents en petit nombre (Snyder, 1988). Nous n'avons pas utilisé le sulfate de zinc car nous recherchions principalement les œufs de nématodes et de plus, ce médium nécessite un examen sans délai après la préparation de la lame afin d'éviter la formation de cristaux dans le champ visuel de la lame ou la distorsion osmotique qui rendent l'identification parasitaire plus difficile (Bowman, 2009). Malgré ces difficultés, ces espèces parasitaires sont identifiées couramment par les techniciennes du laboratoire de parasitologie de la faculté de médecine vétérinaire de l'université de Montréal.

4.1.2 Trématodes

Lors de l'examen microscopique du contenu intestinal, nous avons trouvé des trématodes chez 60,1 % des rats de l'OCERM (n = 203). La recherche des œufs de ce groupe n'a pas été effectuée spécifiquement lors de la coproscopie, car elle se fait normalement par une technique de sédimentation; les œufs de trématodes sont lourds et se déforment facilement dans une solution sucrée (Bowman, 2009). L'identification à l'espèce des trématodes n'a pas été effectuée, cette tâche est ardue et doit être confiée à des experts (Bowman, 2009). De plus, cette identification ne nous a pas semblé pertinente lors de notre recherche puisque plusieurs espèces n'ont pas d'intérêt vétérinaire ou ne sont pas réputés zoonotiques (Bowman, 2009; Villeneuve, 2003), à l'exception de l'espèce *Paragonimus kellicoti* qui ne peut être observée dans le système digestif puisqu'elle loge dans les

poumons du raton. Il n'y a rien de surprenant au fait de trouver des trématodes chez le raton laveur puisque l'infection se fait par ingestion d'un hôte intermédiaire (fourmi, escargot, amphibien, poisson, serpent, souris, etc) et leur fréquence et leur abondance reflète un régime alimentaire varié. Nous avons conservé certains trématodes récoltés pour fin de collection.

Les études publiées dans lesquelles des trématodes ont été identifiés montrent une grande variété d'espèces. Ainsi, dans l'ouest du Kentucky, Cole et Shoop (1987) ont rapporté la présence de neuf espèces différentes de trématodes dans le petit intestin de ratons nécropsiés (n = 70) et l'une de ces espèces a même été trouvée dans 71 % des ratons. Bizarrement, aucun trématode n'avait été trouvé antérieurement lors de la nécropsie des ratons (n = 145) de la même région (Smith et al, 1985). Dans l'étude de Schaffer et al (1981), 18 espèces de trématodes avaient été observées dans le sud-est des États-Unis lors de la nécropsie de ratons déplacés (n = 118) et résidents (n = 51). La congélation des carcasses tend à préserver intacts et identifiables seulement les parasites avec une grosse biomasse tels les cestodes ainsi que ceux avec des parties dures tels les nématodes et les acanthocéphales (Cole et Shoop, 1987). Dans notre étude, les contenus intestinaux n'ont pas été congelés, ce qui pourrait avoir favorisé la préservation des trématodes.

4.1.3 Cestodes

Des œufs de l'espèce *Mesocostoides* ont été observés dans 7,3 % des latrines 2007, 4,1 % des échantillons provenant des latrines 2008, 17,6 % des ratons de l'OCERM et 11,4 % du PSRRL. La coproscopie pourrait sous-évaluer la prévalence, dû à la difficulté reliée à la détection microscopique des œufs, en effet l'œuf très transparent est plus facilement repéré à 400X. Dans l'étude de Cole et Shoop (1987), 57 % des ratons (40/70) étaient porteurs de vers *Mesocostoides variabilis*. Nous avons observé une proportion semblable de cestodes, soit 65 % des contenus intestinaux des ratons de l'OCERM, mais l'identification à l'espèce n'a pas été réalisée, vu leur nombre élevé, leur enchevêtrement et la mauvaise conservation des scolex essentiels à leur identification. Dans une autre étude

(Ching et al, 2000) des procercoïdes de cestode ont été observés chez seulement deux rats nécropsiés (n = 82) et l'identification à l'espèce n'a pu être effectuée.

Des œufs de l'espèce *Spirometra* ont été observés dans 6,7 % des latrines en 2007 et 1,2 % en 2008, puis chez 1,3 % des rats de l'OCERM et 4,9 % du PSRRL, ce qui en fait une espèce relativement rare. Une seule étude rapporte la présence de l'espèce *Spirometra* (Schaffer et al, 1981) chez 18 % des rats (n = 51) en Floride. Dans notre étude, nous avons retrouvé le ver adulte dans le petit intestin de trois rats de l'OCERM et l'écrasement des segments matures de ces vers, entre lames et lamelles, nous a permis de confirmer l'identification des œufs vus à la coproscopie.

Des œufs de *Taenia* sp ont été observés dans un échantillon de matières fécales provenant des latrines 2008 et chez deux rats laveurs de l'OCERM, dont un juvénile et un adulte. La morphologie typique de l'œuf en permettait l'identification au genre mais pas à l'espèce. Habituellement la solution au sucre fonctionne bien pour les œufs de *Taenia* (Bowman, 2009), mais la nécropsie est une technique beaucoup plus fiable que la coproscopie pour les cestodes (Lillis, 1967). Un ver adulte a été trouvé dans le petit intestin d'un rat adulte de l'OCERM. Les trois rats laveurs infectés provenaient d'un milieu urbain. Cole et Shoop (1987) ont récolté des *Atrotaenia procyonis* dans le petit intestin de 31 % des rats nécropsiés (n = 70), alors que Schaffer et al (1981) en a trouvé dans des rats mais le pourcentage variait selon la région d'origine du rat : Floride (16 %; n = 51), Georgie (10 %; n = 10), Caroline du Nord (70 %; n = 10), Texas (92 %; n = 37), 2 régions de Virginie (60 %; n = 10, et 25 %; n = 20). Des différences régionales semblent évidentes et la prévalence, très basse, que nous avons obtenue, peut être en relation avec le régime alimentaire, puisque la transmission des cestodes se fait par un hôte intermédiaire.

4.1.4 Nématodes

Des vers en crochets ont été trouvés dans le contenu intestinal de près de 60,9 % des rats nécropsiés. L'observation microscopique des vers récoltés a permis de déterminer

qu'il y avait deux espèces différentes morphologiquement, mais leur identification précise n'a pas été effectuée. Selon les études antérieures, ces parasites semblent très prévalents. En effet, dans l'état du Kentucky, Cole et Shoop (1987) ont observé l'espèce *Arthrocephalus lotoris* chez 80 % (70) des rats nécropsiés. L'examen avait été effectué dans les 48 heures suivant la récolte des carcasses qui n'avaient pas été congelées. Au Canada, Ching et al (2000) ont retiré et congelé les systèmes digestifs des rats (n = 82) et la prévalence pour *A. lotoris* a été estimée à 95 %. La recherche des œufs n'a pas été effectuée dans aucune de ces deux études. Dans notre étude, des œufs de type strongle (probablement des vers en crochets) ont été observés lors de la coproscopie des excréments provenant de latrines en 2007 et en 2008, ainsi que dans les matières fécales de plusieurs rats provenant de l'OCERM et chez un seul rat provenant du PSRRL. Pour les vers en crochets et *Strongyloides* sp, nous n'avons pas dénombré les œufs, vu la grande difficulté à différencier ces espèces de ceux des nématodes du sol. Le temps écoulé entre la défécation et le prélèvement dans les latrines, ainsi que le mode de conservation des échantillons ont pu influencer les critères utilisés pour l'identification des œufs de ces parasites. En effet, l'œuf de l'espèce *Strongyloides* est embryonné dès sa ponte et l'œuf du ver en crochet le devient peu de temps après la ponte, d'où la difficulté d'identification pour ces deux espèces. Comme les échantillons n'ont pas été analysés immédiatement après la récolte, les œufs avaient probablement éclot. La culture des larves est une technique plus appropriée pour l'identification de ces espèces (Bowman, 2009) si réalisée sur des échantillons frais, mais est inutile pour des échantillons de latrines. La congélation des matières fécales des rats du PSRRL peut également avoir affecté la préservation de ces œufs puisque aucune solution SAF n'avait été rajoutée à l'échantillon avant la congélation.

Notre étude a montré la présence d'œufs de *Capillaria* dans 71 % des échantillons provenant des latrines 2007, dans 81 % de ceux provenant des latrines 2008, dans 82 % de ceux provenant des rats de l'OCERM et dans 85 % des rats du PSRRL. Notre prévalence est supérieure à celle rapportée (10 %) par Cole et Shoop (1987) lors de la nécropsie de rats (n = 70). Cette différence pourrait résulter d'une variation régionale

puisque nous n'avons trouvé aucun parasite adulte de l'espèce *Capillaria* lors des examens de contenu intestinal effectués dans le cadre de cette étude. Les œufs trouvés à la coproscopie ont pu provenir de vers localisés dans l'estomac, l'œsophage, les poumons ou, exceptionnellement, la vessie de l'hôte, des localisations fréquemment observées pour ce genre de vers (Bowman, 2009). De plus, dans notre étude, l'observation de trois types d'œufs différents morphologiquement nous permet de croire qu'il y avait plus d'une espèce de *Capillaria* impliquée.

La prévalence obtenue pour *Physaloptera* était faible à la coproscopie (0,6 % des rats de l'OCERM et 1,4 % du PSRRL) et à la nécropsie (1,5 % des rats OCERM ont des vers). Pourtant Cole et Shoop (1987) ont rapporté une prévalence élevée de vers (74 %) chez des rats du Kentucky (n = 70). Comme l'espèce *Physaloptera* loge plutôt dans l'estomac (Bowman, 2009) et que nous n'avons pas examiné de contenu stomacal, il est normal d'observer une prévalence aussi basse à la nécropsie, mais ceci n'explique pas la faible prévalence à la coproscopie. Cette dernière analyse ne semble pas très sensible pour trouver ce parasite. Nous aurions donc ici, une espèce peu prolifique ou une variation régionale importante. Cette espèce était pourtant présente chez des moufettes (50 %, n = 50) nécropsées au Québec (Villeneuve, données non publiées).

La présence d'œufs de l'espèce *Trichuris* a été observée dans trois échantillons des latrines 2008. Deux rats (n = 28) avaient des œufs dans l'étude de Dubey (1982) alors qu'aucun ver n'a été trouvé dans les contenus intestinaux des rats dans trois autres études (Ching et al, 2000; Cole et Shoop, 1987; Schaffer et al, 1981). La taille du ver adulte et sa localisation rectale attachée solidement à la muqueuse du colon rend sa détection plus difficile alors que l'œuf est facilement identifiable (Bowman, 2009), d'où l'importance d'effectuer l'analyse des matières fécales et non juste la recherche des parasites adultes dans le contenu intestinal. Dans notre étude, le contenu intestinal a été récolté de l'iléon à la partie antérieure du colon, ce qui explique probablement l'absence de ver adulte appartenant à l'espèce *Trichuris* chez les rats de l'OCERM.

Un seul cas (0,6 %) pour l'espèce *Gnathostoma* chez les rats de l'OCERM (n = 159), alors que Cole et Shoop (1987) ont observé une prévalence de 27 %, mais les vers avaient été récoltés dans l'estomac, site normal pour cette espèce (Bowman, 2009). Dans notre étude, nous n'avons ni récolté, ni examiné les contenus stomacaux, tout comme Ching et al (2000) qui n'ont récolté que le système digestif d'un point distal à l'estomac. De plus, des caractéristiques régionales peuvent expliquer cette différence.

4.2 L'espèce *Baylisascaris procyonis* (chez le raton laveur)

L'espèce parasitaire *Baylisascaris procyonis* était principalement ciblée dans cette étude. Deux types d'échantillonnage ont été utilisés, soit des rats piégés (sauf pour le PSRRL avec 6 tués sur la route, 2 tués par balle et 14 sans détail) et des latrines dans le sud du Québec. Dans un premier temps, nous allons discuter des résultats obtenus chez le raton laveur, puis les résultats observés dans les latrines seront discutés dans le point suivant.

4.2.1 Prévalence chez les rats

Basée sur la présence des œufs

Nous avons trouvé des œufs de *Baylisascaris* dans 20,1 % des échantillons de matières fécales des rats de l'OCERM (n = 159) et dans 26,8 % des rats du PSRRL (n = 142). Ceci nous permet d'estimer une prévalence globale d'infection (œufs) de 23,3 % lorsqu'on regroupe les deux sous-populations de rats (n = 301) du sud du Québec. Lorsqu'on considère l'âge des rats, 11,5 % des adultes (n = 113) et 41,3 % des juvéniles (n = 46) de l'OCERM excrétaient des œufs alors que chez les rats du PSRRL, nous avons observé des œufs chez 15,4 % des rats adultes (n = 78) et 37,5 % des rats juvéniles (n = 40). Tel qu'attendu, les résultats associés aux deux groupes de rats sont assez similaires. Mis à part quelques rats du PSRRL, les deux types de populations échantillonnées ont principalement été piégés (94 %) dans deux zones restreintes au sud du Québec et il y avait un recoupement de ces deux zones. La majorité des rats ne présentaient pas de signe de maladie qui aurait pu faciliter leur trappage ou les rendre plus

susceptibles à des infections parasitaires. On peut alors supposer que ce sont deux populations assez semblables.

Dans l'étude manitobaine (Sexsmith et al, 2009) réalisée de mai à août 2007, 43 % des rats (n = 114) excrétaient des œufs, prévalence supérieure à celle de notre étude (20,1 %) réalisée durant la même période. Cette différence semble en relation avec le milieu d'origine des rats, en effet nos rats ont été trappés à la fois en milieu urbain et rural, alors que ceux de Sexsmith et al (2009) provenaient d'un milieu urbain seulement. Si on ne considère que nos animaux piégés dans un milieu urbain (n = 79), la prévalence augmente légèrement à 27,9 %. Dans une autre étude (Dubey, 1982), 25 % des rats adultes (n = 28) piégés en milieu urbain avaient des œufs. Chez nos rats du même âge et du même milieu (n = 46), nous avons observé une prévalence inférieure, soit 13,0 %. Pourtant, nous aurions dû avoir une prévalence supérieure, puisque nos rats ont été trappés durant l'été alors que ceux de Dubey (1982) l'ont été à l'hiver. Il est possible que cette variation soit d'origine régionale ou en relation avec la densité de population de rats en ville, puisque dans leur étude les rats avaient tous été tués par balle en milieu urbain. Ces derniers ont possiblement été éliminés parce que nuisibles, malades ou trop nombreux dans un territoire restreint, ce qui peut avoir augmenté les chances de transmission du parasite. Notre prévalence est également inférieure à celle obtenue en Georgie, lors d'une étude (Eberhard et al, 2003) dans un milieu résidentiel où 22 % des rats adultes (n = 50) excrétaient des œufs. Il est probable que, vu la situation géographique de la Georgie, les rats n'hivernent pas et demeurent en contact, ce qui favorise une prévalence plus élevée (Gompper et Wright, 2005).

La variation saisonnière pourrait avoir joué un rôle également dans le pourcentage d'animaux excréteurs puisque la prévalence semble très variable au cours de l'année. En effet, chez les rats du PSRRL, 62,9 % excrétaient des œufs à l'automne vs 15 % au printemps et 21,7 % à l'été. Nos résultats sont semblables à ceux d'une étude (Kidder et al, 1989) réalisée à New York (n = 243) où la prévalence des rats testés à l'automne (42,4 %) chutait à 8,3 % l'hiver et à 4,2 % au printemps.

Basée sur la présence de vers

Nous avons observé, dans le cadre de l'OCERM (n = 203), que 29,1 % des rats de tout âge étaient porteurs de vers de tout stade, dont 13,6 % des rats adultes (n = 154) et 77,6 % des rats juvéniles (n = 49). Comme la plupart des études se sont basées seulement sur la présence des vers matures, i.e. les infections possiblement patentes, nous devons comparer avec le même type de spécimens. Ainsi, lorsqu'on exclut les vers immatures, nous obtenons pour cette même population de rats laveurs une prévalence de 18,2 % chez les rats de tout âge (n = 203), 11,0 % chez les adultes (n = 154) et 40,8 % chez les juvéniles (n = 49).

Nos résultats sont inférieurs à ceux obtenus lors d'études canadiennes antérieures. Ainsi, au Québec, MacKay et al (1995) ont rapporté une prévalence de 57 % de vers matures observés lors de la nécropsie de rats (n = 21) piégés de novembre à janvier dans la région de St-Hyacinthe, dont 37 % des animaux infectés étaient des adultes (n = 13) et 69 % des juvéniles (n = 8). Par contre, dans cette étude, les rats analysés avaient été piégés durant la saison où la prévalence est habituellement plus élevée (Kazacos, 2001; Kidder et al, 1989), alors que les rats de l'OCERM ont été trappés entre juin et août, donc à l'été, période où la prévalence est habituellement basse. Normalement, les rats piégés durant la saison hivernale devraient être en hibernation, alors on se demande ce qui a favorisé leur capture dans l'étude de MacKay et al (1995) : affamés, affaiblis par des problèmes de santé, non-hivernants à cause d'une température plus clémente, etc. La prévalence obtenue par MacKay et al (1995) aurait pu être plus élevée si tous les stades de développement du ver *B. procyonis* avaient été recherchés et de plus, la variation observée avec l'âge du raton aurait pu être significative si leur taille d'échantillonnage avait été plus grande.

Lors de l'étude (Sexsmith et al, 2009) réalisée de mai à août 2007, la nécropsie permettait de trouver des vers matures chez 50 % des rats. Cette étude manitobaine a été réalisée dans un milieu urbain seulement, où la densité de rats y est habituellement plus

élevée (Rosatte, 2007; Jolicoeur et al, 2009), favorisant la transmission des parasites entre les hôtes (Gompper et Wright, 2005). Dans notre étude, si nous ne considérons que les animaux piégés en milieu urbain ($n = 79$), 49,4 % des ratons (39/79) étaient infectés par des vers de tout stade. Notre estimé pour les ratons porteurs de vers est alors assez semblable à la prévalence estimée par Sexsmith et al (2009), mais celui-ci n'a inclus que les ratons porteurs de vers matures. Nous obtenons une prévalence de 31,6 % si on ne considère que les ratons (25/79) porteurs de vers matures en milieu urbain ou 18,2 % pour les ratons provenant des deux milieux (37/203). On voit que le milieu d'origine fait varier considérablement la prévalence, tout comme le stade de développement des vers. Il est fort probable que Sexsmith et al (2009) aurait obtenu une prévalence plus élevée s'ils avaient recherché les vers matures et immatures.

Dans l'étude (Ching et al, 2000) effectuée en Colombie Britannique, la proportion de ratons infectés par des vers *B. procyonis* a été estimée à 61 %. Cette étude effectuée d'avril 1997 à mai 1998, avait été réalisée sur des ratons ($n = 82$) tués sur la route ou apportés par les centres de faune sauvage lorsque blessés ou en mauvaise santé. La température en Colombie-Britannique est beaucoup plus clémente qu'au Québec. L'hiver y est moins rigoureux, les ratons n'hivernent probablement pas et la source d'infection est présente toute l'année. Dans l'étude de Ching et al (2000), la prévalence (61 %) établie suite à l'observation des vers seulement, est différente de celle obtenue chez les ratons du PSRRL (26,8 %), étude réalisée également durant une période de un an, où seule la coproscopie a été utilisée. Puisque nous avons établi que la sensibilité de la coproscopie était seulement de 53,9 %, il n'est pas surprenant que nous ayons obtenu une prévalence aussi basse et l'examen des contenus intestinaux aurait probablement révélé un pourcentage d'animaux infectés plus élevé. Par contre, Hoberg et Mc Gee (1982), n'ont pu montrer la présence de cette espèce dans leur étude réalisée en Saskatchewan, il y a presque 30 ans. Il est fort probable que la migration ou la translocation de ratons au fil des ans aient pu modifier la prévalence de ce parasite (Schaffer et al, 1981).

Aux États-Unis, la prévalence de *B. procyonis* chez le raton laveur varie de 0 à 100 % d'après la compilation de plusieurs études (Kazacos, 2001; Wise et al, 2005). Une étude réalisée entre la mi-décembre 1985 et le 1^{er} mai 1986 au Kentucky (Cole et Shoop, 1987) a rapporté une prévalence de vers matures chez 30 % des ratons (n = 70) trappés et/ou tués sur la route. Pourtant, Smith et al (1985) avait observé des vers chez seulement 3,4 % des ratons (n = 145) lors d'une étude réalisée de décembre 1980 à novembre 1981 dans les états du Tennessee et du Kentucky. Yeitz et al (2009) avaient observé des vers matures chez 58 % des ratons trappés (n = 69) durant un an, en milieu urbain en Oregon. En Georgie, 16 % des ratons adultes trappés (n = 50) en milieu résidentiel ont des vers matures (Eberhard et al, 2003). Ces études présentent toutes des prévalences différentes de la nôtre, mais les milieux d'origine des ratons, les mois d'échantillonnage et les climats diffèrent de ceux de notre étude. Lorsque Kazacos (2001) rapporte des prévalences de 100 % la taille d'échantillons varie de 1 à 15, ce qui diminue la valeur des statistiques.

En résumé, les prévalences observées dans différentes études, peuvent varier de façon saisonnière, selon l'âge des ratons, la région géographique échantillonnée, la densité des populations de ratons laveurs, la taille d'échantillons et la technique d'analyse utilisée. Il n'est pas impossible que des variations cycliques s'étendant sur plusieurs années soient également possible à l'échelle locale, suite par exemple à des épidémies de distemper ou de rage qui réduisent de façon importante les populations de ratons laveurs.

Basée sur la présence d'œufs et/ou vers

Nous avons obtenu une proportion de 39,1 % de ratons infectés (63/161) par des œufs et/ou des vers de *B. procyonis*. Ce résultat est inférieur aux résultats obtenus dans les études de Sexsmith et al (2009) et de Yeitz et al (2009) qui avaient respectivement obtenu 53,5 % et 58 %. Dans ces deux études, les prévalences sont probablement même sous-évaluées, étant donné la variation saisonnière, puisque l'étude de Sexsmith et al (2009) a été réalisée au printemps, tandis que celle de Yeitz et al (2009) a duré un an. De plus, les

deux études étaient basées sur l'observation macroscopique des vers matures seulement et ont eu lieu en milieu urbain où on s'attend à ce que la prévalence soit plus élevée, puisque souvent la densité de rats y est supérieure (Riley et al, 1998; Jolicoeur et al, 2009) et que les hivers sont plus cléments en Oregon où a eu lieu l'étude de Yeitz et al (2009), ce qui favorise les contacts (Gompper et Wright, 2005) et la transmission des maladies durant toute l'année. Une prévalence moyenne de 72 % est rapportée chez des rats en Indiana (Kazacos, 2001), mais dans l'étude, réalisée sur 6 ans, les rats ont toujours été récoltés en novembre et décembre. Il est fort possible qu'on obtienne un résultat semblable si l'échantillonnage se fait seulement durant la saison pré-hivernale, tout comme l'ont fait McKay et al (1995).

4.2.2 Sensibilité et spécificité de la coproscopie pour *Baylisascaris procyonis*

La nécropsie, incluant l'examen du contenu intestinal à la loupe binoculaire, permet la récolte des vers intestinaux et est considérée comme le test le plus fiable (test étalon) pour déterminer la prévalence de ce ver chez un raton laveur (Lillis, 1967). En effet, nous avons trouvé des vers de tout stade dans l'intestin de 59 rats (n = 203), dont 37 avec des vers matures et immatures et 22 n'avaient que des vers immatures. Parmi les rats porteurs de vers matures (n = 37), 31/33 seulement excrétaient des œufs, alors que parmi les 22 rats porteurs de vers immatures seulement, 18/19 n'excrètent aucun œuf, nous n'avions pas de résultat à la coproscopie pour cinq rats porteurs de vers. De plus, la sensibilité de la coproscopie est de 96,2 % lorsqu'on la compare aux nécropsies d'animaux porteurs de vers matures des deux sexes. Comme nous n'avons pas vérifié la présence d'œufs dans chaque ver classé comme étant une femelle mature, il est possible que nous ayons inclus, dans le calcul, des vers qui n'avaient pas encore commencé à pondre. Malgré tout, la coproscopie nous apparaît comme étant un test adéquat pour détecter les rats vivants porteurs de vers *B. procyonis* en autant que ceux-ci soient matures et qu'idéalement il y ait des vers des deux sexes.

Chez les trois animaux n'hébergeant aucun ver, nous avons trouvé un seul œuf de *B. procyonis* lors de la coproscopie. Pour deux de ces ratons, l'œuf observé n'était pas embryonné tandis qu'il l'était pour le troisième. La réfrigération des œufs auraient dû limiter leur développement et ce fut le cas pour les deux premiers, analysés 11 et 42 jours après la récolte. On peut donc supposer un cas de pseudo-infection (œuf ingéré déjà embryonné) pour le troisième cas où l'analyse a été effectuée 38 jours après la récolte. Pour les deux autres cas, même si l'œuf observé n'avait pas débuté son développement, la présence d'un si faible nombre d'œufs provenant d'un ver réputé très prolifique porte à croire qu'il s'agissait soit d'une contamination résiduelle puisque les matières fécales étaient liquides dans au moins un cas (ce qui pourrait avoir favorisé l'expulsion du ver producteur), soit d'une contamination faisant suite à l'absorption d'un aliment contaminé par des œufs (pseudo-infection) ou par des éléments non parasitaires (pseudo-parasite) tels des grains de pollen ou des spores quelconques conduisant à une erreur de diagnostic (Bowman, 2009) ou soit à une contamination entre deux échantillons au laboratoire. Ces observations nous suggèrent raisonnablement une spécificité près de 100 % pour la nécropsie et confirment l'adoption de l'examen du contenu intestinal comme étant la norme-étalon.

Lors du calcul de la sensibilité, nous avons comparé les résultats de la coproscopie avec ceux de la nécropsie avec la présence des vers matures. Nous avons obtenu une valeur de 69,2 % chez les ratons adultes, de 90,0 % chez les ratons juvéniles et de 81,8 % chez les ratons de tout âge. Eberhard et al (2003) avaient obtenu une sensibilité de 100 % pour 50 animaux adultes testés tandis que Sexsmith et al (2009) obtenaient 78,9 % pour 114 ratons testés. Nous avons également calculé la sensibilité de la coproscopie en comparant les résultats à l'ensemble des vers (matures et immatures). La valeur, pour les ratons adultes, est légèrement diminuée (de 69,2 % à 60,0 %), mais elle chute considérablement pour les ratons juvéniles (de 90,0 % à 51,4 %) et pour les ratons de tout âge (de 81,8 % à 53,9 %). Ces derniers résultats diffèrent de ceux de Sexsmith et al (2009) qui avaient obtenu une sensibilité de 78,9 % mais par comparaison des résultats de la coproscopie avec la présence

de vers matures alors que nous avons comparé la présence des œufs dans les matières fécales avec le nombre total de vers matures et immatures identifiés dans le contenu intestinal. Dans une étude américaine (Snyder et Fitzgerald, 1987) une sensibilité de 84,9 % avait été établie en tenant compte de l'observation des vers de tout stade, chez les rats de tout âge ($n = 100$), capturés en novembre et décembre, moment où la prévalence est habituellement plus élevée (Kidder et al, 1989) et 86 % portaient des vers quelque soit le stade de développement. Basé sur la période normale de la mise-bas, les rats juvéniles avaient environ sept à neuf mois et la grande majorité excrétaient des œufs, donc étaient infectés depuis assez longtemps pour avoir une infection patente (63 jours après l'infection). Leur sensibilité est alors augmentée de façon logique, chez ces rats qualifiés de juvéniles, puisque leur charge parasitaire et le nombre d'œufs excrétés sont plus élevés dans leur groupe d'âge. Eberhard et al (2003) ont obtenu une sensibilité beaucoup plus élevée que la nôtre, soit 100 %, mais il n'y avait que des rats adultes dans leur étude et on sait que ceux-ci sont plus susceptibles de porter des vers matures faciles à retrouver lors de l'examen du contenu intestinal et par conséquent plus susceptibles d'excréter des œufs, ce qui contribue à augmenter la sensibilité.

Bien que, l'obtention de nos données, impliquait un examen minutieux et laborieux des matières fécales pour trouver des vers immatures (parfois minuscules), elle fournit quand même une information intéressante. Une augmentation de la prévalence a été montrée durant l'automne (Kidder et al, 1989), en particulier pour les rats juvéniles, au fur et à mesure que les parasites atteignent leur maturité. Lorsque l'étude est réalisée tôt en saison, l'inclusion de la présence des vers immatures dans le calcul de la sensibilité permet de donner une image plus réaliste de ce que la prévalence pourrait être un peu plus tard en saison. L'imprécision de cette donnée pour tenter d'évaluer la prévalence future tient au fait que certains animaux pourraient décéder suite à la maladie ou à la chasse. De plus, l'infection patente peut ne pas se produire chez certains animaux suite au développement d'une immunité, à la présence de diarrhée qui empêcheraient les vers de se maintenir dans l'intestin, la présence de vers du même sexe ou pour d'autres raisons. Néanmoins, nous

avons préféré comparer avec des vers de tous les stades de développement, puisque même si les rats porteurs de vers immatures ne sont pas infectieux au moment du test, ils ont le potentiel de le devenir à court terme.

Bien entendu les rats porteurs de vers matures d'un seul sexe, n'excrètent pas d'œufs et ne contaminent pas l'environnement. Dans notre étude, près d'un rat infecté sur deux, tel que déterminé à la nécropsie, avait des résultats négatifs à la coproscopie. Parmi les 24 rats négatifs (pas d'œufs) à la coproscopie, 18 n'avaient que des vers immatures et cinq avaient des vers matures d'un seul sexe, ce qui explique facilement l'absence d'œuf lors de l'analyse des matières fécales. Le sixième rat négatif avait des vers matures des deux sexes, mais seul un gramme de matières fécales avait pu être récolté, ce qui peut avoir été insuffisant, ou il est également possible que les vers femelles en apparence mature de par leur grande taille, n'aient en fait, pas encore débuté la ponte.

Lorsque les calculs sont effectués avec l'ensemble des vers, nous obtenons une spécificité de 100 % chez les rats juvéniles, de 96,7 % chez les rats adultes et de 97 % chez les rats de tout âge. Tous nos rats juvéniles négatifs à la nécropsie étaient négatifs à la coproscopie. Nos résultats sont donc semblables à ceux des études américaines (Snyder et Fitzgerald, 1987; Eberhard et al, 2003) qui ont obtenu une spécificité respective de 100 et 92,9 % et de l'étude canadienne (Sexsmith et al, 2009) où la spécificité était également de 92,9 %. Par contre, seule l'étude de Snyder et Fitzgerald (1987) était basée sur l'observation des vers matures et immatures, d'où on peut conclure que la nécropsie peut être considérée comme étant un test fiable (norme étalon).

4.2.3 La technique de coproscopie utilisée : la double centrifugation

Cette technique est utilisée au laboratoire de parasitologie du Service de diagnostic de la faculté de médecine vétérinaire depuis plus d'une dizaine d'années. Elle a été retenue pour sa sensibilité en particulier en regard de la majorité des parasitoses courantes, basée sur l'expérience et les publications dans la littérature scientifique (Foreyt, 2001; Blagburn

et Butler, 2006; Bowman, 2009). Bowman (2009) décrit une technique de base avec une solution sucrée à une densité de 1,33 sur une cuillère à thé de matières fécales. Il considère que la centrifugation est supérieure à la sédimentation et prend moins de temps et de plus, selon lui, la sédimentation est moins sensible que la flottation avec une solution sucrée pour les œufs de nématode et moins sensible que la flottation avec sulfate de zinc pour les ookystes de *Giardia*. Selon Blagburn et Butler (2006), la technique est efficace si on l'effectue avec au moins 1 g de matières fécales bien formées ou 2 g si elles sont molles; et la plupart des laboratoires de parasitologie utilisent une solution sucrée saturée à 1,27 comme densité. Lorsque possible, toutes nos analyses coproscopiques ont été effectuées avec 2 g de matières fécales homogénéisées qui, pour la majorité, étaient mêlées avec de la solution SAF. Ceci peut avoir dilué notre échantillon, mais préservé en bon état les œufs et les ookystes et facilité leur identification.

La méthode par double centrifugation n'a pas été utilisée dans la plupart des études antérieures, alors leur prévalence peut avoir été sous évaluée. Ainsi, Sexsmith et al (2009) ont plutôt utilisé la flottation avec solution sucrée à une densité de 1,25 - 1,27 tout comme Page et Swihart (1998), alors que dans l'étude d'Evans (2002), les matières fécales ont aussi été analysées par la technique de flottation avec solution sucrée mais les œufs ont été comptés avec une lame McMaster modifié. Dubey (1982) a également utilisé une technique de flottation avec sucre, mais la densité de la solution était de 1,15. Pourtant, Kazacos (1983) a récupéré 20 à 40 fois plus d'œufs par la centrifugation comparativement à la flottation quelque soit le type de solution utilisé (sucre, sulfate de zinc ou nitrate de sodium). MacKay et al (1995) ont utilisé la technique Wisconsin sur cinq grammes de matières fécales, mais les résultats ne sont pas détaillés. Même si la densité de la solution sucrée est variable d'une étude à l'autre, les résultats sont comparables puisque tous les chercheurs ont utilisé une technique de flottation et de plus, seuls les œufs de *B. procyonis* étaient principalement recherchés.

4.2.4 Méthodes de conservation

Les matières fécales de latrines ont été préservées dans une solution SAF tandis que celles des rats ont été entreposées sans conservatif au réfrigérateur à 4 °C pour les rats de l'OCERM et au congélateur pour les rats du PSRRL. Même si les matières fécales ont été conservées différemment, je ne crois pas que la méthode de conservation des échantillons ait constitué un biais de mesure puisque lors des coproscopies, nous n'avons pas remarqué de déformation des œufs de l'espèce *B. procyonis*, ni pour la majorité des autres espèces parasitaires. De plus, le développement des larves de *B. procyonis* s'est poursuivi quelque soit la méthode de conservation et dans presque tous les cas, les œufs embryonnés étaient vivants (les larves bougeaient) lors de l'examen microscopique. Rien de surprenant puisque Lindquist (1978) a infecté expérimentalement avec succès des souris avec des œufs embryonnés qui avaient été conservés dans une solution de formol 0,5 % et réfrigérés pendant neuf ans à 4 °C.

Le mode de conservation et plus probablement le temps d'attente entre la défécation et la récolte de l'échantillon, pour les latrines en particulier, pourraient avoir affecté les œufs de type strongle (vers en crochets et *Strongyloides* sp), et cela pourrait expliquer la difficulté rencontrée lorsqu'on a essayé de les différencier (Bowman, 2009). Cet auteur recommande d'effectuer les analyses coproscopiques sur des matières fécales fraîches et non contaminées par du sol, puisque les œufs de Strongyloidae au stade unicellulaire se développent en morula et les larves ont souvent éclot.

4.2.5 Charge parasitaire

Dans notre étude, le nombre de vers trouvés lors des nécropsies des rats de tout âge variait de un à 139 par individu infecté et aucun des rats infectés ne semblait avoir de problème de santé en présence d'une grande quantité de parasites intestinaux. La moyenne du nombre de vers de tout stade (mature et immature) était de 20,5 quelque soit l'âge du raton, alors qu'elle était de 8,5 chez les adultes et 27,1 chez les juvéniles. Cette charge

parasitaire semble varier considérablement selon les études. Ching et al (2000) ont récolté de 1 à 226 vers par raton infecté avec une charge parasitaire moyenne de 27 chez les ratons de tous âges, tandis que dans l'étude de Snyder et Fitzgerald (1987), la charge parasitaire moyenne a été établie à 13,3 vers chez les ratons adultes et à 62,4 chez les juvéniles. Nos résultats inférieurs sont probablement reliés à la saison d'échantillonnage d'été où les animaux commencent à s'infecter et période durant laquelle la prévalence est habituellement plus basse qu'à l'automne (Kidder et al, 1989). Eberhard et al (2003) ont observé une moyenne de 6,3 vers adultes chez les ratons adultes (n = 50) piégés de novembre à janvier, ce qui était inférieur à la moyenne observée (8,5) au printemps chez nos ratons adultes mais nous y avons inclus les vers immatures. De plus un grand nombre de vers ont été trouvés dans certains cas, soit 1 321 chez un raton souffrant de distemper (Carlson et Nielsen, 1984) et une obstruction intestinale a probablement été causée par un grand nombre de vers (636 et 141) chez deux autres ratons (Stone, 1983).

Dans notre étude, le nombre de vers « femelles » trouvés lors des nécropsies des ratons infectés de tout âge (n = 35) variait de un à 97 pour une moyenne de 13 par animal infecté et de plus, la moyenne était de 4,8 vers « femelles » chez les ratons adultes (n = 15) et de 19,4 chez les ratons juvéniles (n = 20). Snyder et Fitzgerald (1987) ont également sexé les vers adultes et obtenu chez les ratons de tout âge (n = 100) une variation de un à 160 vers « femelles » pour une moyenne de 27,8 vers par animal infecté, dont 7,2 chez les ratons adultes (n = 28) et 33,3 chez les ratons juvéniles (n = 72). Nos résultats inférieurs à ceux de Snyder et Fitzgerald (1987) sont probablement reliés à notre période estivale d'échantillonnage alors que leurs ratons avaient été capturés à la fin de l'automne, période où on s'attend à trouver plus de parasites.

4.2.5.1 L'identification du ver adulte lors de la nécropsie

Tous les vers qui semblaient matures macroscopiquement ont été examinés avec la loupe binoculaire. Nous avons remarqué que certains vers préalablement considérés comme des mâles par leur taille et la présence d'une courbure au niveau de la queue étaient en

réalité des femelles qui n'avaient pas atteint leur taille maximale et la courbure observée correspondait plutôt à la tête de la femelle. Comme la plupart des auteurs (MacKay et al, 1995; Ching et al, 2000; Eberhard et al, 2003; Sexsmith et al, 2009; Yeitz et al, 2009) ont utilisé seulement l'observation phénotypique macroscopique des vers pour identifier le sexe et le stade de développement des vers matures et que seule l'observation des spicules copulatrices au binoculaire permet de confirmer le sexe du mâle (Averbeck et al, 1995), on peut supposer que la charge parasitaire des vers matures selon le sexe et l'estimé de prévalence obtenu dans ces études pourraient en réalité être différents.

4.2.5.2 La charge parasitaire selon le stade de développement du ver et certaines caractéristiques de l'hôte

Notre étude a montré que l'âge avait un effet significatif ($p < 0,0001$) sur le nombre de vers présents dans le petit intestin du raton laveur. En effet, le nombre de vers totaux (matures et immatures) augmentait par un facteur de 11,4 ($p < 0,0001$), le nombre de vers matures (mâles et femelles) par un facteur de 9,1 ($p = 0,001$) et le nombre de vers immatures par un facteur de 23,7 ($p < 0,0001$) chez les ratons juvéniles par rapport aux adultes. Aucune étude à ce jour n'a relaté ces différences selon le stade de développement des vers *B. procyonis*. Par contre, plusieurs chercheurs américains ont également observé un pourcentage significatif d'infection plus élevé chez les ratons juvéniles sans égard au stade de développement (Snyder et Fitzgerald, 1985; Kazacos et Boyce, 1989; Kidder et al, 1989). Au Canada, Ching et al (2000) ont estimé la prévalence des vers à 82 % chez les ratons juvéniles ($n = 11$) et à 49 % chez les adultes ($n = 71$), une différence statistiquement non significative. Dans l'étude manitobaine (Sexsmith et al, 2009), la prévalence était significativement 3,9 fois plus élevée ($p < 0,05$) chez les ratons adultes comparé aux juvéniles, ce qui est opposé à notre étude ainsi qu'aux résultats de plusieurs études américaines. Comme seuls les vers matures ont été recherchés dans le contenu intestinal, et puisque l'échantillonnage a eu lieu de mai à août 2007, moment où les juvéniles s'infectent et sont trop jeunes pour héberger des parasites matures, les ratons juvéniles étaient

possiblement infectés avec des larves en début de croissance souvent peu visibles à l'œil nu. Dans l'étude québécoise de MacKay et al (1995), la prévalence plus élevée chez les juvéniles (69 %) n'était pas statistiquement différente de celle des adultes (37 %), un résultat probablement attribuable à une faible taille d'échantillons ($n = 21$) et à la seule recherche des vers matures lors de l'examen du petit intestin.

Le sexe du raton n'avait pas d'effet statistiquement significatif sur la présence de vers et/ou d'œufs de *B. procyonis*, ni sur le nombre d'œufs observés à la coproscopie. Nos résultats sont similaires à ceux d'études canadiennes (Ching et al, 2000; Sexsmith et al, 2009), alors que dans certaines études américaines, la prévalence était plus élevée chez le mâle juvénile, mais seulement à l'automne (Kidder et al, 1989) et chez les mâles de tout âge (Cole et Shoop, 1987). Toutefois, dans cette dernière étude, il n'y avait qu'une seule femelle parmi les 21 ratons infectés. Dans une autre étude américaine (Snyder et Fitzgerald, 1985), la prévalence basée sur la présence de vers matures et immatures était significativement ($p < 0,05$) plus élevée chez les ratons mâles adultes lorsque comparé aux femelles adultes, en novembre et décembre.

Dans notre étude, le nombre de vers immatures était près de quatre fois moins élevé chez le mâle que chez la femelle. Jones et McGinnes (1983) ont estimé qu'un mâle était infecté pour deux femelles. Le raton mâle adulte est plus solitaire que la femelle et n'a pas beaucoup de contact avec les membres de son espèce (Rosatte, 2007), ce qui pourrait expliquer une prévalence inférieure à celle qu'on observe chez la femelle qui passe près d'un an avec sa nichée (Prescott et Richard, 2004), ce qui peut favoriser la contamination intrafamiliale. Dans la plupart des études, qui ont comparé la prévalence de l'infection selon le sexe, ce sont les vers matures ou les œufs qui étaient comparés et non les vers immatures comme nous l'avons fait. Comme nous n'avons pas observé de variation significative avec les vers matures, il est possible que les vers immatures ne deviennent pas tous fertiles. Cependant ce fait n'a pu être vérifié, puisque les ratons n'ont pas été suivis dans le temps.

Le nombre de vers de tout stade ne variait pas significativement avec le milieu d'origine du raton tandis que le nombre de vers immatures était près de sept fois moins élevé en milieu rural comparé au milieu urbain et cette variation était significative ($p = 0,03$). En milieu urbain, la densité est souvent augmentée (Jolicoeur et al, 2009) et il s'ensuit une augmentation du nombre de contacts entre les hôtes qui, par conséquent, favorise la transmission parasitaire (Gompper et Wright, 2005).

Le nombre de vers immatures était près de 10 fois moins élevé chez les femelles allaitantes. Même si ce résultat n'était pas statistiquement significatif, il était plutôt étonnant, puisqu'on se serait attendu du contraire. En effet, la transmission trans-placentaire des Ascaridés, dont *Toxocara canis* (Richardson et Krause, 2003), favorise l'infection précoce des foetus et la réinfection de la mère lorsqu'elle ingère les matières fécales du chiot au nid. Chez le raton, on croit que la réduction de poids consécutive à l'hivernation aurait un impact négatif sur la survie des vers (Kazacos, 2001) mais, chez la plupart des espèces, la gestation et l'allaitement entraînent une baisse de l'immunité favorisant le réveil des larves enkystées. La transmission de *B. procyonis* par voie placentaire ou par lactation n'a pu être prouvée à ce jour chez le raton laveur (Kazacos, 1986) et on pense que le jeune raton s'infecte plutôt suite à l'ingestion d'œufs présents dans la fourrure de la mère (Kazacos, 2001; Murray, 2002) ou dans leur environnement immédiat plutôt que par voie trans-placentaire ou par lactation, et la migration des larves se limiterait à la paroi intestinale (Kazacos, 1986) du raton. À ce jour, aucune étude n'a comparé le nombre de vers immatures chez les femelles adultes en fonction de la lactation.

4.2.6 La ponte parasitaire

Lors de la coproscopie des ratons de l'OCERM, le nombre d'œufs observés de l'espèce *B. procyonis* variait de un à 3 996 pour deux grammes de matières fécales alors que pour ceux provenant du PSRRL, le nombre variait de cinq à environ un million pour la même quantité de matières fécales. On peut donc voir que la ponte est très variable d'un raton à l'autre. Il a été estimé qu'un ver femelle mature peut pondre entre 115 000 et

179 000 œufs par jour (Kazacos, 2001; Gavin et al, 2005) et qu'un raton peut excréter jusqu'à 250 000 œufs par gramme de matières fécales par jour (Gavin et al, 2005) conduisant à une contamination marquée du milieu environnant. Dans notre étude, vu le nombre moyen de vers « femelles » trouvés dans chaque groupe d'âge, soit 4,8 chez les ratons adultes et 19,4 chez les juvéniles, on se serait attendu à ce que la moyenne d'œufs pondus soit de 552 000 à 859 200 chez les ratons adultes et de 2 231 000 à 3 472 000 chez les ratons juvéniles si on se base sur l'estimé de ponte des études américaines précitées. Par contre, nous avons observé que la ponte parasitaire moyenne par deux grammes était plutôt de 196,3 chez les ratons adultes et de 998,8 chez les juvéniles, nous obtenons donc une excrétion moyenne journalière d'environ 19 630 œufs chez les ratons adultes et de 99 880 œufs chez les ratons juvéniles, considérant qu'un raton défèque deux fois par jour, que chaque excrément pèse environ 100 g (Kazacos, 1982; Snyder et Fitzgerald, 1987) et supposant que la ponte est constante. Ces chiffres sont inférieurs à la moyenne établie par Kazacos en 2001, mais suffisants pour rendre une latrine fortement contaminée. Dans l'étude de Snyder et Fitzgerald (1987), la ponte parasitaire moyenne par gramme de matières fécales était de 6 454 œufs chez les ratons adultes et de 29 719 œufs chez les ratons juvéniles, pour un total approximatif par jour de 1 200 000 œufs chez les adultes et 5 943 000 œufs chez les juvéniles. Nos résultats étaient très inférieurs à ces estimés et s'expliquent du fait que nous avons obtenu une charge parasitaire inférieure et que nos analyses ont été effectuées sur des ratons piégés au printemps alors que Snyder et Fitzgerald (1987) l'ont fait en automne où la prévalence est plus élevée (Kidder et al, 1989).

L'âge avait un effet significatif ($p < 0,0001$) sur le nombre d'œufs observés à la coproscopie des ratons de l'OCERM. En effet, on retrouvait près de 24,7 fois plus d'œufs chez les juvéniles comparé aux adultes. Rien de surprenant puisque les risques d'infection diminuaient par un facteur de 0,066 (près de 15 fois moins) chez les adultes. Ce résultat est compatible avec le fait que les ratons juvéniles sont souvent porteurs d'une charge parasitaire plus grande (Snyder & Fitzgerald, 1985; Snyder & Fitzgerald, 1987)

probablement par manque d'immunité (Kazacos, 2001). D'ailleurs dans cette dernière étude, les rats juvéniles excrétaient un nombre moyen d'œufs supérieur (29 719) à celui des adultes (6 454), une différence statistiquement significative ($p < 0,005$).

Chez les rats du PSRRL, seule la variable saison était associée à un effet significatif ($p < 0,01$) sur la probabilité qu'un rat soit infecté par le *B. procyonis*. Le odds d'excréter des œufs l'automne était 11,1 par rapport au odds d'en excréter au printemps et 21,1 par rapport à celui de l'été. Ce résultat est semblable à celui de l'étude réalisée à New York par Kidder et al (1989) qui avaient obtenu une prévalence significativement plus élevée (35 - 40 %) à l'automne, soit durant les mois de septembre, octobre et novembre. La variation saisonnière du nombre de rats excréteurs est probablement liée au nombre de rats qui se sont infectés durant l'été, ainsi qu'à la période de pré-patence du parasite, qui varie selon le mode d'infection du rat, soit d'environ 35 jours chez l'adulte et de 63 chez le juvénile. Les rats juvéniles devraient contribuer à l'effet saison l'automne, s'ils ont commencé à excréter des œufs. Dans notre étude l'effet n'était pas significatif probablement parce que la taille d'échantillons était réduite. En effet, nous n'avions que 9 rats juvéniles qui excrétaient des œufs à l'automne ($n = 27$). Aussi, dans l'étude de Gompper et Wright (2005), la prévalence des œufs de *B. procyonis* était plus élevée (76,9 %, $n = 13$) chez les rats sub-adultes mais ceux-ci incluaient les individus ≤ 21 mois.

Tout comme pour la charge parasitaire, aucun chercheur n'a rapporté l'effet de la lactation sur la ponte parasitaire. Dans notre étude, le nombre d'œufs excrétés chez les femelles allaitantes diminuait par un facteur de 0,02 (soit 50 fois moins) par rapport aux femelles non-allaitantes. Comme il a été discuté dans la section précédente, cette différence statistiquement non significative est assez surprenante. On se serait attendu au fait que les femelles allaitantes excrètent plus d'œufs que celles qui n'allaitent pas, comme pour l'espèce *Toxocara canis* (Richardson et Krause, 2003) surtout suite à l'ingestion des matières fécales des bébés rats au nid. Il est possible que la femelle allaitante, demeurant dans le nid avec la nichée, se contamine moins. Au printemps, si les femelles allaitantes ont

une charge parasitaire inférieure et excrètent moins d'œufs, on peut penser que les bébés rats s'infecteront probablement plus tard, lorsqu'ils commenceront à utiliser les latrines, puisque la transmission trans-placentaire n'a pas été mise en évidence encore (Kazacos, 2001) chez le raton laveur.

4.2.7 Relation entre œufs et vers

À ce jour, peu de chercheurs ont évalué la relation entre le nombre d'œufs en fonction du nombre de vers, probablement parce que plusieurs facteurs influencent le nombre d'œufs présents dans les matières fécales dont la quantité de nourriture ingérée par le raton et la vitesse de transit intestinal. Dans notre étude, le nombre d'œufs augmentait significativement ($p < 0,0001$) par un facteur de 57 % par ver femelle présent. La ponte parasitaire aurait pu varier de façon inverse avec le nombre de vers, comme déjà rapporté dans d'autres études (Fisher et al, 1994).

4.3 L'espèce *Baylisascaris procyonis* (dans les latrines)

Une récente étude de Smyser et al (2010) rapporte que de prélever un échantillon de matières fécales dans une latrine donnait un bon estimé de la contamination de la latrine dans son ensemble. Dans cette étude, il y avait une moyenne de 1,7 excréments par latrine et pas d'indication de corrélation de la contamination entre les différents excréments d'une même latrine, même dans deux latrines composées d'au moins 15 excréments chacune. Dans notre étude, toutes les latrines échantillonnées ont été représentées par un échantillon collectif suite à la collection d'environ cinq grammes par excrément bien formé donc qui semblait assez récent, puis l'ensemble fut homogénéisé avant d'être analysé au laboratoire. Pour chaque latrine, nous n'avons pas noté le nombre d'excréments qui a contribué à la formation de l'échantillon collectif. Ceci pourrait avoir sous-évalué ou, au contraire, surévalué la proportion de latrines contaminées par des œufs de *B. procyonis*. Bien entendu, la probabilité d'observer des œufs dans une latrine augmente avec le nombre de rats qui fréquentent la latrine (Smyser et al, 2010). Aussi, la prévalence de contamination des latrines

par *B. procyonis* est un bon indicateur de la prévalence de ce parasite dans une population de rats laveurs (Jacobson et al, 1982), ce que nous n'avons pu comparer avec notre étude puisque les latrines échantillonnées ne provenaient pas du territoire où nous avons échantillonné les rats.

4.3.1 Latrines 2007

Dans les sept parcs nationaux échantillonnés de juin à octobre 2007, nous avons observé des œufs de *B. procyonis* dans 15,8 % des latrines (n = 165). Page et Swihart (1998) ont obtenu une prévalence semblable, soit 14 %, lorsqu'ils ont analysé les matières fécales provenant des latrines (n = 137) situées en milieu forestier dans l'Indiana. De plus, leur récolte d'échantillons a eu lieu en avril et mai, moment où la prévalence est normalement plus basse et où les bébés rats sont encore au nid et ne fréquentent pas les latrines. En réalité, la prévalence observée par Page et Swihart (1998) aurait possiblement été plus élevée si seules les matières fécales de latrines actives avaient été analysées, car on sait qu'avec le temps des œufs disparaissent au fur et à mesure que les matières fécales se décomposent, sèchent et se mêlent à la terre sous-jacente (Jacobson et al, 1982) surtout que 68 % des latrines pré-identifiées étaient devenues inactives lors de leur récolte d'échantillons.

La prévalence que nous avons observée (15,8 %) est différente de celle de certaines autres études. Page et al (2009) ont trouvé des œufs dans près de 23 % des latrines (n = 61) situées dans les cours arrières de propriétés sub-urbaines (n = 119). Même si leurs résultats n'étaient pas statistiquement significatifs, ils ont pu démontrer une plus forte concentration de latrines liées à la présence d'une source de nourriture comme les poubelles, les mangeoires d'oiseaux, la nourriture des animaux domestiques, tandis que la présence d'un animal de compagnie à l'extérieur ne favorisait pas les rats à y installer une latrine. L'odeur du chien et ses activités peuvent éloigner le raton et il est reconnu que suspendre des poils de chien ou de chat dans un bas de nylon éloigne les rats d'endroits clos comme les cabanons et les greniers (Villeneuve, 2003). Par contre, la probabilité d'avoir une latrine

dans la cour arrière de la résidence diminuait significativement ($p = 0,03$) lorsqu'augmentait la distance avec une forêt. Toutes les latrines que nous avons échantillonnées étaient situées dans des parcs nationaux où les animaux domestiques ne sont pas autorisés à entrer et où, les visiteurs sont invités à ne pas nourrir les animaux sauvages. Par contre, dans la plupart des trois sites, des mangeoires d'oiseaux sont couramment installées afin d'en faciliter l'observation par les randonneurs. La présence de nourriture a possiblement attiré les ratons et favorisé l'installation de latrines, mais nous n'avons pas vérifié si les latrines étaient associées à la présence de poste d'alimentation pour les oiseaux.

En Californie, Evans (2002) rapporte une contamination de la totalité des latrines échantillonnées ($n = 800$) en milieu rural, résidentiel et industriel de janvier à décembre 2000. Comme le raton n'entre pas en hibernation dans cet état américain, la fréquentation des latrines y est probablement continue, ce qui peut avoir facilité la chance de transmission du parasite. De même, la densité des ratons y est probablement supérieure à celle rencontrée au Québec. Dans leur étude, la variation saisonnière s'est manifestée par une différence significative ($p = 0,05$) du nombre moyen d'œufs observés dans les excréments analysés, celui-ci augmentait à l'automne (37 730) et diminuait (26 204) ensuite à l'hiver. Notre échantillonnage a été de courte durée et ne couvrait pas la saison automnale en entier. En effet, la chute des feuilles dissimulait les déjections au sol et nous avons dû interrompre la récolte des échantillons en octobre. Cependant dans notre étude, la proportion de latrines avec des œufs de *B. procyonis* était plus élevée à l'automne, mais cette variation s'est avérée statistiquement non significative probablement à cause de la taille réduite d'échantillons pendant le premier mois de la période étudiée, soit en juin, avec une récolte de seulement quatre échantillons.

Roussere et al (2003) ont estimé la prévalence de *B. procyonis* à 44, 50, et 53 % dans des latrines provenant de trois villes situées sur la côte californienne. Deux lames par échantillon ont été examinées et les échantillons négatifs ont été testés une deuxième fois, ce qui a certainement contribué à obtenir des valeurs de prévalence aussi élevées. Dans

notre étude, une seule lame par échantillon a été examinée et les négatifs n'ont pas été revérifiés. De plus, nous avons plusieurs échantillons de matières fécales qui contenaient une grande quantité de petits fruits et de graines (maïs surtout) non digérés, ce qui a pu diluer également notre échantillon. Cependant, tel que démontré par Kazacos (1983), la technique de centrifugation que nous avons utilisé pour la coproscopie montre une plus grande sensibilité que la technique par flottation (Blagburn et Butler, 2006) utilisée dans la plupart des études. Dans les études pré-citées, tout comme dans la nôtre, l'échantillon analysé provenait d'une latrine où seul un petit fragment de chacun des excréments frais se trouvant dans la latrine avait été prélevé et tous les spécimens ont été analysés avec solution sucrée dont la densité variait de 1,2 à 1,28.

Dans notre étude, six des sept parcs échantillonnés avaient au moins une latrine où nous avons trouvé des œufs *B. procyonis*. Des 165 échantillons récoltés, 67,3 % provenaient des latrines échantillonnées dans les trois parcs situés en Montérégie et, des 26 latrines contaminées, 77 % étaient situées dans ces trois parcs. Le fort taux de contamination des latrines contaminées situées en Montérégie pourrait refléter une fluctuation de la prévalence d'infection par *B. procyonis* dans la population locale de rats laveurs (Jacobson et al, 1982) ou être conséquent à une variation de la densité des rats sur ce territoire (Jolicoeur et al, 2009), puisqu'on sait que les latrines jouent un rôle central dans la transmission du parasite (Murray, 2002). Nous n'avons pas évalué la proportion de rats infectés dans les parcs nationaux et ne sommes donc pas en mesure de confirmer l'hypothèse de Jacobson et al (1982).

Les analyses statistiques n'ont montré aucune différence statistiquement significative entre les sites et les saisons des six parcs nationaux échantillonnés du sud du Québec. Comme tous les parcs sont situés dans la partie sud de l'aire de distribution du raton laveur, la température moyenne était semblable d'un parc à l'autre. Les latrines étaient donc probablement soumises à des conditions de température semblables. Tous ces parcs étaient également couverts en majeure partie d'arbres matures, abris préférés des rats (Page et Swihart, 1998). Nous ne disposons pas de relevé de densité de rats dans

chacun des parcs, mais il n'y a pas lieu de croire à une variation importante des populations d'un parc à un autre. Malgré l'absence de différence statistiquement significative entre les saisons, il n'en demeure pas moins qu'on a observé presque 2,2 fois plus de chances d'avoir une latrine contaminée à l'automne comparativement à l'été. Cette différence numérique peut s'expliquer biologiquement par le fait que les rats juvéniles qui se sont infectés durant l'été sont devenus excréteurs à l'automne. Nous avons observé une prévalence plus élevée l'automne (22,4 %, n = 67) comparé à l'été (11,2 %, n = 98) mais avec une taille d'échantillons différente. De plus, la récolte s'est terminée tôt en octobre, alors que la saison automnale venait tout juste de débiter et que les rats étaient toujours actifs.

4.3.2 Latrines 2008

La proportion d'excréments avec des œufs de *B. procyonis* dans les latrines des trois parcs nationaux échantillonnés en Montérégie en 2008 a été de 36,5 % (n = 244). Au Manitoba, Sexsmith et al (2009) rapportent le même pourcentage d'échantillons contaminés (37 %, n = 89). Cependant la prévalence des œufs aurait dû être supérieure puisque leur étude a eu lieu en milieu urbain où la densité de rats est souvent plus élevée (Murray, 2002), ce qui augmente les chances de transmission du parasite. De plus, ils ont échantillonné 36 latrines à deux reprises, mais leur étude s'est effectuée de mai à août 2007, période de faible prévalence. Dans notre étude, réalisée principalement en milieu forestier, les latrines ont été échantillonnées de 3 à 19 occasions. Le fait d'avoir testé à plusieurs reprises la même latrine a sûrement augmenté les chances d'y trouver des œufs de *B. procyonis* et de plus, notre échantillonnage s'est terminé deux mois plus tard en automne, période où la prévalence est généralement plus élevée (Kidder et al, 1989). Selon les données d'Environnement Canada, en 2007, les températures moyennes étaient semblables dans les régions où ont eu lieu ces deux études.

On a trouvé des œufs de *B. procyonis* à au moins une occasion dans près de 90 % des 29 latrines échantillonnées dans les trois parcs nationaux de la Montérégie. Ce

pourcentage dépasse largement celui de 50 % obtenu par Sexsmith et al (2009) en milieu urbain (n = 52), malgré le fait que 36 latrines avaient été échantillonnées à deux reprises et que trois échantillons étaient prélevés dans chaque latrine. Dans PNIB, toutes les latrines ciblées (n = 7) étaient contaminées. Ce milieu représente probablement un milieu un peu particulier du fait qu'il est entouré d'eau et que les rats doivent traverser sur une passerelle pour voyager d'une île à l'autre et fort probablement que les mêmes individus reviennent régulièrement sur les mêmes sites. De plus, 60 % de la région du PNIB est dédié à la culture intensive (fr.wikipedia.org/wiki/Parc_national_des_Iles-de-Boucherville, consulté le 14 mars 2011) et on y trouve plusieurs champs de maïs, nourriture très prisée des rats à la fin de l'été. Cette situation a possiblement favorisé les contacts interspécifiques (Roussere et al, 2003) et la transmission du parasite, créant une sous-population plus parasitée (Gompper et Wright, 2005). De plus, la biologiste responsable de l'échantillonnage éliminait tous les excréments de la latrine à chaque récolte, ce qui n'avait pas été fait dans les deux autres parcs, mais cette initiative avait été prise parce que trois des latrines ciblées étaient considérées comme très à risque vu leur localisation. En effet, la première latrine était située sur la terrasse du casse-croûte à côté des tables où mangent les randonneurs, la deuxième presque toujours sur la même marche de la tour d'observation et la troisième au pied d'un gros arbre qui jetait de l'ombre pour des tables à pique-nique.

Au cours de notre échantillonnage, certaines latrines ont été détruites suite à la chute d'arbres lors d'orages alors que d'autres ont été abandonnées après des pluies abondantes, mais des nouvelles sont apparues à proximité des anciennes. De plus, il est possible que les matières fécales analysées à répétition puissent provenir des mêmes individus puisque nous avons échantillonné les latrines de 3 à 19 occasions et que certaines latrines étaient dans des zones rapprochées les unes des autres. Néanmoins, on aurait probablement obtenu un estimé inférieur de la prévalence si on avait échantillonné les latrines seulement deux ou trois fois. La récolte d'un seul échantillon représente l'état de la latrine au moment de la récolte et il est fort probable que le fait de l'échantillonner à plusieurs reprises augmente les chances d'observer des œufs. Le but de l'échantillonnage multiple était de voir si la latrine

pouvait devenir une source potentielle de transmission aux humains à un moment donné et si ce potentiel était plus évident lorsqu'on avançait dans le temps à l'automne. Dans certaines latrines, on a observé des œufs à l'été et ils étaient absents à l'automne alors que dans d'autres latrines, c'est le contraire qui s'est produit. Comme seuls les excréments frais étaient prélevés, il est possible que ce ne soit pas toujours les mêmes rats qui déféquaient dans la latrine, ce qui expliquerait la variation des résultats d'une fois à l'autre.

Les trois parcs nationaux sont situés à faible distance l'un de l'autre en Montérégie et bien que, la température semblait uniforme d'un parc à l'autre (Wikipédia), la contamination des latrines a varié selon le site. En effet, le odds de trouver une latrine contaminée dans le PNY était de 1,57 en comparant avec le odds de trouver une latrine contaminée dans le PNIB.

La prévalence la plus basse (80 %; n = 10) de latrines contaminées a été observée dans le PNMSB, situé en terrain montagneux ([fr.wikipedia.org/wiki/Parc national du Mont-Saint-Bruno](http://fr.wikipedia.org/wiki/Parc_national_du_Mont-Saint-Bruno), consulté le 14 mars 2011), alors que le PNIB avait la prévalence la plus élevée (100 %; n = 7). De plus, la présence de plusieurs terrains résidentiels à l'intérieur du PNMSB aurait pu favoriser une plus forte population de rats et on se serait attendu à une plus forte contamination des latrines. Le terrain plus accidenté pourrait avoir une influence sur la densité de rats ou cela pourrait être en relation avec l'absence de culture céréalière, comme retrouvée dans le PNIB. Dans le PNY, où on observe un mélange d'unités forestières ([fr.wikipedia.org/wiki/Parc national de la Yamaska](http://fr.wikipedia.org/wiki/Parc_national_de_la_Yamaska), consulté le 14 mars 2011) avec des champs de friches et de plantations (Alain Mochon, communication personnelle) qui pourrait favoriser les rassemblements de rats lors des récoltes, 91,7 % des latrines (n = 12) étaient contaminées. Lors d'une participation à une journée d'échantillonnage, les latrines identifiées en forêt se sont révélées être assez près les unes des autres, facteur pouvant favoriser le contact entre rats, et de plus les rats préfèrent choisir des sites à la base des gros arbres ou sur les troncs d'arbres tombés (Page et Swihart, 2009), ce qui rend plus facile la localisation des latrines.

4.4 Limites de l'étude

Tel que déjà discuté, certains biais ont été identifiés lors de l'exécution du projet et il m'apparaît important de les mentionner car ils pourraient avoir engendré des erreurs dans les résultats de notre étude.

Ratons

Lors de l'échantillonnage des ratons laveurs, des biais de sélection ont été détectés. Les 2 territoires étudiés étaient légèrement différents, puisque celui du PSRRL était plus grand et que quelques ratons provenant de l'extérieur de la zone identifiée ont été inclus dans l'étude. De plus, dans l'étude du PSRRL, les ratons étudiés avaient été récoltés principalement durant trois saisons (9 mois) alors que dans l'étude de l'OCERM, ils ont été récoltés pendant les trois mois d'été seulement, ceci peut avoir influencé la prévalence, puisque les études américaines rapportent une prévalence plus élevée chez les jeunes et à l'automne. L'abondance de nourriture peut avoir augmenté la densité des ratons puisqu'ils ont tendance à se rassembler autour d'une source de nourriture et de plus, en août on a capturé beaucoup de juvéniles probablement parce qu'ils suivaient leur mère. La capture effectuée en août a été réalisée dans un milieu urbain et sub-urbain seulement et août correspond à la période où les juvéniles sont sevrés et sortent du nid, donc il était normal d'en capturer un plus grand nombre alors qu'en juin, les bébés étaient encore au nid et ils n'ont pas été capturés. Mais comme les prévalences obtenues en juin et juillet comparé au mois d'août ne variaient pas significativement, ce biais n'était probablement pas important.

Des biais de classification se sont probablement produits lors de l'attribution de l'âge aux ratons. En effet, l'OCERM a eu lieu durant la saison estivale (juin-juillet-août), ce qui facilitait la différenciation des juvéniles et des adultes puisqu'on pouvait se fier sur la présence de dents de lait, alors que dans l'étude du PSRRL, les ratons ont été récoltés durant toute l'année et lorsqu'il n'y avait pas de dent de lait, le poids était considéré comme indicateur de l'âge. Dans l'étude du PSRRL, un animal de moins de 5 kg était classé comme juvénile alors que selon le Centre d'expertise en analyse environnementale du

Québec (2006), un raton adulte pèse entre 3 et 9 kg. Donc, ça aurait pu être un adulte de petit poids, tout comme un raton de plus de 5 kg classé comme adulte, par le PSRRL, aurait pu en réalité être un juvénile corpulent. Ces erreurs de classification peuvent avoir créé des erreurs d'associations lors de l'application des modèles de régression logistique par surévaluation ou sous-évaluation des classes d'âge. En effet, nos résultats auraient probablement pu être statistiquement significatifs si on avait eu plus de rats juvéniles et moins d'adultes.

Des biais de mesure peuvent avoir été occasionnés lors de la lecture des lames à la coproscopie. En effet, les cas sans œufs de *B. procyonis* n'ont pas été retestés et les lames qui ne contenaient qu'un seul œuf n'ont pas été validées par une seconde analyse. De plus, en août certains échantillons contenaient beaucoup de grains non digérés et rendaient la pesée de l'échantillon moins précise et peut avoir dilué l'échantillon et diminué la sensibilité du test.

L'absence de 60 données en coproscopie pour les rats de l'OCERM en juillet, a réduit la puissance de notre étude suite à une diminution de la taille de l'échantillon. Pour les nécropsies, nous avons un « n » inférieur (209) à celui estimé (357), il n'en demeure pas moins que notre taille d'échantillons était supérieure ou semblable à celle de la plupart des principales études énumérées au tableau I qui variaient de 21 à 114 au Canada et de 50 à 310 aux États-Unis. Dans une seule étude le « n » était de 1 425, mais les animaux avaient été récoltés durant 6 ans, ce qui représenterait une taille moyenne annuelle de 238 (Kazacos, 2001).

Latrines

Des biais de sélection se sont produits lors de la collecte d'échantillons de matières fécales dans les latrines puisque dans certains cas, il y avait un excrément entier dans le contenant alors que pour la plupart, les échantillons étaient constitués par plusieurs petits morceaux d'excréments frais. Dans un parc, quelques latrines semblent avoir été échantillonnées à deux reprises en 2007.

En 2007, nous avons reçu plus d'échantillons de certains parcs laissant entrevoir que les latrines étaient faciles à trouver, mais peut-être que c'était plus l'intérêt et la disponibilité des biologistes qui avait favorisé la collecte. Malgré des instructions détaillées, la collecte d'échantillons a été réalisée par plus de sept personnes différentes et pourrait avoir créé certains biais d'échantillonnage. De plus, en 2008, la récolte n'a pas été effectuée avec la même rigueur puisque parfois c'était chaque semaine, parfois l'intervalle était augmenté à deux semaines, parfois la récolte s'était terminée au tout début car la latrine était devenue inactive; de telle sorte que le nombre d'échantillons récolté par latrine était différent, puis la probabilité d'avoir des œufs était nécessairement influencée par l'augmentation de la fréquence de l'échantillonnage d'une latrine. De plus, dans le PNIB, la biologiste avait pris l'initiative de nettoyer les latrines après la collecte de l'échantillon alors que cette précaution n'avait pas été effectuée par les biologistes dans les deux autres parcs (PNY et PNMSB) de la Montérégie, puisque cette procédure n'avait pas été prévue dans le protocole. Il est donc fort possible qu'il y ait eu échantillonnage des mêmes excréments dans ces deux parcs. Aussi, dans certaines latrines, il y avait plus d'excréments que dans d'autres, laissant supposer qu'un plus grand nombre de rats y avaient déféqué et cela peut avoir favorisé les chances de trouver des œufs. Tout comme, il est possible que les latrines rapprochées l'une de l'autre puissent avoir été fréquentées par les mêmes rats laveurs. Par contre, comme certains rats peuvent ne pas excréter d'œufs, la grandeur du biais est probablement négligeable (Snyder et Fitzgerald, 1987). De plus, dans le PNY, les latrines échantillonnées, année après année, depuis presque dix ans étaient connues du biologiste qui a fait les récoltes, car le parc avait été échantillonné fréquemment dans le passé (Service de diagnostic, laboratoire de parasitologie, 1993 à 2006, données non-publiées) ou il est possible que le biologiste avait acquis l'expérience pour les trouver facilement.

Un biais de mesure, avec dilution de l'échantillon, peut s'être produit lors de l'analyse de latrines, puisque plus on approchait de la fin de l'été, plus il y avait des petits fruits et des graines non digérés dans les excréments. Même si on enlevait une partie de

ceux-ci, on n'obtenait pas nécessairement deux grammes de matières et de plus, sachant que les œufs de *B. procyonis* sont collants et adhèrent facilement à toute surface (Gavin et al, 2005) on a peut-être sous-évalué le nombre d'œufs observés.

Puisque nous n'avons échantillonné que quatre latrines en juin 2007, la taille réduite du « n » a entraîné un résultat statistiquement non significatif par manque de puissance. De plus, une taille d'échantillons inférieure à l'automne, par rapport à l'été, a possiblement aussi réduit la puissance de notre échantillonnage puisqu'il aurait justement fallu avoir une taille plus grande puisque la prévalence devrait être plus élevée à l'automne (Kidder et al, 1989).

Analyses

Un biais de mesure dans la prévalence de certaines espèces parasites peut s'être produit lors des analyses coproscopiques. En effet, les œufs de trématodes et de certains cestodes (*Spirometra*) se ressemblent et les ookystes des protozoaires peuvent être déformés par la solution sucrée. Mais ce biais a peu probablement d'importance puisque le but principal visé par notre étude était l'espèce *B. procyonis*.

4.5 Santé publique

Nous avons observé des œufs de *B. procyonis* dans les matières fécales de certains rats piégés dans le sud du Québec ainsi que dans les latrines de six parcs nationaux situés dans le sud du Québec. La variabilité du nombre d'œufs observés ainsi que de la charge parasite a montré que cette espèce parasite peut contaminer le milieu environnant avec des intensités parfois élevées et représenter un risque pour les êtres humains, les animaux domestiques et la faune sauvage.

La coproscopie, analyse utilisée pour vérifier la présence des œufs de *B. procyonis* représente une bonne technique puisque la sensibilité est élevée pour trouver les vers matures des deux sexes. Mais vu le cycle biologique du parasite, la valeur des résultats

obtenus lors de la coproscopie est différente selon la saison et l'âge du raton. En effet, lorsqu'on analyse les matières fécales du raton juvénile, un résultat négatif nous indique que l'individu n'est pas infectieux au moment de l'analyse sans nous renseigner sur la présence de parasites infertiles ou d'autres stades de développement. Comme le raton d'âge juvénile est souvent porteur de vers immatures, un suivi dans le temps est important et nécessaire afin de s'assurer de l'absence d'infection. La coproscopie est donc un test ponctuel et n'est pas garant du lendemain puisqu'il est possible qu'au moment du test les vers matures femelles n'aient pas commencé à pondre. Les ratons testés à l'automne ont donc plus de chance d'être une source d'infection puisque la plupart des vers de *B. procyonis* sont devenus matures sexuellement et le raton peut alors excréter des œufs en plus grand nombre vu la grande prolificité du ver femelle et la charge parasitaire élevée chez les jeunes ratons.

En conséquence, il y a également plus de chance de trouver une latrine contaminée à l'automne qu'au printemps, période pendant laquelle les ratons juvéniles viennent de s'infecter, mais ne sont pas encore excréteurs. Les latrines contaminées représentent donc une source d'infection pour les randonneurs, tout comme pour les gens qui désirent vider une latrine. Le risque de s'infecter est donc plus élevé à l'automne, tant à partir des ratons directement ou par l'intermédiaire des latrines. De plus, lorsque les latrines ne sont plus utilisées par les ratons laveurs, des œufs peuvent être trouvés dans le sol sous-jacent (Page et Swihart, 1998), puisque les matières fécales se mêlent à la terre (Jacobson et al, 1982) sous l'effet de la pluie et du temps. D'où l'importance de considérer toutes les latrines, autant les anciennes que les nouvelles, comme possiblement contaminées. De plus, comme les œufs de *B. procyonis* deviennent infectieux après un séjour de deux à quatre semaines dans l'environnement, la manipulation des excréments de ratons provenant des latrines représente un plus grand risque de contamination que celle des matières fécales fraîches provenant directement du raton sauf pour les ookystes de *Cryptosporidium* et de *Giardia* qui sont immédiatement infectieux.

Dans certains endroits et plus particulièrement lors de randonnée en forêt ou lors de pique-nique, les jeunes enfants sont plus à risque d'avaler des œufs, surtout par leurs mains mal ou pas lavées, ou s'ils ramassent de la nourriture tombée sur le sol. Un nouveau groupe à risque de s'infecter a récemment été mis en évidence, du fait qu'un jeune de 17 ans, sous l'influence de la drogue, s'est probablement infecté par géophagie en faisant du camping (Chun et al, 2009). Même si exceptionnel, ceci implique que même un adulte peut s'infecter s'il ingère du matériel contaminé par des œufs de *B. procyonis*. De plus toutes les personnes (vétérinaire, employé de zoo, trappeur, chasseur, taxidermiste, garde-chasse, exterminateurs, gens qui adoptent des ratons orphelins) ayant des contacts directs ou indirects avec les ratons laveurs sont susceptibles de s'infecter. Même si seul l'œuf enlarvé ou embryonné est infectieux, les techniciens de laboratoire et/ou parasitologistes qui analysent les matières fécales de ratons laveurs doivent, sans exception, porter des gants et prêter une grande attention lors des manipulations afin d'éviter toute contamination, puisque les œufs infectieux demeurent vivants longtemps, même si réfrigérés ou mis dans un liquide formolé.

La prévalence observée ne peut être généralisée à toute la population de ratons laveurs québécoise puisque la densité et les rassemblements de ratons dans un territoire restreint peuvent influencer la propagation de l'infection (Gompper et Wright, 2005). Comme le raton est moins présent dans le nord de la province, on s'attendrait à une prévalence non nulle, mais inférieure à celle dans le sud du Québec. De nouvelles études seront nécessaires afin de vérifier la présence du parasite *B. procyonis* chez le raton des régions nordiques.

Conclusion

Cette étude a permis d'obtenir des données actuelles quant au statut parasitaire du raton laveur québécois, principalement en Montérégie, et elle nous a également permis de constater la présence de plusieurs latrines infectieuses dans les parcs nationaux du sud de la province du Québec, spécialement dans les zones fréquentées par les randonneurs. Le raton laveur québécois est porteur de plusieurs parasites intestinaux (protozoaires, nématodes, cestodes et trématodes) et certains sont réputés pouvoir être zoonotiques (*Baylisascaris procyonis*, *Cryptosporidium*, *Giardia*, *Mesocestoides*, *Spirometra*). L'espèce *Giardia* n'a jamais été rapportée chez le raton laveur à ce jour et des études seront nécessaires afin de vérifier le potentiel zoonotique de l'espèce et de plus, aucun ookyste de cette espèce n'a été observé dans les latrines. Pour certaines espèces parasitaires, la prévalence observée diffère de celle de certaines études antérieures. L'environnement, la densité des ratons et des proies dont il se nourrit, la diversité du régime alimentaire, la température, la durée de l'hivernation sont tous des facteurs qui pourraient influencer la distribution et la fréquence des parasites.

Nos estimés de prévalence pour le *B. procyonis* variaient en fonction de l'âge, de la saison et du milieu d'origine du raton. L'examen du contenu intestinal reflète l'état du raton individuel et procure une mesure de prévalence assez fiable puisqu'on voit les vers adultes, cependant un examen laborieux est nécessaire afin de retrouver tous les vers immatures et estimer les infections pré-patentes. L'analyse des matières fécales de ratons laveurs procure une sous-évaluation de l'estimé de la proportion d'animaux infectés mais a l'avantage de ne pas nécessiter le sacrifice de l'animal. Pour augmenter la fiabilité de la coproscopie, une plus grande taille d'échantillons est nécessaire. Même si l'estimé de prévalence est sous-évalué lors de la coproscopie, nos données ont permis d'observer que la prévalence est plus élevée chez le raton juvénile, en milieu urbain et/ou sub-urbain (St-Jean-sur-Richelieu) et à l'automne. De plus, le ver immature est moins prévalent chez le raton mâle.

Le raton laveur juvénile, comparé à l'adulte, semble poser le plus de risque pour la santé humaine puisqu'il porte un plus grand nombre de vers matures et immatures et

excrète un plus grand nombre d'œufs lorsque l'infection est devenue patente. On ne peut se fier à l'état de santé de l'animal pour détecter la présence ou l'intensité de la parasitose puisque *B. procyonis* cause très peu de problème à son hôte naturel. Les gens impliqués dans la manipulation des ratons ou d'objets contaminés par des matières fécales de ratons laveurs s'exposent à une contamination par les œufs de *B. procyonis*. Les professionnels (vétérinaires, techniciens en santé animale, chercheurs, agents de la faune, employés d'un zoo, chasseurs, trappeurs, taxidermistes qui manipulent les cadavres d'animaux, etc) et les particuliers qui adoptent un raton orphelin ou blessé devraient considérer tout raton ou matières fécales de raton comme infectieux jusqu'à preuve du contraire. Les individus avec une déficience intellectuelle, une hygiène déficiente, un comportement de pica et/ou de géophagie sont plus à risque de s'infecter. Des précautions, tels le port de vêtements protecteurs, des lunettes et des gants doivent être utilisées afin d'éviter la contamination par des œufs infectieux et le lavage des mains doit être privilégié en tout temps.

La coproscopie semble être beaucoup moins sensible que l'examen microscopique du contenu intestinal pour détecter la présence du parasite. La sensibilité de la coproscopie est assez élevée (81,8 %) lorsqu'on la compare aux vers matures trouvés dans l'intestin des ratons de tout âge, mais elle chute à 53,9 % lorsqu'on la compare aux vers de tout stade de développement (immatures et matures). Comme les juvéniles sont souvent porteurs de vers immatures, il est important de répéter les analyses et de ne pas les considérer d'emblée comme non infectés lorsqu'aucun œuf n'est observé à la coproscopie. La spécificité du test atteint 96,7 % chez le raton adulte et 100 % chez le juvénile démontrant que chez ce dernier, la présence d'œufs est presque toujours associée à la présence de vers adultes faciles à identifier.

Bien que seulement 20,1 % des ratons laveurs échantillonnés excrétaient des œufs de *B. procyonis*, soit un sur cinq, nous avons retrouvé des vers de cette espèce parasitaire dans le contenu intestinal de 29,1 % des ratons, soit près d'un sur trois qui est infecté. Vu la sensibilité de la coproscopie, il y a presque une chance sur deux que le résultat obtenu soit erroné lorsque le résultat est négatif. Puisque les ratons juvéniles sont souvent porteurs de

vers immatures, la répétition des analyses coproscopiques s'avère essentielle afin de s'assurer de la persistance d'un résultat négatif. Cette précaution est très importante pour toutes les personnes qui ont à manipuler des rats laveurs, des matières fécales de rats, ou des équipements en contact avec des excréments de rats. Considérant la prolificité de *B. procyonis*, la grande résistance des œufs infectieux dans le milieu environnant, la possibilité d'infection patente chez le chien, la gravité de l'infection humaine ainsi que le diagnostic difficile, l'absence de traitement chez l'homme, l'adaptation du raton laveur à la présence humaine et la grande tolérance de celui-ci envers le raton, la prévention de cette zoonose demeure la meilleure solution pour prévenir l'infection et repose sur l'éducation du public et des professionnels de la santé.

On a trouvé des œufs de *B. procyonis* dans 15,8 % des latrines de six parcs nationaux du sud du Québec et dans chacun, il y avait au moins une latrine contaminée. De plus, nous avons testé des latrines situées dans des endroits accessibles aux randonneurs et près de 90 % étaient contaminées par des œufs à une occasion ou plus. Dans un des trois parcs de la Montérégie, 100 % des latrines ciblées étaient contaminées et pouvaient donc être considérées comme potentiellement infectieuses pour l'homme. La prévalence observée dans ces différents parcs prouve que le parasite est bien présent dans le sud du Québec. Le potentiel infectieux des latrines était même récurrent depuis plusieurs années dans un des parcs. L'analyse des excréments de latrine donne un bon indice pour connaître le potentiel zoonotique de l'environnement.

Les latrines de rats laveurs représentent donc un réservoir pour *B. procyonis* et bien que, celles-ci ne soient pas toujours facilement accessibles, il n'en demeure pas moins que la latrine a un potentiel zoonotique important. En effet, les œufs sont viables longtemps (Kazacos et al, 1981) et persistent dans le sol même lorsque la latrine n'est plus utilisée par les rats et que les excréments ont été détériorés et délavés par la pluie entraînant la dispersion des œufs. L'emplacement d'une ancienne latrine représente un milieu contaminé sans qu'on le sache et demeure une source potentielle d'infection pour les hôtes définitifs, les hôtes paraténiques et les hôtes anormaux. D'où l'importance de considérer toutes les

latrines de rats laveurs comme potentiellement infectieuses et de prendre des précautions lorsqu'on procède à une décontamination.

Malgré leur potentiel zoonotique continu, les latrines jouent un certain rôle protecteur puisque les œufs y sont concentrés. L'espèce canine, en tant qu'animal charognard et coprophage, pourrait s'infecter suite à l'ingestion d'œufs infectieux contenus dans les latrines. Comme le chien peut développer une infection patente, il pourrait déféquer dans le milieu environnant la résidence, ce qui pourrait indirectement entraîner l'infection d'un enfant. En plus, tout comme les hôtes paraténiques, le chien infecté peut développer une pathologie mortelle.

Les randonneurs qui visitent les parcs sont les personnes les plus susceptibles de se contaminer, spécialement les enfants. Puisque, chaque parc de la Montérégie est fréquenté annuellement par un nombre élevé de visiteurs, soit 140 000 au PNY, 255 000 au PNIB et 400 000 au PNMSB, et comme 80 à 100 % des latrines ciblées réputées accessibles à l'homme sont contaminées par des œufs, il y a lieu de croire que l'infection humaine est possible. Diverses activités, dont la fête des couleurs à l'automne, sont organisées dans les parcs et attirent de nombreux randonneurs. De plus, plusieurs activités scolaires récréatives destinées aux jeunes de niveau primaire, secondaire et parfois collégial sont organisées et attirent de nombreux jeunes participants. Même si aucun cas humain n'a été reconnu au Québec et sachant que les possibilités de se laver les mains sont moindres dans un parc, la proximité de latrines potentiellement infectieuses expose les gens qui fréquentent les parcs au risque de se contaminer.

En milieu urbain, les latrines peuvent être localisées sur le toit, dans l'entre-toit, dans des foyers non utilisés, sur des cordes de bois, tous des endroits où les enfants peuvent se contaminer ou les adultes lors de jardinage ou de travaux sur le terrain de la résidence. D'autres études seront nécessaires afin d'évaluer le degré de contamination des latrines situées en milieu urbain. Les vétérinaires qui effectuent des analyses coproscopiques des matières fécales canines doivent s'assurer de l'identification correcte des œufs d'Ascaridés

observés, afin de pouvoir différencier une infection canine par l'espèce *Baylisascaris procyonis* puisque celle-ci aurait des conséquences beaucoup plus graves si un enfant s'infectait.

Bibliographie

- Adams JH, Levine ND, Todd KS. *Eimeria and Sarcocystis in raccoons in Illinois*. Journal of Protozoologists, 1981, 28(2): 221-222.
- Agresti A. *Categorical data analysis*. Wiley and Sons, Hoboken, N.J., 2000.
- Anderson BC. *Congenital Baylisascaris Sp. Larva migrans in a newborn lamb*. The Journal of Parasitology, 1999, 85(1): 128-129.
- Anderson DC, Greenwood R, Fishman M, Kagan IG. *Acute infantile hemiplegia with cerebrospinal fluid eosinophilic pleocytosis: an unusual case of visceral larva migrans*. The Journal of Pediatrics, 1975, 86(2): 247-249.
- Armstrong DL, Montali RJ, Doster AR, Kazacos KR. *Cerebrospinal nematodiasis in macaws due to Baylisascaris procyonis*. Journal of Zoo and Wildlife Medicine, 1989, 20(3): 354-359.
- Averbeck GA, Vaneck JA, Stromberg BE, Laursen JR. *Differentiation of Baylisascaris species, Toxocara canis, and Toxascaris leonina infections in dogs*. The Compendium of Continuing Education for the Practicing Veterinarian, 1995, 17(4): 475-478.
- Ball RL, Dryden M, Wilson S, Veatch J. *Cerebrospinal nematodiasis in a white-handed gibbon (Hylobates lar) due to Baylisascaris Sp.* Journal of Zoo and Wildlife Medicine, 1998, 29(2): 221-224.
- Bird, DM. *Les petits animaux sauvages autour de la maison, comment s'en accommoder*. Eden Press, Montréal, 1987: 34-42.
- Blagburn BL, Butler JM. *Optimize intestinal parasite detection with centrifugal fecal flotation*. Veterinary Medicine, 2006, 101(7): 455-464.

- Boschetti A, Kasznica J. *Visceral larva migrans induced eosinophilic cardiac pseudotumor: a cause of sudden death in a child*. Journal of Forensic Sciences, JFSCA, 1995, 40(6): 1097-1099.
- Bowman DD. *Diagnostic morphology of four larval ascaridoid nematodes that cause visceral larva migrans: Toxascaris leonina, Baylisascaris procyonis, Lagochilascaris sprenti, and Hexametra leidy*. The Journal of Parasitology, 1987, 73(6): 1198-1215.
- Bowman DD. *Georgis' Parasitology for veterinarians*. Saunders Elsevier, 9^e Ed, 2009.
- Carlson MS, Nielsen SW. *Jejunal obstruction due to Baylisascaris procyonis in a raccoon*. Journal of the American Veterinary Medical Association, 1984, 185(11): 1396-1397.
- Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec. *Paramètres d'exposition chez les mammifères- Raton laveur*. Fiche descriptive. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 2006, 19p.
- Cheney P. *The danger that lurks in the backyard dirt*. Globe and Mail. Canada's Newspaper, 2005, October 8th, section M, page 4.
- Ching HL, Leighton BJ, Stephen C. *Intestinal parasites of raccoons (Procyon lotor) from southwest British Columbia*. The Canadian Journal of Veterinary Research, 2000, 64: 107-111.
- Chun CS, Kazacos KR, Glaser C, Bardo D, Dangoudoubiyam S, Nash R. *Global neurologic deficits with Baylisascaris encephalitis in a previously healthy teenager*. The Pediatric Infectious Disease Journal, 2009, 28(10): 925-927.
- Conboy G. *Parasitologie diagnostique*. Canadian Veterinary Journal, 1996, 37: 181-182.

- Cole RA, Shoop WL. *Helminths of the raccoon (Procyon lotor) in Western Kentucky*. The Journal of Parasitology, 1987, 73(4): 762-768.
- Cunningham CK, Kazacos KR, McMillan JA, Lucas JA, McAuley JB, Wozniak EJ, Weiner LB. *Diagnosis and management of Baylisascaris procyonis infection in an infant with nonfatal meningoencephalitis*. Clinical Infectious Diseases, 1994, 18: 868-872.
- Dade AW, Williams JF, Trapp AL, Ball WH. *Cerebral Nematodiasis in captive nutria*. Journal of the American Veterinary Medical Association, 1977, 171(9): 885-886.
- Dixon D, Reinhard GR, Kazacos KR, Arriaga C. *Cerebrospinal nematodiasis in prairie dogs from a research facility*. Journal of the American Veterinary Medical Association, 1988, 193(2): 251-253.
- Dubey JP. *Baylisascaris procyonis and eimeria infections in raccoons*. Journal of the American Veterinary Medical Association, 1982, 181(11): 1292-1294.
- Eberhard ML, Nace EK, Won KY, Punkosdy GA, Bishop HS, Johnston SP. *Baylisascaris procyonis in the metropolitan Atlanta area*. Emerging Infectious Diseases, 2003, 9(12): 1636-1637.
- Evans RH. *Baylisascaris procyonis (Nematoda: Ascaridoidea) eggs in raccoon (Procyon lotor) latrine scats in Orange county, California*. Journal of Parasitology, 2002, 88(1): 189-190.
- Fisher MA, Jacobs DE, Hutchison MJ, Dick IGC. *Studies on the control of Toxocara canis in breeding kennels*. Veterinary Parasitology, 1994, 55(1-2): 87-92.
- Foreyt WJ. *Veterinary parasitology, reference manual, fifth edition*. Blackwell Publishing, 2011.

- Fox AS, Kazacos KR, Gould NS, Heydemann PT, Thomas C, Boyer KM. *Fatal eosinophilic meningoencephalitis and visceral larva migrans caused by the raccoon ascarid Baylisascaris procyonis*. The New England journal of medicine, 1985, 312: 1619-1623.
- Gavin PJ, Kazacos KR, Shulman ST. *Baylisascariasis*. Clinical Microbiology Reviews, 2005, 18(4): 703-718.
- Gompper ME et Wright AN. *Altered prevalence of raccoon roundworm (Baylisascaris procyonis) owing to manipulated contact rates of host*. The Zoological Society of London, 2005, 266: 215-219.
- Goldberg MA, Kazacos KR, Boyce WM, Ai E, Katz B. *Diffuse unilateral subacute neuroretinitis. Morphometric, serologic, and epidemiologic support for Baylisascaris as a causative agent*. Ophtalmology, 1993, 100(11): 1695-1701.
- Greve JH, O'Brien SE. *Adult Baylisascaris infections in two dogs*. Companion Animal Practice, 1989, 19(4): 41-43.
- Guérin D, Jolicoeur H, Canac-Marquis P, Landry F, Gagnier M. *Le contrôle de la rage du raton laveur en Montérégie en 2007 : rapport des interventions terrestre et aérienne*. Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune, 2008.
- Hoberg EP et McGee SG. *Helminth parasitism in raccoons, Procyon lotor hirtus Nelson and Goldman, in Saskatchewan*. Canadian Journal of Zoology, 1982, 60: 53-57.
- Huff DS, Neafie RC, Binder MJ, De Leon GA, Brown LW, Kazacos KR. *The first fatal Baylisascaris infection in humans : an infant with eosinophilic meningoencephalitis*. Pediatric Pathology, 1984, 2: 345-352.
- Jacobson HA, Scanlon PF, Nettles VF, Davidson WR. *Epizootiology of an outbreak of cerebrospinal nematodiasis in cottontail rabbits and woodchucks*. Journal of Wildlife Diseases, 1976, 12: 357-360.

- Jacobson JE, Kazacos KR, Montague FH. *Prevalence of eggs of Baylisascaris procyonis (Nematoda : Ascaroidea) in raccoon scats from an urban and a rural community.* Journal of Wildlife Diseases, 1982, 18(4): 461-464.
- Jolicoeur H, Daigle V, Jomphe V, Vandal N. *Évaluation des densités de rats laveurs et de mouffettes rayées dans le cadre des interventions de lutte contre la rage du raton laveur en Montérégie en 2006 et 2007.* Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune, 2009, 75 p.
- Jones EJ, McGinnes BS. *Distribution of adult Baylisascaris procyonis in raccoons from Virginia.* The Journal of Parasitology, 1983, 69(4): 653.
- Kazacos KR. *Contaminative ability of Baylisascaris procyonis infected raccoons in an outbreak of cerebrospinal nematodiasis.* Proceedings of the Helminthological Society of Washington, 1982, 49(1): 155-157.
- Kazacos KR. *Improved method for recovering ascarid and other helminth eggs from soil associated with epizootics and during survey studies.* American Journal Veterinary Research, 1983, 44(5): 896-900.
- Kazacos KR. *Raccoon ascarids as a cause of larva migrans.* Parasitology Today, 1986, 2(9): 253-255.
- Kazacos KR. *Baylisascaris procyonis and related species.* Dans Samuel WM, Pybus MJ, Kocan AA. Parasitic Diseases of Wild Animals. 2^e Ed. Ames, Iowa State University Press, 2001: 301-341.
- Kazacos KR, Boyce WM. *Baylisascaris larva migrans.* Journal of the American Veterinary Medical Association, 1989, 195 (7): 894-903.
- Kazacos KR, Fitzgerald SD, Reed WM. *Baylisascaris procyonis as a cause of cerebrospinal nematodiasis in ratites.* Journal of Zoo and Wildlife Medicine, 1991, 22(4): 460-465.

- Kazacos KR, Vestre WA, Kazacos EA. *Raccoon Ascarid Larvae (Baylisascaris procyonis) as a cause of Ocular Larva Migrans*. Investigate ophthalmology & Visual Science, 1984, 25: 1177-1183.
- Kidder JD, Wade SE, Richmond ME, Schwager SJ. *Prevalence of patent Baylisascaris procyonis infection in raccoons (Procyon lotor) in Ithaca, New York*. The Journal of Parasitology, 1989, 75(6): 870-873.
- Larson DJ, Greve JH. *Encephalitis caused by Baylisascaris migration in a silver fox*. Journal of the American Veterinary Medical Association, 1983, 183(11): 1274-1275.
- Lillis WG. *Helminth survey of dogs and cats in New Jersey*. The Journal of Parasitology, 1967, 53: 1082-1084.
- Lindquist WD. *Baylisascaris procyonis for testing anthelmintics against migratory ascarids*. American Journal Veterinary Research, 1978, 39(11): 1868-1869.
- Lippincott WW. *Description of Mesocestoides*. Stedman's Medical Spellchecker, 2006, <http://www.wrongdiagnosis.com/medical/mesocestoides.htm>
- MacKay A, Robitaille, Messier S, Villeneuve A. *Baylisascaris chez le raton laveur au Québec : possibilité de zoonose*. Le Médecin Vétérinaire du Québec, 1995, 25(3): 102-105.
- McAllister A. *Le Raton Laveur (Procyon lotor)*. Ministère des Richesses Naturelles, <http://rabies.mnr.gov.on.ca>, 2007, consulté le 18 mars 2010.
- Miyashita M. *Prevalence of Baylisascaris in raccoons in Japan and experimental infections of the worm to laboratory animals*. Department of Medical Zoology, Osaka City University Medical School, Seikatsu Eisi, 1993, 37: 137-151.

- Morbidity and Mortality Weekly Report. *Raccoon roundworm encephalitis --- Chicago, Illinois, and Los Angeles, California, 2000*. Centers for Disease Control and Prevention, 2002, 50(51): 1153-1155.
- Moertel CL, Kazacos KR, Butterfield JH, Kita H, Watterson J, Gleich GJ. *Eosinophil-associated inflammation and elaboration of eosinophil-derived proteins in 2 children with raccoon roundworm (Baylisascaris procyonis) encephalitis*. Pediatrics, 2001, 108(5): E93.
- Murray WJ. *Human infections caused by the raccoon roundworm, Baylisascaris procyonis*. Clinical Microbiology Newsletter, 2002, 24(1): 1-7.
- Nettles VF, Davidson WR, Fisk SK, Jacobson HA. *An epizootic of cerebrospinal nematodiasis in cottontail rabbits*. Journal of the American Veterinary Medical Association, 1975, 167: 600-602.
- Page LK et Swihart RK. *Raccoon latrine structure and its potential role in transmission of Baylisascaris procyonis to vertebrates*. The American Midland Naturalist, 1998, 140(1): 180-185.
- Page LK, Swihart RK, Kazacos KR. *Implications of raccoon latrines in the epizootiology of Baylisascariasis*. Journal of Wildlife Diseases, 1999, 35(3): 474-480.
- Page LK, Anchor C, Luy E, Kron S, Larson G, Madsen L, Kellner K, Smyser TJ. *Backyard raccoon latrines and risk for Baylisascaris procyonis transmission to humans*. Emerging Infectious Diseases, 2009, 15(9): 1530-1531.
- Pai PJ, Blackburn BG, Kazacos KR, Warriar RP, Bégué RO. *Full recovery from Baylisascaris procyonis eosinophilic meningitis*. Emerging Infectious Diseases, 2007, 13(6): 928-930.

- Park SY, Glaser C, Murray WJ, Kazacos KR, Rowley HA, Fredrick DR, Bass N. *Raccoon roundworm (Baylisascaris procyonis) encephalitis: case report and field investigation*. Pediatrics, 2000, 106(4): e56.
- Perz JF, Le Blancq SM. *Cryptosporidium parvum infection involving novel genotypes in wildlife from lower New York state*. Applied and Environmental Microbiology, 2001, 67(3): 1154-1162.
- Prescott J, Richard P. *Mammifères du Québec et de l'est du Canada*. Éditions Michel Quintin, Waterloo (Québec), 2^e Ed, 2004, 202-205.
- Reed WM, Kazacos KR, Dhillon AS, Winterfield RW, Thacker HL. *Cerebrospinal nematodiasis in bobwhite quail*. Avian Diseases, 1981, 25(4): 1039-1046.
- Règlement C61.1R.0001 (Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune) http://www.zecquebec.com/wmfichiers/Loi_Conservation_et_mise_en_valeur_de_la_faune.pdf, consulté le 30 octobre 2009.
- Richardson JA, Kazacos KR, Thacker HL, Dhillon AS, Winterfield RW. *Verminous encephalitis in commercial chickens*. Avian Diseases, 1980, 24(2): 498-503.
- Richardson DR et Krause PJ. *North american parasitic zoonoses*. World Class Parasites, 2003, 6: 24.
- Riley S P.D., Hadidian J, Manski DA. *Population density, survival, and rabies in raccoons in an urban national park*. Canadian Journal Zoology, 1998, 76: 1153-1164.
- Roberts LS et Janovy J. *Gerald D. Schmidt & Larry S. Roberts' Foundations of Parasitology*. McGraw Hill International Edition, 2006.
- Rosatte RC. *Fiches d'information sur les mammifères*. Faune et Flore Du Pays, 2007. www.ffd.ca/hww2_f.asp?id=101, consulté le 11 mai 2007.

- Roussere GP, Murray WJ, Raudenbush CB, Kutilek MJ, Levee DJ, Kazacos KR. *Raccoon roundworm eggs near homes and risk for larva migrans disease, California communities*. Emerging Infectious Diseases, 2003, 9(12): 1516-1522.
- Rowley HA, Uht RM, Kazacos KR, Sakanari J, Wheaton WV, Barkovich AJ, Bollen AW. *Radiologic-pathologic findings in raccoon roundworm (Baylisascaris procyonis) encephalitis*. American Journal of Neuroradiology, 2000, 21(2): 415-420.
- Rudmann DG, Kazacos KR, Storandt ST, Harris DL, Janovitz EB. *Baylisascaris procyonis larva migrans in a puppy: a case report and update for the veterinarian*. Journal of the American Hospital Association, 1996, 32: 73-76.
- Schaffer GD, Davidson WR, Nettles VF, Rollor EA. *Helminth parasites of translocated raccoons (Procyon lotor) in the southeastern United States*. Journal of Wildlife Diseases, 1981, 17(2): 217-227.
- Sexsmith JL, Whiting TL, Green C, Sheldon O, Berezanski DJ, Thompson AB. *Prevalence and distribution of Baylisascaris procyonis in urban raccoons (Procyon lotor) in Winnipeg, Manitoba*. Canadian Veterinary Journal, 2009, 50: 846-850.
- Shafir SC, Wang W, Sorvillo FJ, Wise ME, Moore L, Sorvillo T, Eberhard ML. *Thermal Death Point of Baylisascaris procyonis Eggs*. Emerging Infectious Diseases, 2007, 13(1): 172-173.
- Smith RA, Kennedy ML, Wilhelm WE. *Helminth parasites of the raccoon (Procyon lotor) from Tennessee and Kentucky*. The Journal of Parasitology, 1985, 71(5): 599-603.
- Smyser TJ, Page LK, Rhodes OE. *Optimization of raccoon latrine surveys for quantifying exposure to Baylisascaris procyonis*. Journal of Wildlife Diseases, 2010, 46(3): 929-933.
- Snyder DE, Fitzgerald PR. *The relationship of Baylisascaris procyonis to Illinois raccoons (Procyon lotor)*. The Journal of Parasitology, 1985, 71(5): 596-598.

- Snyder DE, Fitzgerald PR. *Contaminative potential, egg prevalence, and intensity of Baylisascaris procyonis-infected raccoons (Procyon lotor) from Illinois, with a comparison to worm intensity*. Proceedings of the Helminthological Society of Washington, 1987, 54(1): 141-145.
- Snyder DE. *Indirect immunofluorescent detection of oocysts of Cryptosporidium parvum in the feces of naturally infected raccoons (Procyon lotor)*. The Journal of Parasitology, 1988, 74(6): 1050-1052.
- Sprent JFA. *Notes on Ascaris and Toxascaris, with a definition of Baylisascaris gen.nov.* Parasitology, 1968, 58: 185-198.
- Stokes ME, Davis CS, Koch GG. *Categorical data analysis using the SAS system*. SAS Institute, Inc., Cary, N.C., 2000.
- Stone WB. *Intestinal obstruction in raccoons caused by the ascarid Baylisascaris procyonis*. New York Fish and Game Journal, 1983, 30(1): 117-118.
- Thomas JS. *Encephalomyelitis in a dog caused by Baylisascaris infection*. Veterinary Pathology, 1988, 25: 94-95
- Thompson AB, Glover GJ, Postey RC, Sexsmith JL, Hutchison TWS, Kazacos KR. *Baylisascaris procyonis encephalitis in patagonian conures (Cyanoliseus patagonus), crested screamers (Chauna torquata), and a western canadian porcupine (Erethizon dorsatum epixanthus) in a Manitoba zoo*. Canadian Veterinary Journal, 2008, 49: 885-888.
- Tiner JD. *Observations on Larval Carnivore Ascarids in Roments*. Journal of Parasitology, 1951, 37(supplement): 21-22.
- Tiner JD. *The migration, distribution in the brain, and growth of ascarid larvae in rodents*. Journal of Infectious Diseases, 1953, 92(2): 105-113.

- Tiner JD. *The fraction of Peromyscus leucopus fatalities caused by raccoon ascarid larvae.* Journal of Mammalogy, 1954, 35(4): 589-592.
- Villeneuve A. *Les zoonoses parasitaires. L'infection chez les animaux et chez l'homme.* Les Presses de l'Université de Montréal, 2003.
- Wise ME, Sorvillo FJ, Shafir SC, Ash LR, Berlin OG. *Severe and fatal central nervous system disease in humans caused by Baylisascaris procyonis, the common roundworm of raccoons: a review of literature.* Microbes and Infection, 2005, 7: 317-323.
- Yeitz JL, Gillin CM, Bildfell RJ, DeBess EE. *Prevalence of Baylisascaris procyonis in raccoons (Procyon lotor) in Portland, Oregon, USA.* Journal of Wildlife Diseases, 2009, 45(1): 14-18.