ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE LYON

Année 2003 - Thèse n°

L'ECHINOCOCCOSE ALVEOLAIRE EN MILIEU URBAIN : DEFINITION D'UNE STRATEGIE D'ETUDE AU TRAVERS DE L'EXEMPLE DE L'AGGLOMERATION D'ANNEMASSE

THESE

Présentée à l'UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON I
(Médecine - Pharmacie)
et soutenue publiquement le 28 novembre 2003
pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

Fabienne SIGAUD
Née le 28 décembre 1979
à Albertville

ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE LYON

Année 2003 - Thèse n°

L'ECHINOCOCCOSE ALVEOLAIRE EN MILIEU URBAIN : DEFINITION D'UNE STRATEGIE D'ETUDE

AU TRAVERS DE L'EXEMPLE DE L'AGGLOMERATION D'ANNEMASSE

THESE

Présentée à l'UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON I
(Médecine - Pharmacie)
et soutenue publiquement le 28 novembre 2003
pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

Fabienne SIGAUD
Née le 28 décembre 1979
à Albertville

DEPARTEMENTS ET CORPS ENSEIGNANT DE L'ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE LYON

Directeur : Professeur J.-F. CHARY

Le 01 Septembre 2003

DEPARTEMENT	PREX	PR1	PR2	MC	Contractuel, Associé & IPAC	AERC	Chargés de consult et d'enseignement
DEPART SANTE PUBLIQUE VÉTÉRINAIRE							
Microbiologie, Immunologie, Pathologie Générale		Y. RICHARD		V. GUERIN-FAUBLEE 80 % A. KODJO D. GREZEL 80 %			
Pathologie infectieuse			A. LACHERETZ M. ARTOIS	J. VIALARD			
Parasitologie & Maladies parasitaires		C. CHAUVE	G. BOURDOISEAU	MP CALLAIT CARDINAL L. ZENNER			
Qualité et Sécurité des Aliments		G. CHANTEGRELET	P. DEMONT C. VERNOZY	S. COLARDELLE A. GONTHIER			
Législation & Jurisprudence			A. LACHERETZ				
Bio-Mathématiques				P. SABATIER M.L. DELIGNETTE 80 % K. CHALVET-MONFRAY			
DEPART DES ANIMAUX DE COMPAGNIE							
Anatomie		E. CHATELAIN	T. ROGER	S. SAWAYA	R. DA ROCHA CARARO MC		
Chirurgie et Anesthésiologie		J.P GENEVOIS	D. FAU E. VIGUIER D. REMY		S. JUNOT MCC	C. CAROZZO	G. CHANOIT A. MUGUET J. GUILLAUMIN C. DECOSNE JUNOT (50%) K PORTIER
Anatomie-pathologique/Dermatologie-Cancérologie		J.P. MAGNOL		T. MARCHAL	D. WATRELOT-VIRIEUX MCC P. BELLI MCA D. PIN MCA		
Médecine interne		C. FOURNEL	J.L. CADORE	L. CHABANNE	M. HUGONNARD	F. PONCE C. ESCRIOU	I. BUBLOT (60 %)
Imagerie médicale				P. BARTHEZ			
DEPART DES PRODUCTIONS ANIMALES							
Zootechnie, Ethologie & Economie rurale		M. FRANCK		LETERME P.	A.DERNBURG MCC	L. MOUNIER	
Nutrition et Alimentation				D. GRANCHER L. ALVES de OLIVEIRA G. EGRON-MORAND			
Biol & Patho de la Reproduction		F. BADINAND	M. RACHAIL-BRETIN	S. BUFF P. GUERIN			
Patho Animaux de Production		P. BEZILLE	T. ALOGNINOUWA	S. MARTINOT R. FRIKHA M.A. ARCANGIOLI D. LE GRAND	D. LAURENT (50 %) MCA		N.GIRAUD P. DEBARNOT D. LAURENT
DEPART SCIENCES BIOLOGIQUES							
Physiologie /thérapeutique		R BOIVIN		J.J. THIEBAULT J.M. BONNET-GARIN 90 %			
Biophysique /Biochimie Génétique et Biologie moléculaire		F. GARNIER	E. BENOIT F. GRAIN P. JAUSSAUD F. BERNY	T. BURONFOSSE V. LAMBERT			
Pharmacie / Toxicologie Législation du Médicament		G. KECK					
Langues					C. FARMER IPAC R. SULLIVAN IPAC		
DEPART HIPPIQUE							
Pathologie équine Clinique équine		O.LEPAGE	J.L.CADORÉ	A. LEBLOND A. BENAMOU-SMITH E. CAUVIN			
Expertise nécropsique			C.FLEURY				

A Monsieur le Professeur Claude GHARIB
Professeur à la Faculté de médecine de Lyon,
Qui nous a fait l'honneur d'accepter la Présidence de notre Jury de Thèse.

Nous lui présentons notre Hommage respectueux.

A Madame le Professeur Claude CHAUVE,
Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon,
Qui nous suis depuis les prémices de ce travail,
Avec toujours la même disponibilité et attention,

Nous la prions de croire à notre profonde gratitude et à notre respectueux attachement.

A Monsieur le Professeur Philippe BERNY,
Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon,
Qui nous a fait l'honneur d'accepter de participer à notre Jury de Thèse,
Avec la spontanéité et la gentillesse qui le caractérisent,

Nous lui témoignons ici notre sincère reconnaissance.

A monsieur Benoît COMBES,
Directeur de l'Entente Rage et Zoonoses,
Qui nous a chaleureusement accueillie au sein de sa structure,
Pour l'expérience qu'il nous a permise d'acquérir, la confiance qu'il nous a accordée,
Et pour les moments uniques que nous avons partagés,

Nous sommes heureuse le voir participer à ce Jury et l'assurons de notre gratitude.

A monsieur Bernard LAURENT,
Président de l'Entente Rage et Zoonoses,
Qui a accepté notre stage au sein de la collectivité qu'il préside,
Pour l'intérêt qu'il a porté à nos travaux malgré les problèmes de santé dont il a souffert,
Pour le tirage de cette thèse décidée en Conseil d'Administration,
Et en souvenir de la « Laurabelle » à Etain,

Nous lui adressons nos sincères remerciements.

A Déborah, pour la complicité qui s'est rapidement développée entre nous, sur le plan professionnel comme personnel, et pour ton hospitalité sans limite. Cette période restera chargée de souvenirs intenses qui te seront toujours liés.

A Stéphanie et Frantz, excellents collaborateurs et amis, pour votre accueil chaleureux, votre grande disponibilité et toute l'énergie que vous avez dépensée sans compter.

Ce stage a été rendu très agréable par l'ambiance que vous savez faire régner dans l'équipe.

A Messieurs Morand, Petit et Grandjean, piégeurs hors-pair, qui m'ont consacré beaucoup de temps, et fait bénéficier de leur expérience avec une grande pédagogie.

A Monsieur Alain Oddon, lieutenant de louveterie, pour l'aide précieuse qu'il m'a apportée lors de la prospection, sa disponibilité et son extrême gentillesse.

A Monsieur Michel Laplace, pour tous les conseils avisés dont il nous a fait profiter.

Grâce à leur aide et à celle de tous ceux que je ne peux citer ici et qui ont participé généreusement au travail de terrain, cette étude a pu avancer à un rythme élevé.

A Claude, pour son hospitalité, son oreille attentive et ses conseils avisés.

De nombreuses idées m'apparaissent sous un jour nouveau depuis que j'ai fait ta connaissance…(« ou bien !.. »)

A Francis Raoul, pour tout l'encadrement, la formation et le recul scientifique qu'il m'a apportés.

A Patrick Giraudoux, qui également jeté un œil bienveillant et statistique sur mon travail.

Mes épisodes bisontins ont été véritablement agréables et je vous suis profondément reconnaissante de m'avoir apporté tant, pour la réalisation de ce travail.

A Marc Artois, qui m'a donné le goût pour l'épidémiologie et grâce à qui j'ai pu trouver ce stage.

Cette année de « Faune sauvage » s'est révélée très enrichissante,
merci de votre assistance discrète et mais avisée.

Aux Docteurs Garbolino, Groux et Puget, de Reignier et aux Docteurs Contat et Lauzier de La Roche sur Foron, qui m'ont beaucoup appris.

Aux Docteurs Bibal, Forget et Wicky, d'Ugine, qui m'ont encouragée depuis le début de ma vocation et qui m'accordent aujourd'hui leur confiance.

A Rainman, Rosy, La Cruée, Gibert et Manu, qui m'ont fait vibrer et que je ne suis pas près d'oublier…

A mes parents, pour votre présence à mes côtés, votre éternel soutien, et tout l'amour dont vous m'avez entourée,

Ce travail est l'aboutissement d'un rêve auquel vous m'avez permis de croire, je vous aime très fort.

A Vincent, grand frère et complice, parfois aussi souffre-douleur dans les moments difficiles, et toujours source d'encouragement,

Que l'avenir te soit lumineux, avec Aurélie, et qu'il nous permette de partager encore beaucoup de bons moments.

A Pépé, Mémé et Nana, qui n'ont eu de cesse de m'encourager,

J'espère garder longtemps toutes les valeurs que vous m'avez transmises.

A mes oncles et tantes, cousins et cousines, avec qui j'ai partagé de bons moments de détente,

Que nos réunions futures conservent cet esprit convivial.

A ma future belle famille, qui m'entoure déjà beaucoup, et notamment :

Daniel et Marie-Laure, qui n'ont de cesse d'adoucir notre quotidien,

Delphine et Loïc, Lydie et Fabrice, et les quatre merveilles avec qui nous partageons déjà de très bons souvenirs,

Françoise et Pierre, soutien lyonnais incomparable durant ces années d'étudiants,

Claire et Jean-François, qui ont suivi mes premiers pas dans la profession et dans cette étude,

Grand-père, Grand-mère et Mamie,

Merci à tous pour l'accueil chaleureux que vous me réservez.

A Cécile, pour ton amitié constante et la complicité que nous avons su garder, pour le parcours en parallèle que nous avons suivi jusqu'à soigner désormais nos malades respectifs,

Avec toute mon amitié, ainsi qu'à Vincent.

A toute la bande qui s'est formée, au fil de ces études, certes longues, mais cela fait plus de souvenirs à partager !…A tous ces bons moments… et à ceux qui viendront !

Donc à Raphaèle, Vivie, Delphine, Jennyfer, Jessica, Marie, Anne, Marion, Charlotte, Taouin, Doriane, Stéphanie, Caroline, Sandrine, toutes des filles pétillantes et aux cœurs d'or !

Mais aussi à Vincent, Bobby, Minet, Xavier, Julien, Philippe, Samuel, la crème de la gent masculine…

Surtout ne changez pas !…

A mon poulot Pierre et à mon fils de clinique Philippe,

j'espère que vous garderez, comme moi, un bon souvenir de nos années communes.

A Fœhn, Mistrale et Djenoun, fidèles compagnons à quatre patte et sources éternelles de motivation.

Enfin, bien sûr, à Damien, *je t'aime…*

« La joie du torrent
n'est pas
d'aboutir au lac…

elle est
de rencontrer
des rochers… »

A. Jacquard

SOMMAIRE

INTRODUCTION

PREMIERE PARTIE : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

A L'échinococcose alvéolaire

A 1 Parasitologie

A 2 Epidémiologie descriptive

A 3 Epidémiologie analytique

A 4 Prophylaxie

B Le Renard dans la ville

B 1 Un phénomène répandu

B 2 Mode de vie des renards urbains

B 3 Renard urbain et échinococcose ?

DEUXIEME PARTIE : ETUDE EPIDEMIOLOGIQUE DE L'ECHINOCOCCOSE ALVEOLAIRE DANS L'AGGLOMERATION D'ANNEMASSE

A Cadre et objectifs

A 1 Contexte

A 2 Objectifs

B Matériels et méthodes

B 1 Choix des zones d'étude

B 2 Préparation de l'étude

B 3 Etude de l'hôte définitif

B 4 Etude de l'hôte intermédiaire

C Résultats et discussion

C 1 Concernant l'hôte définitif

C 2 Concernant l'hôte intermédiaire

D Bilan

D 1 Présence et mode de vie des renards urbains à Annemasse

D 2 Estimation de la présence de *E. multilocularis* dans l'agglomération annemassienne

D 3 Proposition de protocole pour la poursuite de l'étude à Annemasse et son application à d'autres agglomérations

CONCLUSION

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AUTRES DOCUMENTS CONSULTES

TABLE DES MATIERES

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

LISTE DES ANNEXES

ANNEXES

INTRODUCTION

Pendant longtemps le Renard roux était une espèce préoccupante en matière de santé publique, en tant que vectrice d'une zoonose très dangereuse : la Rage. Désormais, grâce à la mobilisation d'équipes de scientifiques et d'acteurs de terrain, la France est officiellement indemne de Rage vulpine. L'échinococcose alvéolaire est une zoonose grave également liée au Renard, sur laquelle de nombreuses équipes se penchent à présent. L'agent de cette maladie, *Echinococcus multilocularis*, est un parasite du tube digestif de carnivores dont la larve occupe habituellement le foie de certains micromammifères. Il arrive que l'Homme héberge cette larve qui se développe à bas bruit selon un processus comparable à celui d'un cancer. Le diagnostic souvent tardif, le coût et la difficulté du traitement, font toute la gravité de cette maladie. Or beaucoup d'inconnues demeurent sur l'écologie de la transmission de ce parasite, et les modes de contamination de l'Homme.

Par ailleurs, le développement de populations de renards en milieu urbain est un phénomène de plus en plus fréquemment rapporté. La nouvelle proximité entre l'un des principaux vecteurs de *E. multilocularis* et des zones densément peuplées soulève quelques inquiétudes.

L'étude approfondie des interactions entre le parasite, ses hôtes, et ce milieu particulier, est une voie nécessaire à l'évaluation du risque et la mise en place de moyens de prophylaxie adaptés. C'est ce que l'ERZ (Entente interdépartementale de lutte contre la Rage et autre Zoonoses : *Entente Rage et Zoonoses*) se propose de faire, dans un programme de plusieurs années qui débute à Annemasse, en Haute-Savoie. Au cours d'un stage passionnant, nous avons participé aux huit premiers mois de mise en place de ce programme.

Ce travail propose, dans une première partie, une synthèse des connaissances actuelles sur ce parasite et sur le Renard urbain. La deuxième partie est consacrée à la présentation de notre travail au cours de ce stage, de résultats préliminaires et de nos propositions quant à la stratégie à appliquer à un tel projet.

PREMIERE PARTIE : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

A- L'ECHINOCOCCOSE ALVEOLAIRE

A -1 Parasitologie

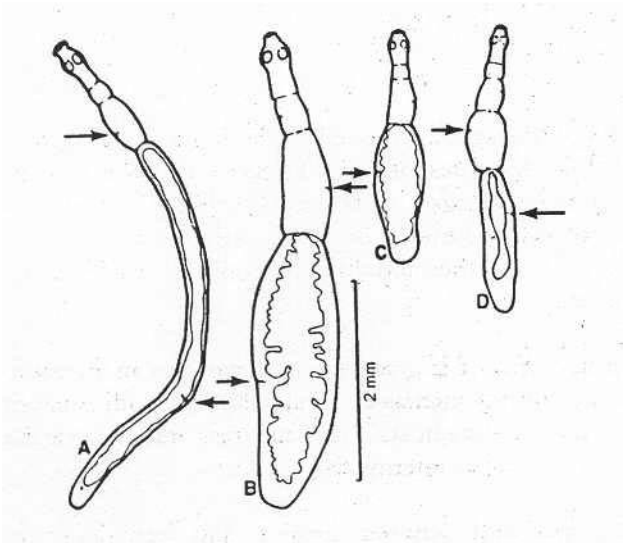
A-1.1 Taxinomie

Embranchement : Plathelminthes
Classe : *Cestoda*
Ordre : *Cyclophyllidea*
Famille : *Taeniidae*
Genre : *Echinococcus* (Rudolphi, 1801)
Espèce *: Echinococcus multilocularis* (Leuckart, 1863)

L'échinococcose alvéolaire est une maladie causée par un cestode de la famille des Taeniidae. Cet agent appartient au genre *Echinococcus*, qui comprend quatre espèces différentes actuellement reconnues : *E. granulosus* (Batsch, 1786), responsable du kyste hydatique, *E. oligarthus* (Diesling, 1863), *E. vogeli* (Rausch & Bernstein, 1972), et enfin, *E. multilocularis* (Leuckart, 1863), objet de cette étude.

Ces quatre espèces sont très proches morphologiquement et par leur cycle évolutif. Celui-ci est dixène, l'hôte principal étant toujours un Carnivore, qui héberge le stade adulte dans son tube digestif, et l'hôte intermédiaire variant d'une espèce à l'autre. Il est assez fréquent de rencontrer des hôtes dits « accidentels » chez qui la larve se développe alors qu'ils ne participent pas au cycle parasitaire.

Contrairement à la majorité des *Taeniidae* ce sont des vers de petite taille (moins de sept millimètres), avec généralement moins de six segments. Les stades adultes, représentés en Figure 1, et les larves de chaque espèce sont différentiables selon des critères morphologiques, seul l'aspect des œufs est identique d'une espèce à l'autre (Thompson & McManus, 2001).



A : *Echinococcus vogeli*
B : *Echinococcus granulosus*
C : *Echinococcus oligarthrus*
D : *Echinococcus multilocularis*

Flèches: pore génital

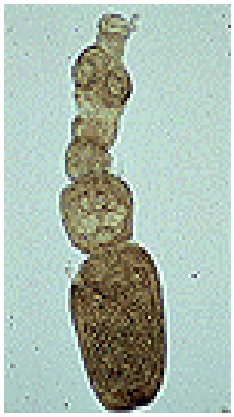
Figure 1 : morphologie générale comparative des stades adultes des différentes espèces d'*Echinococcus*, d'après Thompson & McManus, 2001.

Au sein de l'espèce *E. multilocularis,* il existe des variations biologiques et morphologiques entre des exemplaires d'Amérique du Nord et d'Eurasie. Le séquençage de l'ADN mitochondrial et ribosomial d'échantillons provenant d'Europe, d'Amérique du Nord et du Japon ont montré des différences génétiques, mais rien n'indique qu'on puisse faire de véritables distinctions entre les différentes populations d'*E. multilocularis* (Thompson & McManus, 2001).

A-1.2 Morphologie et cycle évolutif

A-1.2.1 Le ver adulte dans le tractus digestif de l'hôte définitif

Le stade adulte de *E. multilocularis* (Figure 2), qui habite l'intestin grêle de Carnivores, est un cestode de seulement 1,2 à 4,5mm de longueur.



Source : www.uni-bielefeld.de

Figure 2 : photographie en microscopie optique d'un stade adulte de *E.m.*

Comme tous les cestodes, il ne comporte pas de bouche et tous ses échanges métaboliques se déroulent à travers son tégument.

Dans sa partie antérieure, il possède un organe spécialisé dans la fixation : le scolex, qui porte quatre ventouses musculeuses, une couronne de petits crochets et une de grands crochets, comme c'est visible sur la Figure 3.

Le nombre et la taille de ces crochets est un critère de différentiation de *E. multilocularis* par rapport aux autres espèces du genre *Echinococcus* (Eckert *et al*., 2001a).

Ainsi la taille moyenne des grands crochets est comprise entre 24,9 et 34µm, entre 20,4 et 31µm pour les petits (Thompson & McManus, 2001). Ce scolex permet au parasite de se fixer profondément entre les villosités intestinales de l'hôte dans les cryptes de Lieberkühn (Thompson, 1995).

Figure 3 : photographie en microscopie électronique d'un scolex de *E.m.*

Le strobile est segmenté, formé d'unités appelées proglottis, en nombre compris entre deux et six, très fréquemment cinq (Eckert *et al*., 2001a).

Les segments portent un pore génital latéral proéminent. La position de ce pore génital est également un critère de diagnose d'espèce. Celui de *E. multilocularis* est toujours antérieur au milieu du segment (Figure 1, Figure 4).

Le ver adulte est hermaphrodite, et, suite à la fécondation, l'utérus, sacciforme dans cette espèce, se dilate dans le segments terminal par accumulation d'œufs (Thompson & McManus, 2001) (Figure 4).

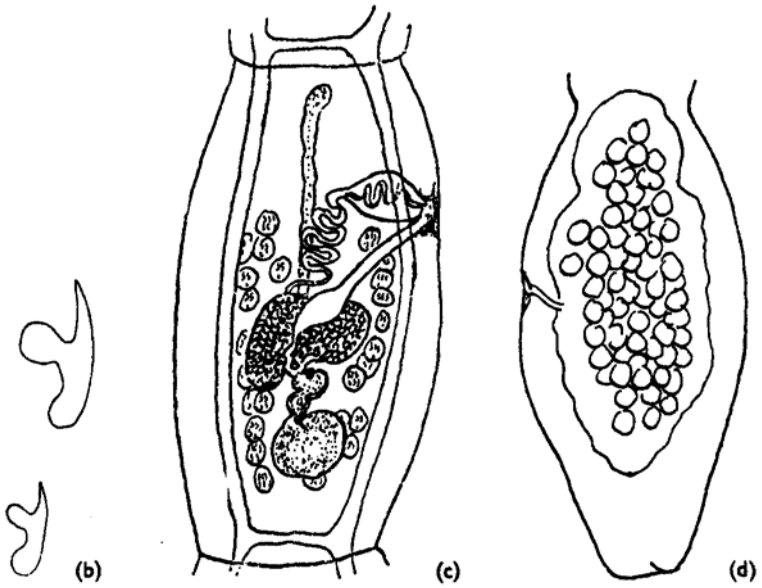


Figure 4 : schéma de l'organisation de portions de *E. multilocularis* : (b) : crochets (x 700) ; (c) : segment mûr (x 90); (d) : segment ovigère (x 100) ; d'après Euzéby, 1971.

Le site de prédilection de *E. multilocularis* est la partie postérieure de l'intestin grêle. Cependant, en cas de forte infestation, le parasite peut occuper toutes les portions de cet intestin (Eckert *et al*.,2001a).

La présence du parasite dans le tube digestif de l'hôte ne cause généralement pas de syndrome particulier. Elle peut provoquer des changements mineurs, tels que l'aplatissement des cellules épithéliales, une légère infiltration cellulaire de la muqueuse et une augmentation de la production de mucus (Eckert *et al ,* 2001a).

On sait globalement peu de choses sur la biologie du parasite chez son hôte principal, probablement à cause du risque que comporte son étude expérimentale. D'après les données les plus récentes, la période prépatente semble être de quatre semaines. Par la suite, l'excrétion d'œufs pourrait durer de un mois et demi à quatre mois (Eckert, 1998, Petavy, 1999). Chaque ver, en période patente, peut produire de 28 à 35 œufs par jour (Thompson & McManus, 2001).

Comme il y a toujours plusieurs vers adultes présents en même temps dans le tube digestif de l'hôte, il y a libération dans les fèces d'un grand nombre d'œufs, libres ou contenus dans les proglottis.

A-1.2.2 L'œuf dans l'environnement

Lorsqu'ils sont émis dans les fèces, les segments ovigères sont animés de contractions et de relaxations rythmiques qui expulsent les œufs et peuvent les disperser à plusieurs mètres sur le sol ou la végétation environnante (Boucher *et al*., 2001).

Les œufs du parasite relâchés dans l'environnement par l'hôte principal sont immédiatement infestants. De forme ovoïde (30 à 40 µm de diamètre), ils contiennent un embryon hexacanthe ou oncosphère, premier stade larvaire du parasite. Cet embryon est entouré de plusieurs enveloppes, dont une très kératinisée, appelée embryophore. Celle-ci confère à l'œuf son apparence sombre et striée (Figure 5).

L'aspect des œufs d'*Echinococcus* ne permet aucune distinction d'avec les œufs de tous les autres membres de la famille des *Taeniidae* (Thompson & McManus, 2001).

Les œufs de *E. multilocularis* sont dotés d'une forte capacité de résistance dans le milieu extérieur. Même après plusieurs semaines, ils demeurent infestants lorsqu'un hôte intermédiaire potentiel les consomme.

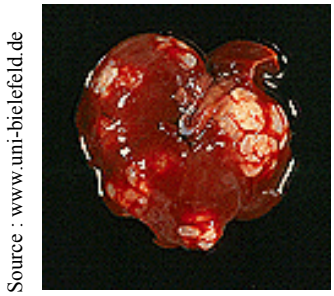
Figure 5 : aspect microscopique d'un œuf de *E. multilocularis*

A-1.2.3 La larve dans le parenchyme hépatique de l'hôte intermédiaire

L'hôte intermédiaire, généralement un Rongeur ou un Insectivore, s'infeste en ingérant des œufs.

Suite à l'action des enzymes de l'estomac et de l'intestin grêle, l'oncosphère est libérée de son embryophore (Thompson, 1995). La bile joue un rôle en activant l'oncosphère qui pénètre dans la paroi de l'intestin grêle, à l'aide des mouvements de ses crochets et de possibles sécrétions. Après avoir gagné une veinule, l'oncosphère est transportée passivement jusqu'au foie de l'hôte. Le métacestode s'y développe primairement (Thompson & Mc Manus, 2001).

Ce deuxième stade larvaire consiste en un agrégat de petites vésicules, de un à dix millimètres de diamètre en moyenne (parfois jusqu'à 20 ou même 30mm) qui forment une structure alvéolaire (Deplazes & Eckert, 2001). L'aspect extérieur de cette larve est visible sur la Figure 6).



Ce métacestode a la capacité de proliférer par bourgeonnement externe, formant des ramifications qui permettent au parasite d'envahir progressivement les organes de l'hôte (Thomson, 1995 ; Eckert, 1998).

Ce tissu parasitaire invasif semble être protégé des réactions immunitaires de l'individu par la membrane basale, riche en hydrates de carbone, et contenant un antigène nommé antigène Em2 (Gottstein *et al*., 1992).

Figure 6 : foie de *M. arvalis* parasité par *E.m*.

Le détachement de cellules germinales à partir des protrusions de tissu parasitaire, et leur distribution par les vaisseaux sanguins ou lymphatiques permettent la formation de foyers métastatiques à distance, caractéristiques de *E. multilocularis* (Amman & Eckert, 1995 ; Eckert, 1998).

Chez les hôtes intermédiaires naturels, les vésicules comportent une membrane germinative qui produit par multiplication asexuée de nombreux protoscolex (Figure 7), forme infestante pour les Carnivores. C'est donc par la consommation d'hôtes intermédiaires contaminés (Rongeurs, Insectivores) que les Carnivores contractent le parasite. Le développement du métacestode est rapide chez ce type d'hôte intermédiaire et les premiers protoscolex peuvent être produits en 40 à 45 jours (Eckert, 1998). Il s'agit probablement là d'une adaptation à la courte durée de vie de l'hôte (Eckert *et al.,* 2001a). La mort de l'hôte survient généralement au bout de cinq mois .

Le nombre de protoscolex par lésion est très variable, on a montré par exemple des valeurs allant de 14 à 244400 chez *Arvicola terrestris* (Stieger *et al.*, 2002). Chaque

Source : www.uni-bielefeld.de

protoscolex est susceptible de se développer en un ver adulte dans l'intestin d'un hôte favorable.

Lorsque des protoscolex sont ingérés par un hôte définitif potentiel, après avoir subit l'action des pepsines de l'estomac, ils se dévaginent dans la partie proximale du duodénum, sous l'effet du changement de pH, de l'exposition à la bile et de l'élévation de la température. Ils se fixent alors à la paroi du tube digestif et se développent en vers adultes prêts à se reproduire (Thompson & McManus, 2001).

Figure 7 : protoscolex de *E.m.* en microscopie optique

Chez les hôtes atypiques (dont l'Homme), la larve est le plus souvent stérile. Il n'y pas de formation de protoscolex et on observe des zones de calcification et de nécrose (Deplazes & Eckert, 2001).

Le cycle évolutif de *E. multilocularis* peut donc être résumé par le schéma présenté en Figure 8.

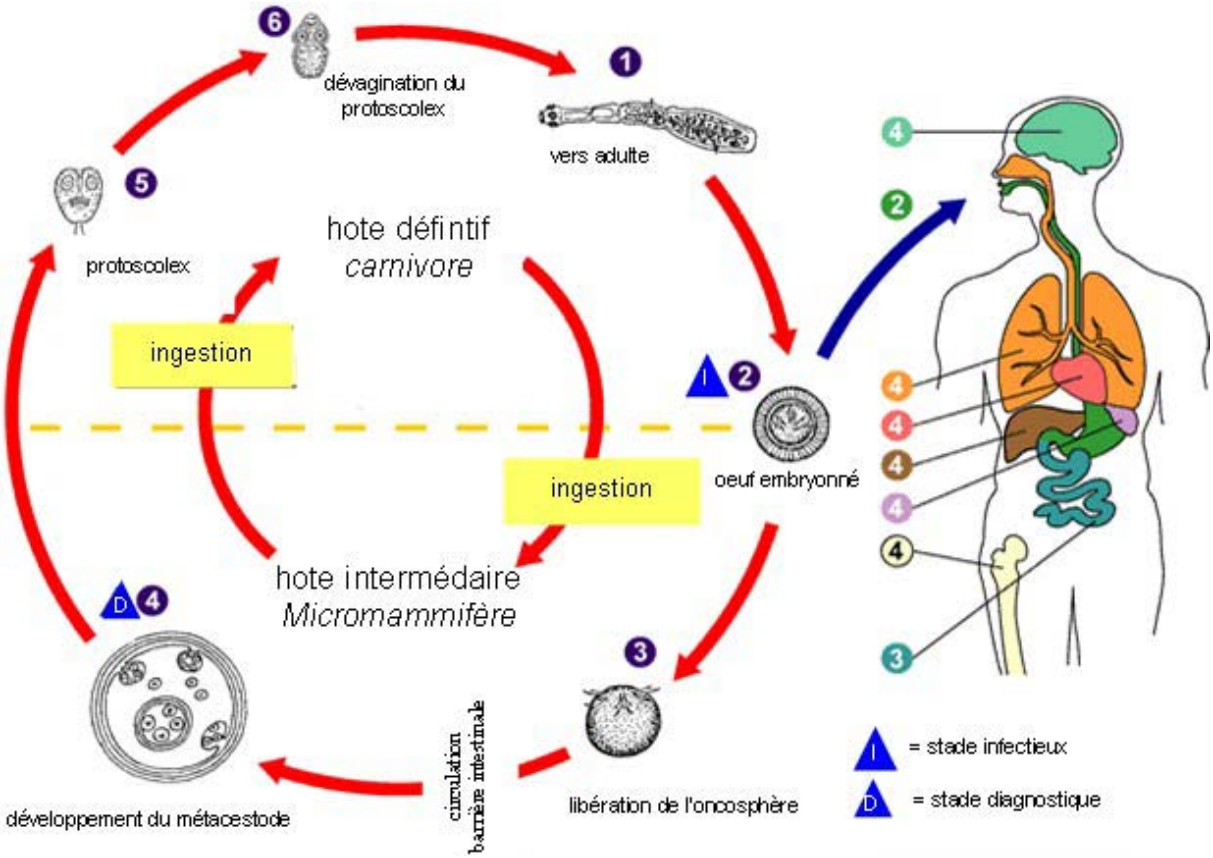


Figure 8 : schéma récapitulatif du cycle évolutif de *E. multilocularis* (d'après Anonyme, Centers for Disease Controle and prevention, www.dpd.cdc.gov**).**

A-1.3 Méthodes de mise en évidence

A-1.3.1 Chez l'hôte définitif

Compte tenu du risque de contamination lié à la manipulation de matériel potentiellement infestant, chaque prélèvement utilisé dans les différentes méthodes décrites ci-après doit être décontaminé par la congélation à –80°C pendant au moins une semaine avant analyse. De strictes mesures de précaution doivent toujours être prises lors de la manipulation des échantillons.

A-1.3.1.1 Diagnostic post-mortem : l'autopsie parasitaire

A.1.3.1.1.1 Technique de sédimentation

La méthode de référence reconnue pour la détection du parasite chez l'hôte principal, consiste en la technique de sédimentation (Deplazes & Eckert, 2001). Cette technique permet également un comptage des parasites et donc l'estimation du taux d'infestation de l'individu. Par ailleurs, elle donne un bilan parasitaire complet de l'individu, car elle n'est pas uniquement spécifique de *E. multilocularis*.

L'intestin est incisé longitudinalement, examiné macroscopiquement pour rechercher les helminthes de grande taille, et enfin coupé en segments de 20 cm de longueur.

Les segments d'intestin sont ensuite transférés dans un flacon de verre contenant un litre de sérum physiologique. Après avoir vigoureusement secoué le flacon pendant quelques secondes, la muqueuse est décapée par pression entre deux doigts et les segments intestinaux sont retirés.

Le liquide de rinçage contenant le matériel intestinal est laissé à sédimenter pendant plusieurs périodes de 15 minutes et le surnageant est décanté jusqu'à ce que le sédiment soit suffisamment éclairci.

Le sédiment est examiné, par portions de cinq à dix millilitres, dans des récipients rectangulaires en plastique comportant une grille de comptage, à la loupe binoculaire au grossissement G120 (Eckert *et al*., 2001a).

A.1.3.1.1.2 Technique de raclage intestinal

On peut également, à l'occasion d'autopsies, appliquer la technique de raclage intestinal, lors par exemple de surveillance épidémiologique à grande échelle.

L'intestin grêle est placé dans un grand plateau métallique et ouvert sur toute la longueur.

Après avoir retiré les plus grosses particules (os, pierres) et les parasites de grande taille, on réalise de profonds raclages de la muqueuse à l'aide d'une lame de verre (75mm×25mm×1mm).

Le matériel adhérent à la lame est transféré dans une boîte de Pétri carrée en plastique. Dans la boîte de Pétri, le matériel intestinal est écrasé en fine couche par pression sur la lame.

Il faut réaliser cinq raclages à égale distance, dans chacun des tiers proximal, intermédiaire et distal de l'intestin grêle, soit un total de 15 lames.

Les étalements sont alors examinés par lumière indirecte à la loupe binoculaire au grossissement G120.

Sur la base du nombre de parasites trouvés sur chaque raclage, l'intensité de l'infestation peut être évaluée de façon subjective comme basse (+), moyenne (++) ou élevée (+++) (Eckert *et al*., 2001a).

Ce procédé montre, d'après Hofer *et al*. (2000), une sensibilité de 80 % par rapport à la technique de sédimentation.

La spécificité de ces deux techniques est très élevée (environ 99 %), car dans la plupart des cas, les critères morphologiques de *E. multilocularis* permettent un diagnostic sans équivoque. Seuls, l'aspect et le nombre des crochets sont rarement utilisés car ceux-ci sont souvent détachés du scolex après congélation et décongélation des intestins (Eckert *et al*., 2001a).

Ces méthodes sont fiables mais assez lourdes à mettre en place et n'autorisent pas l'exploration du statut d'animaux de leur vivant. Par ailleurs dans le cadre d'études épidémiologiques, elles nécessitent une taille d'échantillon de population importante, surtout si la prévalence attendue est faible (Eckert *et al*., 2001a).

A-1.3.1.2 Diagnostic in vivo

A.1.3.1.2.1 Détection d'anticorps circulants

Il n'existe pour l'instant aucun procédé efficace d'évaluation de la présence du parasite chez l'hôte définitif par la recherche d'anticorps sanguins. Cette méthode semble en effet manquer de sensibilité et de spécificité. (Deplazes & Eckert, 1996). On pourrait seulement envisager son utilisation dans un but de pré-évaluation, dans une zone où le statut de la population de renards vis à vis de *E. multilocularis* n'est pas connu (Eckert *et al*., 2001a). Les recherches portent actuellement sur l'utilisation d'autres antigènes pour améliorer la sensibilité du test.

A.1.3.1.2.2 Coproscopie

Les méthodes de coproscopie classiques ne donnent pas de bons résultats car il est très rare et difficile d'observer un proglottis entier, et les œufs des différentes espèces d'*Echinococcus* et de *Taenia* sont indifférentiables les uns des autres (Eckert *et al*., 2001a). Il faut donc se tourner vers d'autres méthodes pour explorer le portage d'*E. multilocularis* chez des animaux de leur vivant.

A.1.3.1.2.3 Test à l'arécoline

La coproscopie ne permettant pas de distinguer les œufs d'*Echinococcus* de ceux des autres *Taeniidae*, on peut avoir recours à l'arécoline pour permettre un examen helminthologique chez un animal vivant.

Ce cestodifuge a été utilisé notamment chez le Chien pour le diagnostic du portage *d'E. multilocularis* (Contat, 1984). L'animal, à jeun, est attaché et vermifugé à l'aide de bromhydrate d'arécoline, administré à la dose de 3,5 mg/kg PV. Il arrive parfois que des vomissements surviennent immédiatement. Dans ce cas, l'opération est réitérée. Par la suite, les selles sont récoltées dans des pots à prélèvement et conservées dans une solution de formol à 10 %. Les selles sont ensuite lavées et déversées sur une succession de tamis, aux mailles décroissantes, disposés sur un socle vibrant. Ce dispositif hermétique est fermé et un jet d'eau puissant facilite la progression des éléments de dimension réduite. Le contenu du dernier tamis, d'une maille de 180µm, est observé par rinçage sur un plateau à fond noir. Les vers sont ensuite repérés à l'œil nu et recueillis un à un à l'aiguille montée. Puis ils peuvent être fixés au formol et colorés à l'hémalum.

Mais cet examen montre un manque de sensibilité qui nécessite de rééditer l'expérience plusieurs fois avant d'exclure totalement la présence d'*Echinococcus* (Rausch, *et al.,*1990b*)*. Il ne peut être utilisé que chez le Chien, chez qui de nombreux effets secondaires sont fréquemment cités (salivation, douleur abdominale, diarrhée,… jusqu'à mort par déshydratation). Par ailleurs elle présente un risque élevé de contamination pour le manipulateur (Grivet, 1999).

Malgré la relative facilité de mise en œuvre, ces différents inconvénients ont conduit à l'abandon progressif de cette méthode, au profit de nouvelles techniques ayant montré leur efficacité.

Deux nouvelles méthodes ont été développées qui permettent le diagnostic du portage du parasite à la fois chez les animaux vivants ou morts. Il s'agit de la recherche de copro-ADN par PCR et de la recherche de copro-antigènes par la méthode ELISA.

A.1.3.1.2.4 Détection de copro-ADN

L'ADN d'échinocoques, provenant des œufs, des proglottis ou des cellules du parasite peut être détecté dans les matières fécales de l'hôte définitif après amplification par PCR (*Polymerase Chain Reaction*).

Il est isolé par lyse alcaline (Bretagne *et al*., 1999) ou ébullition suivie d'une digestion par la protéinase K (Van der Giessen *et al*., 1999). Du fait de la présence de substances inhibitrices de son amplification, il est indispensable de purifier finement l'ADN (Mathis & Deplazes, 2002).

Deux gènes différents ont été utilisés jusqu'à présent (Bretagne *et al*., 1992 ; Dinkel *et al*., 1998).

La méthode, testée par Bretagne *et al*. (1999) sur des fèces provenant de 55 renards ayant subit une autopsie parasitaire, a montré une spécificité de 100 % (aucun faux positif sur les 20 renards indemnes de *E. multilocularis*), et une sensibilité de 94 %.

D'après Mathis *et al*. (1996), la valeur prédictive positive de cette technique est de 100 % quelle que soit la prévalence attendue chez la population étudiée (pas de faux positifs). La valeur prédictive négative est aussi très élevée, surtout lorsque la prévalence du parasite est faible. Cette technique présente le désavantage de ne détecter le portage du parasite que lorsqu'il est gravide. Lorsqu'elle est réalisée sans isolement préalable des œufs (sur fèces totales), la présence d'inhibiteurs de l'activité de la polymérase peut en outre générer des résultats faussement négatifs. L'AFSSA-Nancy a mis au point une technique de ce type, dont le principal inconvénient est une étape d'extraction longue qui ne permet pas le traitement des échantillons de façon suffisamment rapide lors d'études épidémiologiques à grande échelle. Par ailleurs il s'agit de techniques relativement coûteuses (Boucher *et al*., 2001).

Dinkel *et al*. (1998) ont aussi mis au point une technique qui ne nécessite pas la concentration des œufs de *E. multilocularis* au préalable. Ils ont également montré une très haute spécificité (89 %) et sensibilité pour *E. multilocularis* de leur méthode, recherchant le gène mitochondrial codant pour l'ARNr 12S, avec aussi la possibilité de détecter le parasite en période prépatente.

Il n'existe pas encore de kit d'analyse disponible dans le commerce. L'utilisation de cette technique pour des études de terrain à grande échelle reste limitée par des contraintes de faisabilité et de coût, bien qu'elle soit proposée comme alternative à l'autopsie parasitaire (Eckert *et al*., 2001a).

On pourrait, par contre, envisager d'appliquer cette méthode au diagnostic du portage du parasite par un carnivore domestique, lors de la mise en évidence d'œufs de *Taeniida*e par coproscopie classique (Eckert *et al.*, 2001a).

A.1.3.1.2.5 Détection de copro-antigènes

Plusieurs équipes ont décrit des tests ELISA (*Enzyme-Linked Immunosorbent Assay*) permettant la détection de copro-antigènes relâchés par *E. multilocularis* ou *E. granulosus* dans les matières fécales des carnivores (Deplazes *et al*., 1999). Ces copro-antigènes sont détectables durant les périodes prépatente et patente du parasite et disparaissent dans les jours qui suivent l'élimination du parasite par l'hôte. Ils restent stables dans les matières fécales.

Comme les matières fécales peuvent contenir des œufs d'échinocoque, ce qui comporte un risque de contamination pour le personnel de laboratoire, les échantillons doivent être décontaminés avant analyse, par une congélation à -80°C pendant quatre jours ou chauffage à 70°C pendant 12 heures (Nonaka *et al*., 1996 ; Deplazes *et al*., 1999).

Le niveau de réaction du test (valeur de la Densité Optique observée à 405nm) est corrélé à la charge parasitaire de l'animal concerné (Raoul *et al*., 2001).

La spécificité du test ELISA par rapport aux helminthes autres que ceux du genre *Echinococcus,* a été évaluée de 95 à 99,6 % par Deplazes *et al.* (1999). Il existe par contre un fort taux de réactions croisées entre *E. multilocularis* et *E. granulosus*, ce qui pose un problème de diagnostic là où les deux parasites sont sympatriques (Chine…) (Eckert *et al*., 2001 ; Raoul *et al*., 2001).

En zone d'endémie, Stieger *et al.* (2002) ont estimé la sensibilité de la recherche de copro-antigènes par EM-ELISA à 88 %. Ils ont également montré qu'aucun facteur tel que l'âge, l'intensité de l'odeur ou l'homogénéité des fèces analysées n'influence les résultats de l'analyse.

Les autopsies parasitaires et la recherche de copro-ADN demeurant des techniques très laborieuses et peu rapides, la méthode de choix pour le diagnostic du portage de *E. multilocularis* par un Carnivore de son vivant, consiste en la recherche de copro-antigènes. Elle est notamment préférable dans le cas d'études à grande échelle, surtout lorsque le parasite est présent à une faible prévalence (très haute valeur prédictive négative de ce test) (Eckert *et al*., 2001a).

Du fait de la haute résistance des œufs du parasite dans l'environnement et de la stabilité des copro-antigènes dans les fèces, la recherche de copro-antigènes peut être appliquée à l'analyse de fèces récoltées sur le terrain, et non au chevet de l'animal. La détermination d'un seuil de positivité fixe, afin de déterminer une prévalence, semble apporter des résultats peu interprétables, du fait notamment du manque de sensibilité du test. Par contre, si l'on s'attache à l'étude des répartitions des densités optiques observées, on peut mettre en évidence des différences de niveau d'endémicité entre plusieurs zones étudiées (Raoul *et al*., 2001).

De nombreuses études de prévalence se sont ainsi appuyées sur cette méthode (Nonaka *et al*., 1998 ; Deplazes *et al.,* 1999 ; Tsukada *et al*., 2000 ; Raoul *et al*., 2001 ; Stieger *et al*., 2002). Cette stratégie apparaît comme véritablement indiquée pour des études épidémiologiques et la recherche fondamentale sur l'écologie de la transmission du parasite (Raoul *et al*., 2001). Il faut cependant garder à l'esprit que cette technique ne donne pas directement d'information sur l'infectivité du matériel récolté puisqu'elle détecte même les porteurs en période prépatente (Raoul *et al*., 2001).

Cette technique pourrait également être utilisée pour le diagnostic de l'infestation des carnivores domestiques par le parasite. Mais comme la valeur prédictive positive de ce test est relativement basse, les résultats positifs nécessitent une confirmation ultérieure par PCR (Deplazes & Eckert, 2001). Cette analyse n'étant réalisée que dans quelques laboratoires très spécialisés, l'autre attitude possible est de vermifuger au praziquantel tout animal positif au

test ELISA, dans de strictes conditions sanitaires, même si l'infestation n'est pas certaine (Eckert *et al.*, 2001b).

Actuellement, deux kits de détection de copro-antigènes d'*Echinococcus* sont disponibles : Echinococcus ELISA® (Genzyme-Virotech GmbH, Rüsselsheim, Allemagne) et Chekit® Echinotest (Dr. Bommeli AG, Liebefeld-Bern, Suisse) (Eckert *et al.*, 2001a). De plus plusieurs autres tests ELISA sont utilisés dans différents laboratoires de recherche (Eckert *et al.*, 2001a).

En résumé il existe désormais de nombreuses techniques permettant la détection du parasite chez l'hôte définitif. Le choix de l'une ou l'autre méthode doit se faire en prenant compte de différents facteurs que sont, par exemple, le type d'information recherché, la spécificité et la sensibilité voulues, les moyens financiers et temporels disponibles…certains de ces éléments sont représentés de façon synthétique dans le Tableau I ci-dessous.

Tableau I : différentes caractéristiques de méthodes de diagnostic du portage de *E. m.* chez l'hôte définitif, d'après Deplazes & Eckert, 2001, modifié.

Technique utilisée	Caractéristiques	Application	Nombre d'analyses par jour par personnes
Sédimentation	Méthode de référence (sensibilité et spécificité 100 %) ; Animal mort ; Polyspécifique des helminthes intestinaux ; Permet une quantification précise ; Travail laborieux.	Diagnostic individuel ou étude épidémiologique à grande échelle.	10 animaux, autopsie inclue.
Raclage intestinal	Sensibilité : 78 % ; Spécificité : 100 % ; Animal mort ; Polyspécifique des helminthes intestinaux ; Semi-quantitative ; travail moins laborieux.	Diagnostic individuel ou étude épidémiologique à grande échelle.	10 animaux, autopsie inclue
Recherche de copro-antigènes (ELISA)	Sensibilité : 80-87 % ; Spécificité : 70-80 % ; Animal vivant ou mort ou fèces récoltées dans l'environnement.	Etudes épidémiologiques à grande échelle, Eventuellement en première étape pour diagnostic individuel	200 échantillons
Recherche de copro-antigènes (PCR) sur des œufs de *Taeniidae*	Sensibilité : 94 % ; Spécificité : 100 % ; Animal porteur de parasite en période patente ; Après coproscopie classique ; Coûteux	Diagnostic individuel ; confirmation ELISA ou Coproscopie.	15 échantillons
Recherche de copro-antigènes (PCR) sur fèces.	Sensibilité : 89 % ; Spécificité : 100 % ; Animal vivant ou mort ou fèces récoltées dans l'environnement ; période prépatente ou patente ; Coûteux.	Diagnostic individuel ou étude épidémiologique à grande échelle.	15 échantillons

A-1.3.2 Chez l'hôte intermédiaire

Pour les hôtes intermédiaires naturels de *E. multilocularis*, les signes cliniques de contamination sont assez peu spécifiques.

Au fur et à mesure du développement du parasite, on constate une distension de l'abdomen, de l'ascite, une augmentation du poids de l'animal, mais une diminution de la masse musculaire. L'animal est apathique, anorexique, mais ceci n'est observable qu'en laboratoire (Eckert *et al*., 2001a).

A l'autopsie, on constate l'infiltration du foie, de la cavité péritonéale, des autres organes abdominaux et parfois même des poumons par le tissu parasitaire qui ne peut être formellement identifié par une observation macroscopique.

Le diagnostic de certitude passe obligatoirement par un examen histologique complété, si possible, par l'étude de la forme et de la taille des crochets des protoscolex, mais ceux-ci ne sont pas toujours présents (Eckert *et al*., 2001a).

Pour identifier des lésions plus petites ou atypiques, on peut avoir recours à l'immunohistochimie, avec des anticorps monoclonaux, ou à l'isolation de l'ADN du parasite par PCR (Lightowler & Gottstein, 1995).

A -2 Epidémiologie descriptive

A-2.1 Les différents cycles épidémiologiques et les différents hôtes

A-2.1.1 Cycle sylvatique

On parle également de cycle sauvage car seules des espèces sauvages interviennent. Au cours de ce cycle, les œufs de *E. multilocularis* sont excrétés dans l'environnement par un carnivore sauvage et consommés par un Micromammifère, sauvage également, chez qui le métacestode se développe. Les Carnivores se contaminent alors en ingérant un micromammifère infesté (Eckert *et al*., 2001c).

L'hôte définitif est généralement un Renard : Renard roux (*Vulpes vulpes),* Renard polaire (*Alopex lagopus*) et Renard corsac (*Vulpes corsac*). Mais, en zone d'endémie, on peut également rencontrer le stade adulte chez d'autres espèces de carnivores sauvages telles que le Coyote (*Canis latrans*), le Loup (*Canis lupus*), le Lynx (*Lynx lynx*), le Chat sauvage (*Felis sylvestris*) et le Raton laveur (*Nyctereutes procyonoides*) (Thompson, 1995 ; Eckert, 1998 ; Eckert *et al*., 2001a, 2001c).

Les hôtes intermédiaires sont de petits Mammifères, principalement des Rongeurs et des Insectivores. Ainsi, on mentionne des représentants de huit familles que sont les *Soricidae*, les *Talpidae*, les *Sciuridae*, les *Cricetidae*, les *Arvicolidae*, les *Muridae*, les *Dipodidae* et les *Ochotonidae*. Mais le rôle épidémiologique de chacun est discuté, et une partie d'entre eux serait plus à compter parmi les hôtes accidentels (Eckert *et al*., 2001a). Les principaux hôtes intermédiaires reconnus sont des *Arvicolidae* et des *Cricetidae* (Rausch, 1995).

Ces différents hôtes définitifs et intermédiaires sont associés de façon variée entre chaque zone d'endémie, et même d'un foyer à l'autre (Eckert *et al*., 2001c).

En Europe, les principaux hôtes intermédiaires sont le Campagnol des champs (*Microtus arvalis)*, le Campagnol terrestre *(Arvicola terrestris)*, et le Rat musqué (*Ondatra zibethicus)*. On rencontre également le métacestode chez le Campagnol des neiges *(Microtus*

nivalis), le Campagnol souterrain (*Pitymys subterraneus*), et le Campagnol roussâtre (*Clethrionomys glareolus)*. La Marmotte (*Marmotta marmotta*), le Castor (*Castor fiber*), l'Ecureuil roux (*Sciurus vulgaris*) et le Ragondin (*Myocastor coypus*) ont également étés mentionnés mais il est encore difficile d'établir le rôle et l'importance relative de chacun de ces hôtes potentiels dans le cycle (Grivet, 1999 ; Eckert *et al*., 2001b).

A-2.1.2 Cycle domestique

L'hôte intermédiaire mis en jeu dans ce cycle est la Souris domestique (*Mus musculus*) et l'hôte principal le Chat domestique *(Felis catus)* (Eckert *et al*., 2001c).

Le portage du parasite a déjà été mentionné chez la Souris en Auvergne (Petavy *et al*., 1990) et le Chat en Haute-Savoie (Prost, 1988 ; Petavy *et al*., 2000).

A ce jour aucune preuve de son importance épidémiologique n'a pu être donnée.

A-2.1.3 Cycle rural

Il s'agit d'un cycle intermédiaire au cours duquel des carnivores domestiques contractent le parasite en ingérant des Micromammifères sauvages porteurs du métacestode de *E. multilocularis.*

Habituellement, la prévalence du parasite chez le Chien et le Chat est relativement faible (inférieure à un pour cent), d'après les différentes études réalisées en zone d'endémie (Deplazes *et al*., 1999). Mais il arrive que localement, ou lors de situations épidémiologiques particulières (Chine, Alaska), le portage du parasite, notamment chez le Chien, soit nettement supérieur à 10 %.

Par l'autopsie de 81 chats provenant de l'Ain et de Haute-Savoie, Petavy *et al*. (2000) ont montré une prévalence du parasite de 3,7 % dans cette espèce. Cette information semble indiquer qu'en zone d'endémie le rôle éventuel joué par les chats dans la transmission du parasite à l'Homme ne doit pas être négligé. En effets ces carnivores vivent en étroite cohabitation avec leurs propriétaires, tout en bénéficiant très souvent d'une grande liberté à l'extérieur. Par ailleurs, *Microtus arvalis*, hôte intermédiaire largement reconnu de *E. multilocularis*, constitue une des proies favorites des chats domestiques, que ce soit en zone rurale ou suburbaine. Enfin, le Chat est une espèce dont le mode de vie assez indépendant complique l'application d'un programme de vermifugation au praziquantel tel que celui développé en Alaska chez le Chien (Rausch *et al.*, 1990b).

On peut considérer que les Micromammifères à l'origine de l'infestation des carnivores domestiques proviennent du cycle sylvatique. Mais il a par ailleurs été démontré que le cycle s'auto-entretient ensuite quasiment sans apport extérieur. En effet, on a diminué de 29 % à 5 % la prévalence du parasite dans la population de Rongeurs au cours d'une campagne de traitement régulier des chiens au praziquantel sur l'île de St Laurent en Alaska (Rausch *et al*., 1990b).

A-2.1.4 Cycle « urbain »

Le cycle sylvatique du parasite n'est plus cantonné aux zones rurales inhabitées mais se rencontre désormais dans les villages et même les villes. Certains auteurs le désignent alors par le terme de cycle « urbain », source de confusion car il a également été employé pour désigner le cycle domestique. Nous garderons cependant cette désignation, suivant la tendance générale des publications les plus récentes.

Les acteurs de ce cycle sont les mêmes que pour le cycle sylvatique, à savoir principalement le Renard comme hôte principal, et un Rongeur comme hôte intermédiaire.

Des territoires plus restreints, une plus forte densité de population et des contacts plus étroits semblent être des facteurs favorisant de l'entretien d'un tel cycle, même en zones très urbanisées.

Le cycle sylvatique s'est ainsi spatialement rapproché des cycles rural et domestique, ce qui peut constituer un facteur de risque supplémentaire pour l'Homme, soit de contamination directe, soit d'augmentation de la présence du parasite chez les animaux commensaux et domestiques.

Ainsi l'ensemble des cycles épidémiologiques du parasite ne fonctionnent pas en vase clos mais sont l'objet d'un ensemble d'interrelations qui font toute la complexité de la dynamique de transmission de *E. multilocularis*, comme schématisé à la Figure 9, ci-dessous.

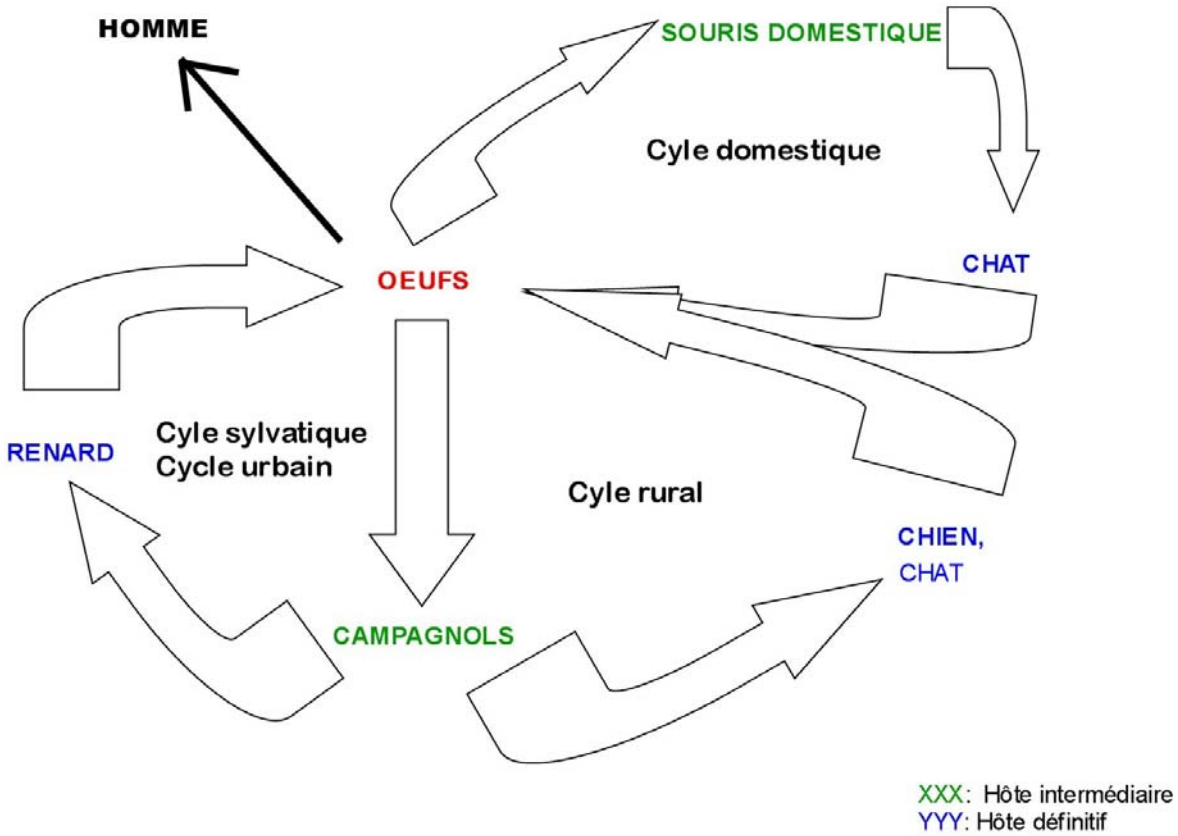


Figure 9 : représentation schématique des différents cycles épidémiologiques de *E. multilocularis.*

A-2.1.5 Le cas particulier des hôtes « accidentels »

A côté des Rongeurs, un certain nombre de Mammifères, dont l'Homme, peuvent héberger le métacestode. Ce sont des hôtes anormaux et ils ne jouent aucun rôle dans le cycle évolutif du parasite (Deplazes & Eckert, 2001). Il s'agit de cul de sac épidémiologiques.

Chez l'Homme, la prolifération du métacestode dans le foie donne lieu à une maladie très grave, l'échinococcose alvéolaire. Il s'agit d'une zoonose d'importance en santé publique car le parasite se comporte dans le foie du patient comme une tumeur maligne.

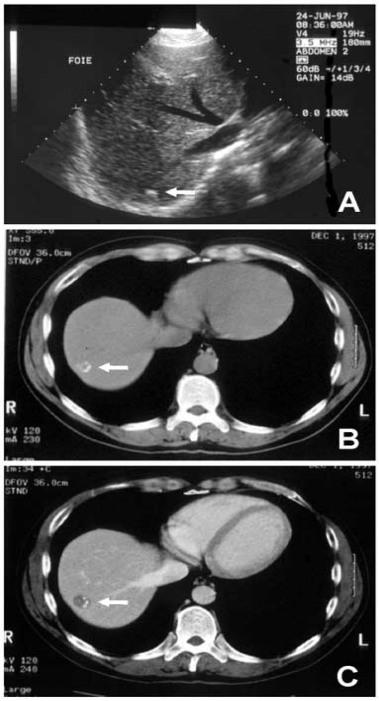
La période d'incubation est de cinq à 15 ans, et les signes cliniques n'apparaissent qu'en fin d'évolution, lorsque le foie est en grande partie envahi par le parasite. On observe alors un ictère, une douleur épigastrique, une hépatomégalie et une perte de poids. En fin d'évolution, le parasite peut envahir d'autres organes par formation de métastases (Deplazes & Eckert, 2001).

Le diagnostic est basé sur l'identification des lésions parasitaires par imagerie médicale (échographie, scanner) (Figure 10) et la détection d'anticorps sériques spécifiques (Pawlowski *et al*., 2001) .

Source : www.zim.org.mk/clinicalimages

Figure 10 : image échographique du foie d'un patient humain atteint d'échinococcose alvéolaire

Avant les années 1970, le taux de mortalité frôlait les 100 % dans les 10 à 15 ans suivant le diagnostic, dans certains groupes de patients non traités, alors que les moyens actuels n'existaient pas (Amman & Eckert, 1995 ; Eckert 1998). Aujourd'hui encore, la maladie est souvent fatale si elle n'est pas diagnostiquée précocement et correctement traitée. Mais il est important de noter qu'il existe des cas d'auto-guérison par encapsulation et calcification de la lésion débutante (Thompson & Mc Manus, 2001) (Figure 11).



Actuellement le traitement consiste en une chirurgie réductrice et une chimiothérapie, mais il est extrêmement cher et la guérison complète est rarement atteinte (Deplazes & Eckert, 2001). Il faut en effet pour cela pouvoir retirer entièrement la lésion parasitaire (d'où la nécessité d'un diagnostic précoce) et suivre une chimiothérapie post-opératoire d'au moins deux ans (Pawlowski *et al*., 2001). Dans les cas plus évolués, on conseille d'exciser la plus grande partie du parasite et de suivre, comme dans le cas de lésions inopérables, une chimiothérapie à long terme, voire à vie, à base d'albendazole ou de mébendazole. Ce traitement semble être bien toléré par la plupart des patients mais il s'avère être plus parasitostatique que larvicide (Deplazes & Eckert, 2001). Ainsi le taux de survie à 10 ans de ce type de patient est passé à 80 % au lieu des six pour cent à l'époque où ce traitement n'existait pas.

Figure 11 : échographie (A) et scanner (B et C) d'un patient montrant des lésions abortives d'échinococcose alvéolaire, d'après Gottstein *et al*., 2001.

Depuis quelques années, on décrit en Europe et au Japon de nouveaux Mammifères hébergeant le stade larvaire du parasite, tels que des chiens, des porcs sauvages et domestiques, des chevaux, des singes et le Ragondin (*Myocastor coypus)* (Losson & Coignoul, 1997 ; Thompson & McManus, 2001). Comme chez l'Homme, le métacestode se développe primairement dans le foie et peut causer de très grave formes d'échinococcose alvéolaire à l'issue fatale.

Outre l'intérêt clinique de ces cas pour la profession vétérinaire, ces découvertes sont également d'importance épidémiologique car elles sont révélatrices de la contamination de l'environnement par des œufs d'*E. multilocularis* (Deplazes & Eckert, 2001). Ainsi l'émergence de tels cas pourrait traduire l'existence d'un risque accru de contamination pour l'Homme.

Concernant le Cheval et le Porc, les lésions décrites sont de taille réduite, et tout porte à croire que dans ces espèces le développement du métacestode s'arrête spontanément (Eckert *et al*., 2001a). Cela ne semble pas être de même pour les singes et les chiens, chez qui des formes graves ont été observées.

Le cas du Chien mérite particulièrement d'être évoqué. En effet en tant que Carnivore, il est plus classiquement décrit comme hôte principal du parasite et non comme hôte intermédiaire. Les premières échinococcoses alvéolaires du foie ont été décrites dans cette espèce après la fin des années 1980 (Deplazes *et al*., 1997 ; Losson & Coignoul, 1997 ; Haller *et al*., 1998). Cela paraît véritablement tardif car, en zone d'endémie, de telles affections auraient pu être reconnues avant, lors d'autopsies. Ceci pourrait donc être le signe d'un changement récent des données épidémiologiques sur la maladie (Deplazes & Eckert, 2001).

Dans plusieurs cas des protoscolex ont été mis en évidence dans des lésions hépatiques lobulées de consistance ferme (Haller *et al*., 1998). Dans d'autres cas, la lésion apparaissait plutôt comme une grande structure kystique, contenant un liquide visqueux provenant de tissus nécrosés et des milliers de vésicules transparentes de deux à cinq millimètres de diamètre. Cette dernière forme est relativement proche de l'aspect lésionnel rencontré chez l'Homme (Deplazes & Eckert, 2001).

Des cas d'infestation simultanée du foie par le métacestode et de l'intestin grêle par le stade adulte ont également été décrits (Deplazes *et al*., 1997). Deux hypothèses sont alors possibles : soit l'origine de l'infestation du foie est l'ingestion d'œufs provenant de l'environnement et peut-être même d'une infestation intestinale préalable, soit la prolifération du métacestode dans le foie s'est étendue aux canaux biliaires, libérant ainsi des protoscolex jusque dans l'intestin grêle par le canal cholédoque. Ceux-ci se développeraient alors directement en stades adultes du parasite (Deplazes & Eckert, 2001).

Les perspectives de diagnostic et de traitement chez ces animaux reposent exactement sur les même principes qu'en médecine humaine (Haller *et al*., 1998 ; Deplazes & Eckert, 2001).

A-2.2 Répartition géographique et prévalence

La répartition géographique de *E. multilocularis* dépend de celle de ses hôtes définitifs et intermédiaires naturels, qui diffèrent selon les régions du globe. Sa prévalence et sa dynamique de transmission dépendent également de la sensibilité individuelle de chaque hôte, de leurs interrelations, de leur densité de population, de leur structure d'âge, de la variété de leur régime alimentaire, des variations saisonnières et d'autres facteurs encore méconnus. C'est pourquoi la distribution spatiale de ce parasite est très variable. Il n'est pas rare de constater des différences importantes entre deux régions, et même au sein d'un seul habitat. Il en résulte une répartition en mosaïque ou en foyers qui n'est généralement pas reflétée par les habituelles cartes de répartition. Il faut aussi noter que les données de prévalence mentionnées parfois dépendent fortement du mode de diagnostic choisi et du nombre d'hôtes étudiés (Eckert *et al*., 2001d).

A-2.2.1 Dans le monde

La transmission de ce cestode est limitée aux régions paléarctiques de l'hémisphère Nord (Eckert & Amman, 1990). Sa distribution géographique, représentée en Figure 12 comprend l'Europe Centrale, le nord et le centre de l'Eurasie, l'est Asiatique (y compris le Japon) et l'Amérique du Nord. On mentionne également quelques possibles foyers isolés en Afrique du Nord (Tunisie) (Eckert *et al*., 2000 ; Eckert *et al*., 2001d).

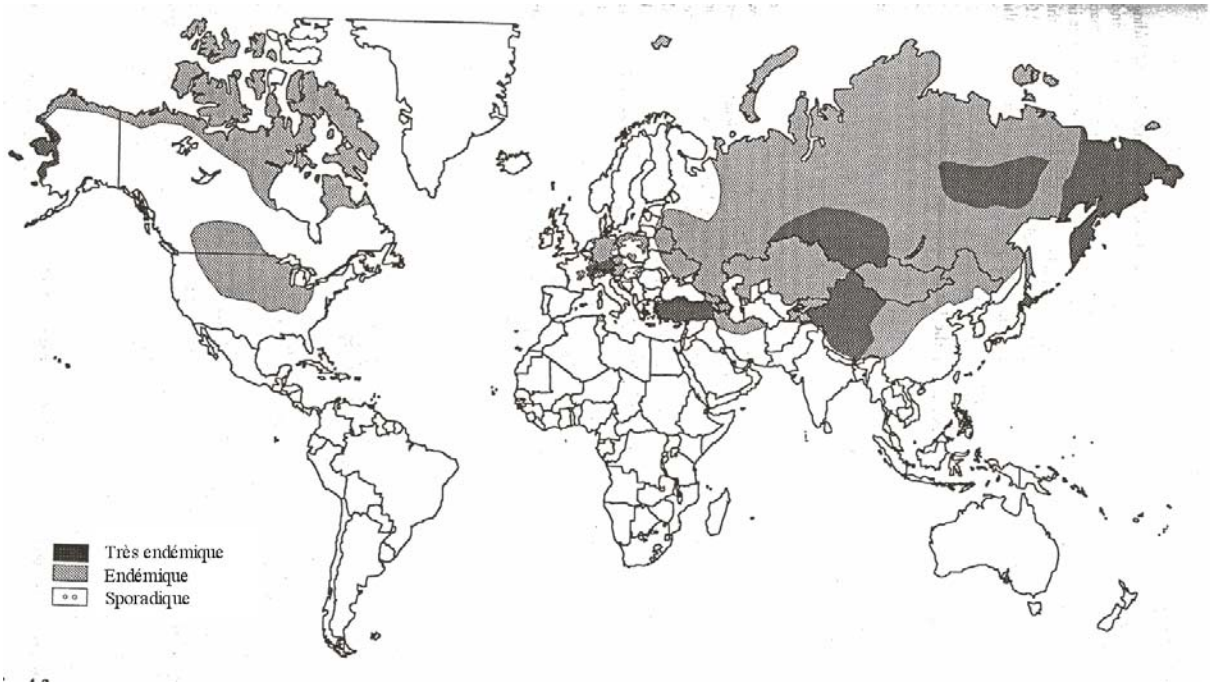


Figure 12 : distribution géographique approximative de *E. multilocularis* en 1999, d'après Eckert *et al*., 2001d.

Il y a peu de données concernant l'incidence de l'échinococcose alvéolaire chez l'Homme. D'une manière générale, dans les régions endémiques, elle se situe entre 0,02 et 1,4 pour 100000 individus (Eckert & Deplazes, 1999 ; Eckert *et al*., 2001d) ; cependant on rencontre dans des populations de taille limitée, des foyers d'endémie avec une incidence annuelle équivalent à 98 pour 100 000.

En Europe le principal vecteur reste le Renard roux, *Vulpes vulpes* (Eckert & Deplazes, 1999*)*, mais dans certaines situations épidémiologiques (Alaska, Chine) les carnivores domestiques, et notamment le Chien, semblent jouer un rôle prépondérant dans la contamination de l'Homme (Schantz *et al*., 1995 ; Craig *et al*., 2000 ; Deplazes & Eckert, 2001). Dans ces régions on a trouvé des prévalences atteignant 12 % chez les chiens alors qu'en Europe elle ne dépasse jamais 0,5 à 5,6 % (Petavy *et al*., 2000 ; Deplazes & Eckert, 2001 ; Eckert *et al.*, 2001d).

Dans la zone Méditerranéenne, des cas humains ont été enregistrés en Tunisie (deux cas) (Schantz *et al*., 1995), en Iran (37 cas) et en Turquie (157 cas ; 3,1 nouveau cas par an en moyenne). Dans le nord de l'Iran , on a montré des prévalences élevées de *E. multilocularis* chez le Renard (*Vulpes vulpes*) (22,9 %) et le Chacal (*Canis aureus*) (16 %) (Eckert *et al*., 2001d).

E. multilocularis est également endémique sur une grande partie du territoire russe et des pays voisins (Biélorussie, Ukraine, Moldavie, Georgie, Arménie, Azerbaïdjan, Ouzbékistan, Kazakhstan, Turkménistan, Tadjikistan, Kirghizstan).

Dans cette zone, on recense au moins neuf carnivores comme hôtes potentiels du parasite : le Renard polaire (*Alopex lagopus*), le Renard roux (*Vulpes vulpes*), le Renard corsac (*Vulpes corsac*), le Loup (*Canis lupus*), le Chacal (*Canis aureus*), le Raton laveur (*Nyctereus procyonoides*), le Chat sauvage africain (*Felis libyca*), ainsi que le Chat et le Chien domestiques.

Au nord de la Russie, la prévalence du parasite atteint jusqu'à 76 % chez le Renard polaire et 24 % chez le Renard roux. Les chiens sont également d'excellents vecteurs (jusqu'à 39 % des animaux infestés) (Bessonov, 1998).

On manque de données récentes sur la maladie chez l'Homme mais les données récoltées il y a 20 à 30 ans, rapportent une prévalence globale élevée, généralement supérieure à 10 pour 100000 (Bessonov, 1998).

Un cas humain a été signalé au Nord de l'Inde (Eckert *et al*., 2001d).

En République Populaire de Chine, le parasite est principalement rencontré dans les parties ouest et centrale, comprenant les provinces de Xinjiang, Qinghai, Ningxia, Gansu, Sichuan, Mongolie et Tibet. Dans la province de Gansu, une étude épidémiologique portant sur 3331 personnes a révélé une prévalence locale de 200 malades pour 100000 habitants.

Au Japon, *E. multilocularis* est endémique sur Hokkaido, où le parasite s'est répandu très rapidement : de huit à 90 % de la surface de l'île entre 1981 et 1991. Sa prévalence chez le Renard roux varie de 10 à 30 %, et chez les Rongeurs (Campagnol grisâtre, *Clethrionomys rufocanus,* et Campagnol de la Taïga, *C. rutilus,* principalement) de quatre à 22 %.

Dans les vingt dernières années, on compte une dizaine de nouveaux cas humains par an en moyenne (Kimura *et al.*, 1999).

En Amérique du Nord, le territoire du parasite s'étend sur deux aires distinctes. Dans la zone nord de Toundra, en Alaska et au Canada, la répartition du parasite est superposable à celle du Renard polaire, et s'étend jusque sur les îles sub-arctiques et arctiques du Canada. Les principaux acteurs du cycle sont le Renard polaire comme hôte définitif, avec une prévalence moyenne de 77 % (40 % à 100 %) et le Campagnol de la Toundra (*Microtus oeconomus)* (prévalence de 2 % à 16 %, atteignant 80 % localement) et le Lemming brun (*Lemmus sibiricus*) comme hôtes intermédiaires. On trouve dans cette région des villages où *Microtus oeconomus* s'est installé comme commensal. Compte tenu de la densité de chiens domestiques, les conditions idéales sont donc réunies pour l'installation d'un cycle rural du parasite dans ces villages, où l'on trouve les plus fort taux de prévalence chez l'Homme de toute l'Amérique du Nord. Sur l'île de St Laurent par exemple, on trouve une incidence annuelle de sept à 98 cas pour 100 000 Esquimaux.

Une seconde zone d'endémie s'étend sur trois provinces canadiennes (Alberta, Saskatchewan et Manitoba) et 13 états adjacents des USA, jusqu'au Nebraska, l'Iowa, l'Illinois, l'Indiana et l'Ohio (Schantz *et al*., 1995). Cette seconde aire de répartition étant en extension continue depuis que le parasite a été découvert dans le Dakota du Nord en 1964, il n'est pas du tout exclu de le rencontrer dans les états contigus dans les années à venir, d'autant plus qu'on y trouve en abondance les différents hôtes habituels du parasite (Eckert *et al*., 2001b). La translocation de renards et de coyotes depuis cette zone vers des réserves de chasse de régions non endémiques, risque de favoriser ce phénomène (Schantz *et al*., 1995).

Les deux principaux hôtes définitifs du parasite rencontrés dans cette région sont le Renard roux (*Vulpes vulpes*) et le Coyote (*Canis latrans*), ainsi que parfois le Renard gris (*Urocyon cinereoargenteus).* La prévalence globale du parasite chez ces Carnivores varie de 19 % au sud à 90 % dans certains foyers du nord. Quant aux hôtes intermédiaires, il s'agit le plus souvent de la Souris sylvestre (*Peromyscus maniculatus*) et du Campagnol des champs (*Microtus pennsylvaticus*) (Schantz *et al*., 1995). Dans cette zone, seuls deux cas humains ont été diagnostiqués, l'un en 1937 et l'autre en 1977, bien que des enquêtes séro-épidémiologiques aient été entreprises (Hildreth *et al*., 2000).

A-2.2.2 En Europe

En Europe, on compte de nombreux cas humains, dans des pays où le parasite est endémique depuis longtemps. Mais il est désormais découvert dans un nombre grandissant de pays.

En Europe centrale, le parasite est reconnu depuis longtemps comme endémique en Allemagne du sud, en Suisse, et sur certains territoires autrichiens et français (Veit *et al.*, 1995). De récentes études semblent montrer que dans cette partie du globe, sa distribution est plus vaste que ce qui était reconnu jusqu'à présent, comme le montre la Figure 13.

Figure 13 : évolution de l'aire de répartition connue de *E. multilocularis* entre 1990 et 1999, d'après www.eurechinoreg.org.

Ainsi sa présence a été démontrée en Belgique, en République Tchèque, au Danemark, au Liechtenstein, au Luxembourg, en Pologne, en République Slovaque et aux Pays-Bas (Eckert & Deplazes, 1999 ; Romig *et al.*, 1999 ; Eckert *et al.*, 2001d) et très récemment en Italie (Manfredi, in Gottscheck, 2002). La découverte récente de *E. multilocularis* dans l'est de la Pologne et la République Slovaque soutient l'hypothèse selon laquelle les foyers d'Europe centrale et d'Europe de l'est, jusqu'alors considérés comme indépendants, sont en fait cohérents (Eckert *et al*., 2001d).

Un nouveau foyer a été détecté chez des Rongeurs en 1999, sur l'île de Spitsbergen, dans les îles norvégiennes de Svalbard (mer de Barent) (Eckert *et al*., 2001d).

On ne sait pas si ces découvertes révèlent une réelle extension du parasite ou si il s'agit de foyers anciens non découverts jusqu'ici. Il y a cependant fort à penser que des études ultérieures permettront de détecter le parasite dans d'autres régions (Deplazes & Eckert, 2001).

La prévalence de *E. multilocularis* chez le Renard roux est assez variable selon qu'on se trouve à l'intérieur ou entre les zones d'endémie (de un à 60 %) (Deplazes & Eckert, 2001).

Concernant les prévalences indiquées chez le Renard, il faut savoir que l'on peut rencontrer des valeurs localement très élevées par rapport aux moyennes calculées sur de vastes zones.

Par ailleurs, on note une certaine augmentation de la prévalence du parasite dans certaines régions, notamment en Allemagne et en France (Romig *et al.*, 1999 ; Giraudoux *et al*., 2001). Mais l'extrême complexité de la dynamique du parasite, ne permet pas d'en tirer de conclusions particulières (Eckert *et al*., 2001d).

Le Chien et le Chat domestiques sont parfois porteurs du parasite en Europe, mais les prévalences établies jusqu'à présent sont bien plus faibles que celles rencontrées chez le Renard. On peut cependant attendre une plus forte présence du parasite lorsque ces animaux ont régulièrement accès à des Rongeurs infestés, à proximité des foyers par exemple.

La prévalence moyenne de *E. multilocularis* est généralement basse chez les Rongeurs (moins de un pour cent à six pour cent), mais dans certains foyers des prévalences plus importantes ont été rencontrées. Chez le Rat musqué (*Ondatra zibethicus*), on a obtenu des prévalences très élevées, et même en augmentation. En Allemagne, par exemple, on est passé d'une prévalence entre 0 et 4,1 % au début des années 1980, à 15 à 39 % des individus à la fin des années 1990 (Romig *et al.*, 1999).

Récemment, un projet de réseau européen de surveillance de l'échinococcose alvéolaire, a vu le jour au sein du *Programme communautaire de prévention du SIDA et d'autres maladies transmissibles* (http://www.eurechinoreg.org). La synthèse de données rétrospectives, provenant de plusieurs pays, a permis de clarifier la situation épidémiologique de cette maladie en Europe. L'incidence annuelle évaluée ainsi chez l'Homme est généralement basse et varie de 0,02 à 1,4 pour 100000. En mai 1999, on comptait plus de 400 patients atteints d'échinococcose alvéolaire, répartis sur six pays européens dont principalement la France, la Suisse, l'Allemagne et l'Autriche . Contrairement à la tendance observée chez le Renard on ne constate pas d'augmentation de l'incidence de la maladie chez l'Homme.

La situation peut être résumée comme suit (d'après Eckert *et al.*, 2001d) :

En **Scandinavie**, l'identification du parasite est assez récente (1999) chez le Renard au Danemark et chez les Rongeurs en Norvège.

En **Belgique**, la prévalence chez le Renard est élevée au Luxembourg (Sud-est du pays), plus basse dans les Flandres (Nord-ouest). Trois personnes sont actuellement touchées par la maladie.

Aux **Pays bas**, seuls quelques renards porteurs ont étés identifiés, à proximité de la frontière allemande.

Au **Luxembourg**, la prévalence chez les renards est faible.

En **Allemagne**, on trouve des renards infestés dans la plupart des 16 länder, excepté à Hambourg, Bremen, Berlin et en Saxe (est du pays). Les plus fortes prévalences sont rencontrées dans le sud du pays et au centre. Le pays compte 102 patients. L'incidence annuelle moyenne calculée en Bavière s'élève à 0,09/100000.

La **Suisse** signale la présence du parasite dans 21 des 26 cantons, avec des prévalences plus élevées dans le nord des Alpes. La prévalence moyenne du parasite y est élevée. L'incidence moyenne chez l'Homme était de 0,14 pour100000 entre 1956 et 1992, avec un taux nettement supérieur dans le canton du Jura (0,74/100000). Elle totalise aujourd'hui 104 malades.

Au **Liechtenstein**, les prévalences rencontrées chez le Renard sont élevées.

En **Autriche**, on a trouvé des renards porteurs dans six des neuf länder, avec de fortes prévalences dans l'ouest du pays (Vorarlberg et Tyrol), alors qu'on constate une diminution à l'est. Avec une incidence annuelle de 0,02 cas pour 100000 habitants, on y recense actuellement 33 cas humains.

En **République Tchèque**, le parasite a été trouvé dans cinq régions du pays, avec d'assez hautes prévalences.

En **République Slovaque**, des renards infestés ont été trouvés dans les parties est et ouest du pays, lors d'études préliminaires. Des cas humains y ont également été diagnostiqués.

En **Pologne**, les régions du nord ont des prévalences chez le Renard plus hautes (2,2 % à 11,8 %) qu'au sud du pays (0,4 %) avec une prévalence moyenne de 2,6 %. Sept cas humains y sont actuellement décomptés.

En **Italie,** le parasite a été localisé chez le Renard dans la vallée de Pusteria, à quelques kilomètres de l'Autriche (Manfredi, in Gottscheck, 2002)

Des cas humains isolés ont été signalés dans d'autres pays, tels que la Grande Bretagne (vraisemblablement des cas importés), la Hongrie, la Grèce et la Suède (Eckert *et al*., 2001d).

D'autre part, plusieurs espèces de rongeurs infestés par le métacestode de *E. multilocularis* ont été découvertes, en Slovénie, Bulgarie et Roumanie (Kolarova, 1999). Mais on ne dispose pas d'informations suffisantes pour établir le statut enzootique ou non du parasite dans ces pays.

A-2.2.3 En France

Une vaste zone d'endémie à l'est s'étend depuis les Ardennes au Nord, le long des frontières belge, luxembourgeoise, allemande, et suisse, jusqu'à la Savoie au sud. Il existe un plus petit foyer d'endémie en Auvergne, dans le Massif Central.

Plus précisément, le parasite a été détecté chez le Renard roux en Savoie (Grivet, 1999) ; en Haute-Savoie (voir paragraphe suivant) ; dans le Massif central (Petavy & Deblock, 1983) ; l'Ain ; le Jura et le Doubs (Giraudoux, 1991 ; Grisot, 1990), la Haute-Saône ; les Vosges (Baudoin & Aubert, 1993) ; le Haut-Rhin, le Bas-Rhin ; la Meurthe et Moselle, la Meuse et la Moselle (Bonnin *et al.*, 1986) ; et plus récemment dans les Ardennes.

Bien que recherché spécifiquement, il n'a par contre jamais pu être mis en évidence en Isère (Brotel, 1989), dans la région Midi-Pyrénée (Mestrallet, 1992), dans le Rhône (Rosselot, 1985) ou en Loire Atlantique (Richomme, 2002).

On compte actuellement 181 malades dans le pays. Entre 1948 et 1983, environs 200 cas humains ont été signalés en France, puis de 1983 à 2000, 260 nouveaux cas. La plupart de ces patients vivent ou sont originaires des régions habituellement connues comme endémiques chez le Renard (Figure 14).

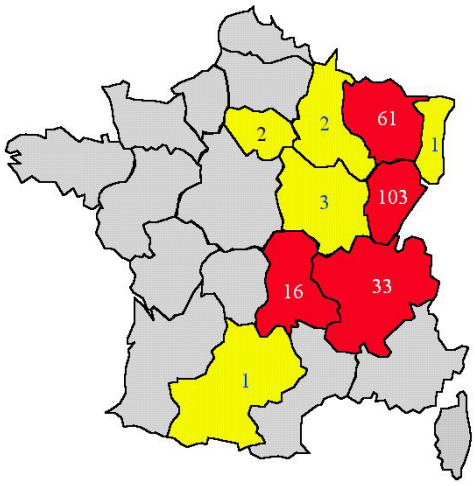


Figure 14 : répartition des cas humains d'échinococcose alvéolaire diagnostiqués en France entre 1983 et 1999 ; en rouge : zone d'endémie du parasite, d'après **www.eurechinoreg.org**.

L'augmentation apparente d'incidence notée sur les seize dernières années, par comparaison aux 35 années précédentes (Figure 15), ne peut être entièrement attribuée à une pression parasitaire supérieure. Elle peut aussi s'expliquer par l'amélioration des méthodes de diagnostic et l'intérêt grandissant pour cette zoonose.

Ainsi, une étude conduite entre 1987 et 1991, auprès de donneurs sanguins, dans une population rurale du Doubs (Figure 15) a mis en évidence huit cas d'échinococcose alvéolaire active et cinq porteurs de lésions inactives. Ces treize cas avérés conduisent à une prévalence de groupe de 165 cas pour 100000 personnes et une prévalence régionale de 11 cas pour 100000 habitants (Bresson-Hadni *et al*., 1994).

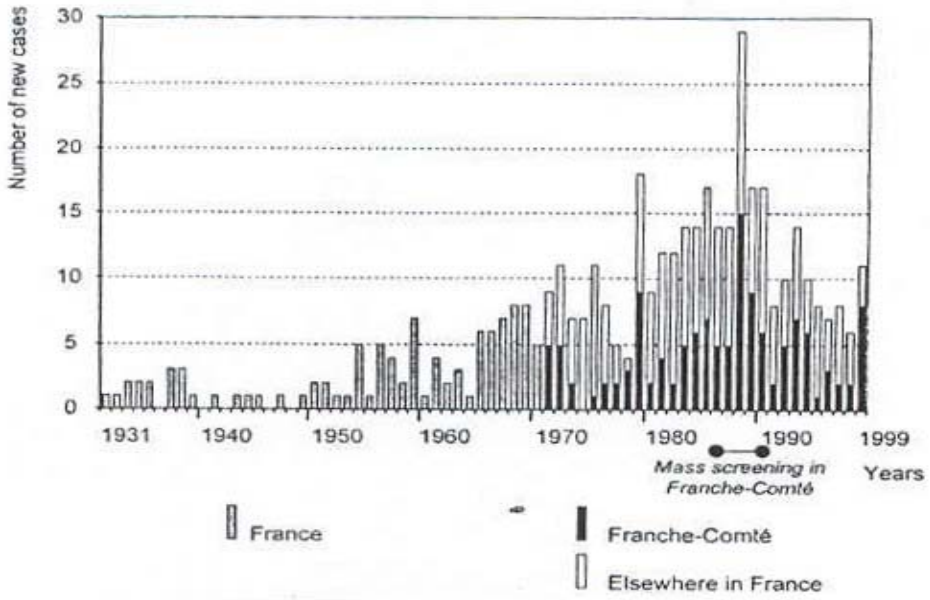


Figure 15 : incidence annuelle de l'échinococcose alvéolaire en France, montrant également la situation en Franche-Comté, d'après Giraudoux *et al*., 2001.

Il semble par ailleurs que le parasite soit en extension sur le territoire français (Boucher *et al*., 2001 ; Giraudoux *et al*., 2001). Une étude actuellement menée par l'Entente interdépartementale de lutte contre la Rage et autres Zoonoses (ERZ), en collaboration avec l'AFSSA-Nancy et l'Université de Franche-Comté devrait permettre prochainement de préciser la répartition du parasite sur la moitié est de la France (cf Deuxième partie).

A-2.2.4 En Haute Savoie

La Haute-Savoie est, pour la France, le berceau historique de l'échinococcose alvéolaire. En effet, c'est chez un habitant de Thonon-les Bains que Dematteis décrit, en 1890, le premier cas humain français d'échinococcose alvéolaire (Contat, 1984). C'est également le premier département français où la forme adulte du parasite fut mise en évidence chez un animal (Euzéby, 1960). L'hôte était un Renard roux.

Par la suite, plusieurs travaux ont démontré le statut endémique du département.

Contat (1984), par l'autopsie de 99 renards, abattus entre janvier 1982 et août 1983, estimait la prévalence de *E. multilocularis* chez le Renard en Haute Savoie à 43,43 %. La majorité des renards porteurs se trouvaient dans les vallées du Giffre et de l'Arve, jusqu'à proximité d'Annemasse, et dans le massif des Bornes. Dans ce même massif, il détectait le parasite chez deux des 36 chiens à qui il avait fait subir un test à l'arécoline. De plus il révélait la présence du métacestode chez sept pour cent des 68 campagnols terrestres qu'il avait piégés sur la même période dans les massifs du Giffre et des Bornes.

Plus tard, Rosselot (1985) confirme et élargit à l'est et l'ouest les zones d'endémie citées par Contat. La prévalence totale trouvée chez le Renard est de 17 % seulement (29 autopsies), mais il a exploré des zones non couvertes par l'étude précédente.

Lorsque Prost (1988) fait la synthèse de ses propres travaux (78 autopsies) et des précédents, elle démontre une prévalence globale de 47,3 %, avec des différences très significatives entre différentes zones du départements. Ainsi considère-t-elle comme particulièrement marqués par la présence de *E multilocularis* les massifs calcaires du Chablais, des Bornes et des Aravis et leurs contreforts, en particulier la zone collinéenne-montagnarde intermédiaire entre ces massifs et l'avant pays alpin dont Annemasse fait partie. C'est d'ailleurs dans cette agglomération qu'elle découvre le portage du parasite par un Chat et soulève déjà la problématique d'un éventuel cycle urbain de *E. multilocularis*, et du rôle que les carnivores domestiques pourraient jouer dans la contamination humaine.

Enfin, Petavy *et al.* (1990), concluent que le parasite se rencontre également au nord du Giffre (Chablais, rives du Léman), à la prévalence de 25 %, et chez 12 % des renards de l'Avant pays Alpin (rive gauche du Rhône). Ainsi, d'après eux, l'ensemble du département est soumis à l'endémie échinococcique.

En 2000, le nombre de cas humains avérés d'échinococcose alvéolaire découverts en Haute-Savoie était estimé à 30 (Petavy *et al*., 2000).

A -3 Epidémiologie analytique

A-3.1 Sources d'infestation et modes de contamination

A-3.1.1 Pour l'hôte définitif

Les hôtes définitifs se contaminent par l'ingestion de protoscolex, suite à la prédation d'hôtes intermédiaires porteurs de larves fertiles de *E. multilocularis*.

Il existe des variations dans le taux de fertilité du métacestode entre espèces de rongeurs (Pétavy *et al*., 1984) et entre individus d'une même espèce, mais il semble toutefois que le nombre de protoscolex par hôte ait moins d'importance sur le plan épidémiologique que la fréquence de rencontre avec des proies même peu parasitées (Raoul, 2001).

Ainsi tout hôte intermédiaire de *E. multilocularis*, même d'une réceptivité moyenne peut représenter une source significative de parasite, du moment qu'il est une proie fréquente de l'hôte définitif.

A-3.1.2 Pour l'hôte intermédiaire, l'Homme et les autres hôtes anormaux

Le stade du parasite infestant pour les hôtes intermédiaires et les hôtes anormaux est l'oncosphère contenue dans l'œuf du Cestode. Ces œufs sont dispersés dans l'environnement par des carnivores porteurs de la forme adulte du parasite.

En Europe centrale et de l'ouest, il semble que le principal responsable de la contamination de l'environnement soit le Renard roux.

En effet, en comparant la taille des populations et les prévalences généralement observées dans cette espèce en zone d'endémie à celles rencontrées chez les carnivores domestiques, on arrive rapidement à cette conclusion (Deplazes & Eckert, 1999).

A Hokkaido, au Japon, avec 14 % des 18073 renards porteurs contre seulement un pour cent de 9742 chiens, les mêmes déductions ont été faites. De plus, on a mis en évidence un lien direct entre l'incidence des cas humains et la propagation du parasite par le Renard sur cette île.

Dans une situation d'hyperendémicité du parasite, le Chien peut tout de même être la principale source d'infestation de l'Homme, comme ce fut décrit dans certains villages d'Alaska (Rausch *et al*., 1990). On a également identifié des foyers, au sein de zones d'endémie où les prévalences du parasite chez les Renards, les Rongeurs, et également les Chiens (12 %) étaient très au-dessus des moyennes de la région (Gottstein *et al*., 1996). Mais le plus souvent, en zone d'endémie, les prévalences moyennes rencontrées chez le Chien et le Chat sont nettement inférieures à celle évaluée chez le Renard, qui est généralement considéré comme le principal disséminateur d'œufs infestants dans l'environnement.

Cependant, en fonction de leur mode de vie, de leur proximité avec l'Homme, et de leur capacité à héberger le parasite, les chats ou les chiens, peuvent représenter une source de contamination importante.

Comme les hôtes intermédiaires normaux, l'Homme et les autres hôtes anormaux se contaminent en ingérant des œufs d'*E. multilocularis*.

Ces oeufs peuvent être présents à la surface de végétaux consommés crus, préalablement souillés par les déjections d'un Carnivore porteur.

Pour l'Homme, on désigne fréquemment les pissenlits ou les fruits de bois comme source de matière contaminante (Petavy, 1999), mais les légumes d'un potager auquel les renards mais aussi des carnivores domestiques ont accès comportent également un risque.

Ces œufs sont également présents dans le pelage des Carnivores porteurs. En effet, la présence de segments ovigères au niveau de l'anus provoque un léchage important de la part de l'animal, qui contamine ensuite le reste de sa fourrure. Ainsi, le contact direct avec des Carnivores porteurs, accompagné d'un manque d'hygiène (nettoyage des mains), est également une source probable d'infestation.

La contamination par l'intermédiaire de l'eau de consommation est une voie qui a encore été très peu été explorée mais qui reste envisageable (Pétavy, 1999).

A-3.2 Persistance du parasite dans l'environnement

A-3.2.1 Résistance des oeufs

La longévité et la ténacité des œufs sont des éléments importants, non seulement dans les mesures de prévention individuelles, mais aussi pour la modélisation des dynamiques de transmission et la mise au point de moyens de contrôle du parasite.

Veit *et al*. (1995) ont montré que les œufs restent infestants dans le milieu extérieur pendant plus de 100 jours quelles que soient la saison et l'exposition, dans les conditions climatiques d'Allemagne du sud-ouest. Le maximum atteint fut même de 240 jours sur une période allant d'Août à Mai, avec des températures extrêmes de -15 et + 27°C.

La température reste un élément de destruction des œufs d'échinocoques, ils ne résistent pas à une température supérieure à 43°C et sont tués en dessous de -83°C (Veit *et al*, 1995).

L'effet conjugué de la sécheresse permet d'améliorer ces résultats : des œufs exposés à une faible humidité relative (27 %) et à une température de 25°C perdent leur pouvoir infestant dans les 48 heures. A l'inverse des conditions d'humidité élevée favorisent leur conservation. Ils peuvent même demeurer infestants pendant 478 jours en suspension dans de l'eau à 4°C.

L'exposition à des rayons gamma réduit considérablement leur pouvoir infestant, ils sont complètement neutralisés au-delà de 40 krad.

Par contre, aucun des désinfectants usuels, aux concentrations disponibles dans le commerce n'ont montré une efficacité contre les œufs de *E. multilocularis*, pas même l'exposition à de l'éthanol à 40 % pendant plus de 24 heures.

En pratique, l'eau de javel pure est utilisée pour la désinfection des laboratoires et du matériel (Veit *et al.*, 1995).

A-3.2.2 Résistance des protoscolex

Les protoscolex sont assez facilement détruits par la chaleur ou les froids importants, de même que par la plupart des agents chimiques (formol à 1 ou 2 %, eau oxygénée…), mais ils conservent tout de même une vitalité de un à trois mois entre quatre et 15°C (Euzeby, 1971), permettant l'infestation de carnivores par l'ingestion de cadavres.

A-3.3 Réceptivité et facteurs de risque

A-3.3.1 Des hôtes définitifs

Il existe une réceptivité intrinsèque d'espèce et individuelle. Les prévalences habituellement rencontrées chez les renards et les autres carnivores, ainsi que le nombre de vers adultes par hôte, montrent que les renards sont des hôtes beaucoup plus favorables au parasite (Contat, 1984 ; Prost, 1988).

Il faut cependant souligner une grande variabilité d'un individu à l'autre : parmi les animaux porteurs, seuls quelques individus sont très fortement infestés (plusieurs milliers de vers fertiles) et sont donc les principaux responsables de la contamination de l'environnement (Deplazes & Eckert, 2001 ; Raoul *et al*., 2001). A titre d'exemple, Hofer *et al*. (2000) ont montré, sur une population de renards donnée, que seuls 7,5 % des individus portait plus 72 % du nombre total de vers comptés, avec un maximum atteint de 57 000 vers pour un seul individu.

Par ailleurs de nombreux facteurs extrinsèques interviennent :

Les habitudes alimentaires jouent un rôle important dans les facteurs de risque (Eckert *et al*., 2001c). Par exemple, le Renard polaire, un des deux principaux hôtes définitifs de *E. multilocularis*, dépend principalement de la prédation d'*Arvicolidea* (*Microtus oeconomicus*, *Lemmus* spp. et *Dicrostonyx* spp.). S'il est généralement charognard pendant l'hiver (Mammifères marins échoués), il semble consommer également une grande quantité de Rongeurs capturés en été et stockés en vue de la mauvaise saison (Rausch *et al*., 1990a). Or on sait que la larve peut conserver sa vitalité dans le milieu extérieur pendant une période allant jusqu'à trois mois (Euzéby, 1971).

Le Renard roux, possède un régime alimentaire très varié, et s'adapte à la disponibilité des proies. Ainsi, lors de pullulations de campagnols il concentre son activité prédatrice sur les zones concernées, et la part de rongeurs dans son alimentation augmente significativement (Raoul, 2001 ; Meia, 2003). La rencontre avec le parasite est ainsi favorisée, et sachant qu'il lui suffit de l'ingestion d'un seul rongeur parasité pour héberger à son tour des centaines de vers, la prévalence du parasite peut fortement augmenter dans ce contexte (Giraudoux, 1991 ; Raoul, 2001).

Il a également été montré que la prévalence du parasite augmente lorsque la densité des populations de renards augmente (Raoul, 2001).

Certaines études ont pu montrer un portage du parasite plus important par les juvéniles que par les adultes (Hofer *et al*., 2000).

Enfin une variabilité saisonnière semble exister : selon certains auteurs la prévalence vulpine du parasite serait plus élevée en hiver (Contat, 1984 ; Grisot, 1990 ; Hofer *et al.*, 2000 ; Deplazes & Eckert, 2001).

A-3.3.2 Des hôtes intermédiaires

Il existe, parmi l'ensemble des hôtes intermédiaires potentiels de *E. multilocularis,* une grande variabilité de la sensibilité intrinsèque.

Microtus arvalis est une espèce particulièrement sensible à *E. multilocularis*, il suffit en effet de l'ingestion de cinq œufs pour déclencher le développement du métacestode. Deux mois seulement après l'infestation, on observe clairement les premières lésions dans le foie (Veit *et al*.,1995). Chez cette espèce, ainsi que chez *Clethrionomys glareolus*, la larve est presque systématiquement fertile.

Chez *Arvicola terrestris*, par contre, la larve est moins fréquemment présente, et se développe si lentement qu'elle est le plus souvent stérile au moment de la capture. Petavy et Deblock (1983) ont ainsi montré que sur 23 Rongeurs parasités, deux seulement étaient porteurs de larves fertiles.

Le Mulot (*Apodemus sp*) est enfin une espèce qui semble très peu réceptive (Le Pesteur Labadie ,1990).

Il existe également des facteurs extrinsèques pouvant influencer la réceptivité des espèces hôtes intermédiaires. On montre en effet une plus grande fréquence du parasite en lisière de cultures, milieu auquel certaines espèces d'hôtes intermédiaires potentiels ne sont pas inféodées (Le Pesteur Labadie, 1990) leur risque de contamination sera par conséquent moins élevé. Certains éléments permettent un début d'explication à cette localisation particulière : il s'agit d'abord de lieux privilégiés pour le marquage du territoire par les renards, de plus fortes densités de fèces y ont été notées (Giraudoux, 1991). D'autre part cette situation en marge de cultures favoriserait l'enfouissement des oeufs et par conséquent leur protection vis à vis de la dessiccation.

Il existe aussi une variabilité saisonnière, avec par exemple de plus fortes prévalences chez *M. arvalis* au printemps (Delattre, 1988).

A-3.3.3 De l'Homme

Les facteurs de risque de l'infestation pour l'Homme sont encore assez flous. Il semblerait que le risque soit plus grand en zone rurale, et une grande proportion des patients atteints d'échinococcose alvéolaire rapportent une activité agricole. Cette zoonose peut donc faire partie des zoonoses de loisir, comme des zoonoses professionnelles.

Malgré tout, on sait que, dans des zones rurales présentant de très fortes prévalences du parasite, non seulement chez le Renard mais également chez le Chat et le Chien, la prévalence de l'échinococcose alvéolaire humaine ne dépasse pas la moyenne nationale (Gottstein *et al*., 2001). Par ailleurs l'incidence de la maladie n'a jamais varié en Suisse entre 1956 et 1999 alors que la densité des populations de renards a varié considérablement, du fait notamment de l'épidémie de Rage (Gottstein *et al*, 2001).

La réceptivité de l'Homme au métacestode semble donc relativement réduite.

D'autre part, dans les cas d'échinococcose alvéolaire humaine, la larve est le plus souvent stérile et montre des critères de dégénérescence qui attestent de la mauvaise réceptivité de l'Homme au parasite. La gravité de cette affection tient justement plus à l'intensité de la réaction de l'hôte au parasite, souvent considérable (fibrose, nécrose…).

Le cas de *E. multilocularis* illustre parfaitement la théorie des filtres développée par Combes (1995), illustrée en Figure 16. D'après lui, le système hôte-parasite (SHP) s'appuie sur deux filtres qui doivent être traversés pour permettre au parasite de contaminer son hôte :

D'abord un filtre de Rencontre : l'hôte et le parasite doivent cohabiter dans le même écosystème et avoir des comportements favorisant leur entrée en contact.

Ensuite un filtre de Compatibilité : le parasite doit trouver chez son hôte des conditions favorables à son métabolisme, tout en n'étant pas rejeté par ses défenses immunitaires.

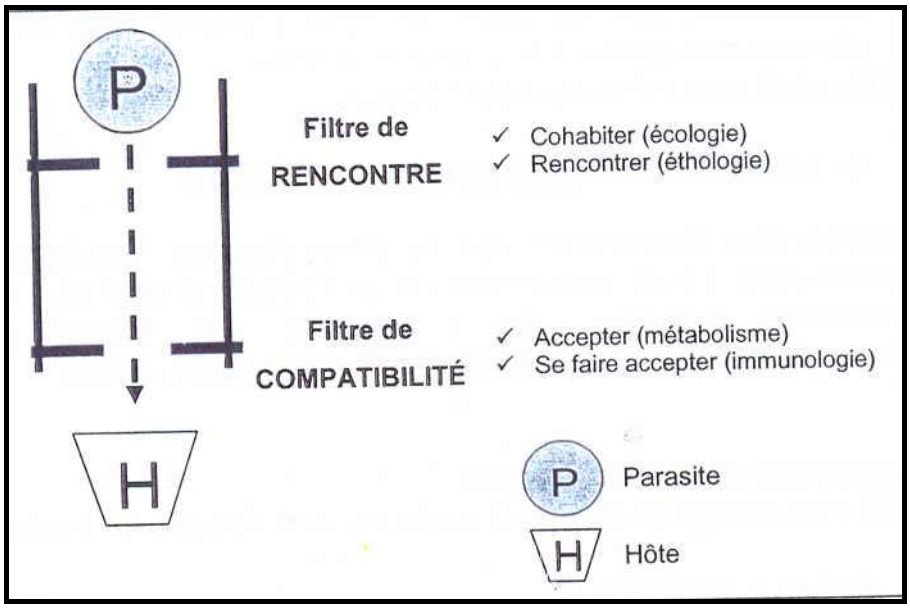


Figure 16 : représentation schématique de la théorie des filtres, d'après Combes, 1995.

Ainsi la compréhension de l'écologie de la transmission d'un parasite passe par la reconnaissance des facteurs qui ouvrent ou ferment chacun de ces filtres pour les deux formes infestantes du parasite (protoscolex et oncosphère) et ses différents hôtes définitifs et intermédiaires. Dans le cas de *E. multilocularis* cette approche permet de réaliser la multitude de variables à étudier, qui interagissent de façon complexe sur sa transmission à l'échelle d'une population, et sur lesquels il faudrait agir pour améliorer la prévention de la maladie chez l'Homme.

A -4 Prophylaxie

A-4.1 Règles sanitaires générales

En l'absence d'identification précise des modes de contamination humaine, voici les règles d'hygiène généralement conseillées pour l'Homme en zone d'endémie (d'après www.eurechinoreg.org) :

- ❑ Porter des gants pour tous les travaux en plein air et se laver les mains après ces travaux.
- ❑ Se laver les mains après les contacts prolongés avec son animal de compagnie (jeux, caresses, toilettage…).
- ❑ Cuire ou frire tous les aliments provenant des champs, des forêts ou des jardins potentiellement accessibles aux renards. Clôturer les jardins et les potagers.

Il existe évidemment des professions ou ces règles simples prennent une importance capitale (agriculteurs, vétérinaires, toiletteurs,…).

Enfin tout contact avec un Renard ou une matière en provenant (fèces, fourrure…) doit se faire sous la protection de gants et être suivi d'un nettoyage soigneux des mains (Eckert *et al*., 2001b).

La prévention pour le public passe donc, pour l'instant, par un effort d'information à grande échelle (Eckert *et al*., 2001b).

Concernant la protection du personnel de laboratoire travaillant sur le Renard ou le parasite, toutes les matières potentiellement infestantes sont stérilisées par la chaleur ou la congélation prolongée à –80°C. Le port de gants, de masques et l'utilisation de hottes aspirantes sont également très conseillés (Eckert *et al*., 2001b).

Un contrôle sérologique régulier des personnes exposées à un risque d'infestation (louvetiers, vétérinaires, …) reste utile, afin de permettre le démarrage d'un traitement au stade le plus précoce de développement du métacestode (Eckert *et al*., 2001b).

Bien qu'aucun lien direct n'ait pu être fait entre les fortes prévalences du parasite chez l'hôte principal et la contamination humaine, les seules autres voies de lutte développées jusqu'ici visent à la diminution de cette prévalence.

A-4.2 Vermifugation des Carnivores

Jusqu'aux années 1970, le traitement des hôtes définitifs du parasite résidait en la purgation par le bromhydrate d'arécoline. Ce vermifuge taenifuge avait pour principal intérêt de permettre le diagnostic des vers portés par l'animal, mais il faut au moins neuf traitements avant d'éliminer tous les vers chez 99,9 % des chiens (WHO, 1984). Son utilisation contraignante a peu à peu entraîné son abandon, au profit de nouvelles molécules. Parmi l'ensemble des anthelminthiques utilisables en médecine vétérinaire, nous verrons que très peu sont efficaces contre *E. multilocularis* (Eckert *et al*., 2001a).

A-4.2.1 Choix et dosage de la molécule

Le vermifuge choisi le plus couramment pour lutter contre *E. multilocularis* est le praziquantel, un dérivé de l'isoquinoline-pyrazine (2-cyclohexylcarbonyl-1,2,3,6,7,11,b-hexahydro-2-H-pyrazino[2,1-a]isoquinoline-4-one). En France, on le trouve seul sous le nom de Droncit® (forme injectable), il est également présent en association dans le Drontal® et le Milbémax® (comprimés).

Sa dose efficace à 90 % (90 % des vers éliminés) est de 4,6 (2,1-10,1)mg/kg PV pour *E. multilocularis* (2,3(1,5-3,7)mg/kg PV, pour *E. granulosus)*. La dose recommandée pour les carnivores domestiques est de 5mg/kg PV par voie orale et 5,7mg/kg PV par voie intramusculaire. A ces dosages, la molécule est très efficace contre les stades intestinaux immatures et adulte de *E. multilocularis*, *E. granulosus*, les espèces du genre *Taenia* et certains autres Cestodes (WHO, 1984). Cependant, ce médicament n'est pas ovicide.

Dans la plupart des études, une administration unique de praziquantel par voie orale est efficace à 100 % contre *E. multilocularis* et *E. granulosus*. On ne peut cependant pas exclure la possibilité d'un parasitisme résiduel chez certains des individus traités, plus particulièrement en cas d'erreur d'administration (Eckert *et al*., 2001a).

Le praziquantel est par ailleurs une molécule sûre, utilisable chez les animaux gestants, et dont l'index thérapeutique est élevé : l'administration de doses élevées pendant de longues périodes chez le Chien n'a provoqué aucune lésion, ni perturbation des fonctions reproductrices (Andrews *et al*., 1983).

On trouve le praziquantel sous forme de comprimés et de solution injectable (voie intramusculaire, plus efficace que sous-cutanée). Une formulation en spot-on pour Chat, ayant montré une forte efficacité contre *Taenia taeniaeformis*, *Dipylidium caninum* et *E. multilocularis* (Furkase *et al*., 1996), existe mais n'est actuellement pas disponible en France.

L'epsiprantel, est une molécule développée plus récemment. Il s'agit d'un dérivé de l'isoquinoline-pyrazine, structurellement proche du praziquantel (2-(cyclohexylcarbonyl)-4-oxo-1,2,3,4,7,8,12b-octahydropyrazino[2,1a][2]benzazepine). Elle existe sous la forme de comprimés (Cestex®) à administrer à la dose de 5,5mg/kg PV chez le Chien et 2,75mg/kg PV chez le Chat (Eckert *et al*., 2001a), mais n'est pas encore disponible en France.

Cette molécule est très efficace contre les différentes espèces de *Taenia* et *Dipylidium caninum* chez les carnivores domestiques (Manger & Brewer, 1989) et aussi contre le genre *Echinococcus*. Les différentes études réalisées montrent de très faibles taux de parasitisme résiduel chez le Chien et une éradication totale du parasite chez le Chat (Eckert *et al*., 2001a).

C'est également une molécule bien tolérée par les carnivores domestiques. Contrairement au praziquantel, l'epsiprantel est peu absorbé par l'hôte et peut donc agir directement sur les cestodes *in situ*.

Il faut de plus noter qu'aux posologies indiquées, ces molécules sont également actives contre d'autres cestodes et notamment *E. granulosus*, ce qui renforce leur intérêt.

Par contre, en dehors de ces deux molécules, aucun des vermifuges classiquement utilisés chez le Chien et le Chat (nitroscanate, benzimidazoles…) n'ont montré une efficacité suffisante contre *E. multilocularis* (Eckert *et al*., 2001a).

A-4.2.2 Traitement des carnivores domestiques

Le rôle éventuel joué par les carnivores domestiques dans la transmission de l'échinococcose alvéolaire à l'Homme en Europe centrale reste encore à élucider. Cependant, la proximité des carnivores domestiques avec l'Homme peut faire d'eux d'excellents vecteurs de la maladie, même s'ils ne sont pas de gros excréteurs de matières contaminantes (Petavy,1999).

Afin d'éliminer le risque d'infestation, l'euthanasie d'animaux porteurs du parasite est une voie défendue par certains (Eckert *et al*., 2001a). La vermifugation est une alternative qui doit être envisagée sous de strictes précautions sanitaires. Si le praziquantel est utilisé, et c'est la seule molécule efficace actuellement disponible en France, on devrait obtenir une efficacité de 100 % en un seul traitement. Mais comme il existe une possibilité de parasitisme résiduel chez certains individus (plus fréquemment avec l'epsiprantel qu'avec le praziquantel), on recommande l'administration d'une seconde dose de vermifuge dans la semaine suivant le premier traitement. Pour des raisons pratiques, il est conseillé de réaliser les deux traitements deux jours de suite.

Le praziquantel n'étant pas ovicide, il est indiqué de maintenir enfermés les carnivores domestiques pendant quelques jours après leur vermifugation, afin d'éviter la dissémination d'œufs dans l'environnement, et de détruire les fèces émises pendant cette période par le feu (Boucher *et al*., 2001).

Il serait ensuite bon de s'assurer de l'efficacité du traitement par la réalisation d'un coprotest ELISA, suivi si possible d'une recherche de copro-ADN par PCR.

Enfin, il faut par la suite s'assurer que l'animal ne puisse plus se contaminer à nouveau, par la prédation de Rongeurs par exemple (Eckert *et al*., 2001a). Si cela n'est pas possible il faut envisager des traitements à intervalles réguliers de quatre semaines maximum (Eckert *et al*., 2001e).

A-4.2.3 Programmes de vermifugation des hôtes définitifs

Il s'agit d'une approche récente du problème, encore à l'étude dans plusieurs pays. (Eckert *et al*., 2001e).

Un programme de vermifugation des chiens sur l'île de St Lawrence a montré des résultats intéressants. En parallèle d'un effort de limitation de la population et de la divagation des chiens, une vermifugation mensuelle au praziquantel a permis la diminution de la prévalence chez les rongeurs (même place dans le cycle évolutif que l'Homme), d'une moyenne de 30 % à 1,2 % en trois ans, puis son maintien à un niveau bas (Rausch *et al*., 1990).

Au Japon, le largage d'appâts contenant 25mg de praziquantel, à raison de 40 appâts au km², quatre jours par mois, sur une zone test de l'île d'Hokkaido, aurait diminué la prévalence fécale du parasite de 28 % à moins de 5 % (Tsukada *et al*., 2002).

Quatorze mois de traitement dans une zone test du sud de l'Allemagne, par distribution soit à la main, soit par hélicoptère, d'appâts contenant 50mg de praziquantel, à raison de 15 à 20 appâts au km², toutes les huit à quatorze semaines, a permis de faire tomber la prévalence vulpine de 32 % à quatre pour cent (Schelling *et al*., 1995).

Une campagne utilisant le même type d'appât et les mêmes densité de distribution, a été réalisée au sud de Stuttgart en Allemagne. En 18 mois de distribution à six semaines d'intervalle, la prévalence vulpine est passée de 64 % à sept pour cent. Puis un an de largage tous les trois mois a permis de maintenir le portage du parasite à un niveau bas avec un tendance à la baisse. Enfin sur 18 mois de traitements espacés de six mois la prévalence est remontée jusqu'à un niveau de 35 %, avant de retrouver, quelques mois après le dernier traitement le niveau initial de 64 % (Romig, 2002, non publié, in Gottscheck, 2002)

Un tel mode de contrôle a également été étudié dans la ville de Zurich, mais les résultats ne sont encore pas connus.

D'après un modèle mathématique, on pourrait éradiquer le parasite dans les zones de faible prévalence (<50 %) en utilisant ce genre d'appâts (Roberts & Aubert, 1995). Mais la validité de ce modèle n'a pas encore été testée par des essais de terrains.

Ainsi on cherche encore à définir l'intervalle idéal de traitement pour éviter une ré-infestation du Renard, la durée et la taille minimale de la zone à traiter afin d'erradiquer ou de maintenir à un faible niveau le parasite. Par ailleurs, la repopulation d'une zone « déparasitée » par des renards des zones voisines implique de prendre en compte la situation à grande échelle (Boucher *et al*., 2001).

Il reste aussi beaucoup de questions ouvertes, sur les effets physiologiques, écologiques, et épidémiologiques de tels programmes. On peut encore difficilement évaluer les conséquences de la libération massive et simultanée dans l'environnement d'œufs potentiellement infestants, puisque le praziquantel n'est pas ovicide. Il faut également pouvoir raisonner l'intérêt économique de ces mesures. Enfin, des problèmes d'ordre éthique concernant la biodiversité et l'équilibre naturel des populations, peuvent être soulevés. C'est pourquoi il est nécessaire de poursuivre les investigations sur ces méthodes avant de pouvoir trancher définitivement en faveur ou en défaveur de tels programmes.

A-4.3 Autres mesures de prophylaxie

A-4.3.1 Gestion des populations de renards

Dans le cadre du cycle sylvatique, l'élimination de l'hôte définitif peut être considérée comme un moyen de contrôler la propagation du parasite. Ce fut par exemple le cas au Japon sur l'île de Rebun. Le Renard y avait été introduit au début du siècle, et par conséquent le parasite également, causant rapidement une forte morbidité et mortalité chez l'Homme. L'abattage de plus de 2000 renards et 3000 chiens a permis de casser le cycle du parasite, qui n'a pas pu se maintenir sur l'île.

Mais de telles mesures ne paraissent pas applicables à grande échelle, pour des raisons éthiques et écologiques évidentes. Ce genre d'action est donc réservé à des contextes très particuliers (Eckert *et al*., 2001e).

D'après Petavy *et al*. (1990) le niveau d'endémie de *E. multilocularis* en Haute-Savoie est resté relativement insensible à la campagne d'abattage de renards destinée à la limitation de la propagation de la Rage (11 673 individus abattus en six ans, de 1977 à 1982). Ils considèrent donc comme inutile de compter sur l'efficacité prophylactique de telles mesures pour prétendre diminuer la prévalence du parasite dans une région soumise à l'échinococcose alvéolaire.

Il est par contre naturel de penser qu'une bonne maîtrise des populations de renards, pour lesquels il n'existe plus ou presque de prédateur naturel (Loup, Lynx, Aigle Royal), en maintenant des densités réduites, puisse contribuer, avec d'autres mesures, à un meilleur contrôle de *E. multilocularis*, dont la dynamique de transmission est influencée par de multiples facteurs.

A-4.3.2 Gestion des pullulations de campagnols

Le lien ayant été fait entre les fortes prévalences de *E. multilocularis* chez le Renard et les pullulations de campagnols (Giraudoux, 1991), il paraît intéressant d'agir sur ce phénomène. Le contrôle de ces populations aurait par ailleurs un effet de régulation sur le nombre de renards, probablement utile à la limitation de la propagation du parasite.

Les dégâts causés par les rongeurs sur les cultures ou les prairies lors de ces pullulations ont amené depuis plusieurs années à la recherche de moyens de contrôle efficaces.

La lutte chimique a d'abord été massivement développée, utilisant un anti-coagulant, la bromadiolone. Avec le recul, on sait aujourd'hui que cette stratégie n'est efficace que si elle intervient dès les premiers signes d'invasion par les taupes (dont les galeries sont ensuite envahies par les campagnols), ou les campagnols. Utilisée en période de pullulation, elle ne permet pas de diminuer les populations. Par ailleurs, les dégâts causés sur la faune non cible (carnivores, rapaces, gibier), notamment sur des prédateurs naturels qui pourraient contribuer à la régulation des ces populations, sont regrettables. Enfin, les agriculteurs sont demandeurs de méthodes de lutte plus intégrées, moins nuisibles à leur image et à leurs produits (Gottscheck, 2002).

Les moyens mis en œuvre pour gérer ces populations d'une façon plus respectueuse de l'environnement passent par une meilleur gestion du paysage. La reconstitution des haies peut être intéressante à long terme, en diminuant la connectivité des habitats favorables aux campagnols et en fournissant des zones de nichage aux prédateurs naturels tels que les rapaces. Le maintien de la population de ces derniers et la fabrication de perchoirs sur les sites sensibles sont également des pistes à l'étude.

La lutte chimique est désormais entreprise à l'aide de phosphure de calcium ou de magnésium, dès les premiers signes de présence des taupes ou des campagnols.

A-4.3.3 Maîtrise du contact faune domestique – faune sauvage

Il est généralement admis que le cycle rural est « alimenté » par un cycle sylvatique parallèle. En limitant les chances de recouvrement entre les territoires de prédation des renards et des carnivores domestiques, leur contamination consécutive à la consommation de rongeurs infestés serait moins évidente.

Il serait donc utile d'empêcher la divagation des chien et des chats. La pose de clôtures autour du jardin et du potager permet de se protéger de l'intrusion des chiens extérieurs et des renards, mais reste rarement suffisante contre celle des chats (Boucher *et al*., 2001).

B- LE RENARD DANS LA VILLE

Le Renard roux (*Vulpes vulpes*) est un canidé de petite taille (entre cinq et sept kilogrammes en moyenne), très répandu à la surface du globe. Son pelage varie du jaune pâle au roux, avec le dessous du corps et l'intérieur des oreilles blancs, l'arrière des oreilles et l'extrémité des pattes noires. Il peut également porter un pinceau blanc au bout de la queue et un masque noir sur le museau (Figure 17).

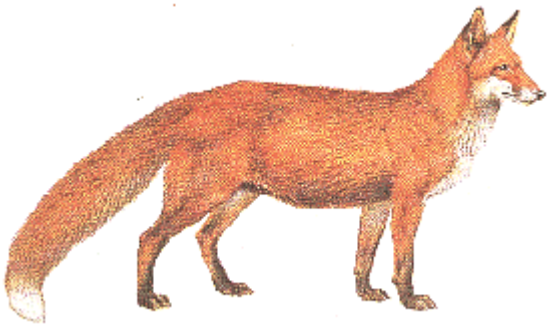


Figure 17 **: Renard roux adulte**. **Source : www.mypage.bluewin.ch/a-z/nmsierro/faune.htm**

Il est présent à travers toute l'Eurasie (sauf l'extrême nord et l'extrême sud), une grande partie de l'Amérique du Nord, presque toute l'Australie, et la côte nord de l'Afrique. Sa quasi omniprésence reflète sa grande faculté d'adaptation mais aussi son lien étroit avec l'Homme, qui parfois l'a introduit ou a fourni des conditions favorables à son développement. Il semble plus adepte des zones diversifiées, présentant des éléments forestiers et agricoles, mais dans les faits, on le rencontre partout : « des plaines à la montagne, des régions sauvages au cœur des villes » (Meia, 2003).

En Europe, le Renard roux est de plus en plus abondant depuis une vingtaine d'années. Ce phénomène peut s'expliquer par la disparition de la Rage, mais aussi l'activité humaine (déboisement, création de zones vertes, ordures ménagères, pratiques agricoles favorables aux Rongeurs, attitude plus tolérante face à la faune sauvage…), et le faible nombre de prédateurs naturels.

Ce petit Carnivore est par ailleurs un modèle d'adaptabilité. Sa stature lui permet d'être efficace dans sa recherche de gîte ou de nourriture tout en restant extrêmement discret. En outre, sa taille moyenne implique des besoins en nourriture modérés (2,5kg par semaine), nourriture pour laquelle il est d'ailleurs assez peu sélectif.

Il dispose également d'un excellent odorat, d'une vison nocturne semblable à celle du Chat (*tapetum lucidum* derrière la rétine et pupille fendue verticalement), de vibrisses très développées, et d'une ouïe extraordinaire (il perçoit le chicotement d'un Rongeur à plus de 100 mètres). Il possède enfin une très bonne mémoire.

Toutes ces facultés sont autant d'atouts que le Renard a su mettre à contribution pour s'établir au sein même des villes.

B -1 Un phénomène répandu

En Grande-Bretagne, la présence de populations de renards vivant en ville est un phénomène connu depuis les années 1930, à Londres par exemple (Teagle, 1967 ; Beames, 1969, 1972 ; Page, 1981). Dans les années 1970-1980, les populations de renards des villes britanniques ont atteint des densités de l'ordre de cinq groupes familiaux au km² (soit environ 12 adultes), ce qui n'avait encore jamais été observé (Harris, 1981a ; Harris & Rayner 1986a). Comme rien de tel n'était décrit dans le reste de l'Europe, ce phénomène est longtemps passé pour être une exclusivité britannique (Harris, 1977 ; Macdonald & Newdick, 1982).

Or, après l'importante épizootie de Rage essuyée sur le continent européen, durant laquelle les densités de populations de renards avaient fortement diminué, on a vu ces densités augmenter rapidement dès le début des années 1990 (Artois, 1997) et parallèlement les renards furent de plus en plus fréquemment observés dans les zones urbanisées (Gloor *et al.,* 2001).

En Suisse par exemple, le Renard est désormais présent dans 30 villes de plus de 20000 habitants et quatre villes de plus de 50000 habitants (Zurich, St Gallen, Luzern, Biel) comportent des terriers jusqu'en leur cœur. Ce phénomène apparaît être très récent (depuis 1985) (Gloor *et al*., 2001). Seules les populations de renards de l'agglomération genevoise semblent être en déclin du fait d'une épizootie de gale sarcoptique depuis 1996 (Claude Fisher, communication personnelle). Désormais la population de renards urbains à Zurich, atteint environ 500 animaux, avec des densités atteignant 10 adultes au kilomètre carré (Deplazes *et al.*, 2002).

Ce phénomène est aujourd'hui mentionné dans la plupart des pays appartenant à l'aire de répartition du Renard roux, comme la Norvège avec la ville d'Oslo (Christensen, 1985), le Danemark à Arhus, à Stuttgart en Allemagne ainsi que les villes de Toronto au Canada (Adkins & Stott, 1998) et Sapporo au Japon. En France également le Renard urbain a été étudié dans le Val d'Oise (Debuf, 1987) et dans la ville de Nantes (Lechat, 1994 ; Richomme, 2002 ; Guitton, 2003) la présence du renard a également été mentionnée dans les villes de Lyon, Nancy et Rouen (Artois, 1989).

Plusieurs théories tendent à expliquer le développement de populations urbaines de renards.

La première, formulée par Harris & Rayner (1986b), part du fait que dans les années 1930, en Grande-Bretagne, il y a eu un rapide accroissement des constructions de banlieues formées de résidences privées avec jardin, occupées par une population de classe moyenne, constituant des zones de faible densité humaine, très favorable à l'installation du Renard. Une fois installé dans ces banlieues, le Renard aurait ensuit migré vers des zones plus urbanisées.

Une autre hypothèse s'appuie sur la pression de population (*Population Pressure Hypothesis*). Les renards auraient envahi les villes afin de pallier l'augmentation de densité présente en milieu rural. Selon cette théorie les populations de renards dans les villes et dans les zones rurales adjacentes devraient augmenter parallèlement, et ne devraient pas être génétiquement différentes (Rousset, 1999). Déjà en 1982, Macdonald & Newdick suggéraient qu'il n'y avait pas de division nette entre ces deux types de population, car ils avaient pu observer des passages réguliers d'un milieu à l'autre par certains individus.

Enfin, il y a la théorie de l'île urbaine. Les renards urbains seraient devenus adaptés aux conditions de vie spécifiques du milieu urbain, comme les fortes densités de populations humaines. Ils seraient par conséquent capables d'utiliser des ressources particulières à la ville telles que les rebus de nourriture ou les lieux de refuge permettant de se cacher pendant la

journée. Dans cette configuration, les populations citadines évolueraient indépendamment des populations rurales. Le début de la colonisation du milieu urbain s'expliquerait par l'adaptation comportementale de quelques renards, leur permettant d'accéder aux nouvelles ressources qu'apporte le milieu urbain. Comme seulement quelques individus auraient fondé les populations de renards urbains on devrait s'attendre à ce que celles-ci soient génétiquement différentes des populations rurales adjacentes.

Bien que la vie en zone urbaine nécessite des adaptations particulières, dont certaines ont déjà été mises en évidence, Gloor *et al*. (2001) considèrent que la théorie des pressions de population explique au moins comment le phénomène a pu être initié. On ne pourra trancher plus avant qu'en étudiant de plus près l'utilisation des ressources par les renards urbains et la structure génétique de leurs populations.

B -2 Mode de vie des renards urbains

B-2.1 Conditions favorables et types de sites fréquentés

Il semblerait que le phénomène « Renard urbain » soit plus répandu dans des villes de grande taille (Macdonald & Newdick, 1982 ; Gloor *et al*., 2001). Ceci peut peut-être s'expliquer par le fait que les grandes agglomérations offrent de plus grandes proportions de banlieues, habitat qui semble être le plus favorable aux renards (Harris & Rayner, 1986b). En effet, dans les villes de Grande-Bretagne, les zones du centre ville, de logements à caractères social, les zones industrielles ou commerciales, sont peu fréquentées par les renards, alors que l'on observe de forte densités dans les quartiers résidentiels privés calmes, où la densité humaine est réduite et les chiens errants rares (Harris, 1981a).

Dans ces zones, on les retrouve surtout dans les jardins à l'arrière des maisons, les parties boisées ou en friche et les terrains vagues (Saunders *et al*., 1997).

Pour leurs déplacements, les renards utilisent volontiers les routes et les voies ferrées, ainsi que les cours d'eau, qu'ils longent jusqu'à un nouveau site d'activité.

Pour leurs repos diurnes, ils occupent rarement de véritables terriers, mais plutôt des zones de couvert, des taillis épais ou des zones cultivées, comme les renards ruraux (Saunders *et al*., 1997).

Mais il existe une grande variabilité de l'utilisation de l'espace urbain par les renards. On peut expressément parler de « Renard urbain » dans la plupart des grandes agglomérations Britanniques, à Genève (Fisher, communication personnelle) ou à Zurich par exemple, car les renards vivent dans une très forte proximité avec l'Homme. Il existe par contre des villes où le Renard vient profiter des ressources présentes mais tout en privilégiant les zones peu habitées (friches, terrains vagues, zones boisées), comme à Toronto (Adkins & Stott, 1998). On préfèrera alors le terme de Renard suburbain. Enfin la situation intermédiaire a été décrite par Debuf (1987) en région parisienne, où les zones fréquentées comportaient à la fois des quartiers résidentiels, des friches, des vergers et des terrains vagues.

Mais dans l'ensemble, on constate que le Renard urbain privilégie les zones calmes et abritées, non seulement pour leur tranquillité mais aussi probablement pour les ressources qu'elles offrent (Guitton, 2003).

La première expérience de suivi télémétrique de renards urbains en France, est présentée dans l'étude Guitton (2003). Suite au recueil de témoignages d'observations de renards par la population nantaise, un travail de recoupement avec l'analyse du paysage a été effectué, afin de déterminer les facteurs paraissant influer sur la présence ou non du Renard dans certains secteurs (ENFA : Analyse Factorielle de la Niche Ecologique ; Hirzel *et al*., 2002, cités par Guitton, 2003). Il semble que, dans la ville de Nantes, cette espèce privilégie les zones proches des cours d'eau et des massifs d'arbre, à faible densité humaine, loin des

bâtiments. Mais les deux renards suivis ont tout de même plusieurs fois fréquenté des jardins privés. Par contre, la quantité de surface d'herbe, les voies ferrées et les grands boulevards ne paraissent pas avoir d'influence. Ces résultats peuvent alors être utilisés pour réaliser des cartes d'habitat potentiel ou plutôt de probabilité de rencontre avec l'Homme, à l'échelle de la ville entière. Les conclusions de cette étude classent plus les renards nantais dans la catégorie des suburbains que de véritables urbains tels que ceux rencontrés en Grande-Bretagne.

B-2.2 Domaine vital et vie sociale

Le domaine vital est le territoire habituellement fréquenté par un animal, et sur lequel il pratique toutes ses activités quotidiennes.

Sa détermination nécessite de repérer sur une carte tous les lieux qu'un individu fréquente pendant un certain laps de temps. On calcule alors la surface représentée par l'ensemble des points. Au-delà d'un certain nombre de localisations, cette surface atteint un plateau, on peut alors considérer que le territoire a été entièrement élucidé.

Afin de pointer les différents lieux visités, il faut équiper l'animal d'un collier émetteur. Celui-ci émet un signal régulier à une fréquence précise. Les récepteurs utilisés indiquent la direction d'où provient le signal. En se plaçant à trois endroits différents puis en réalisant une triangulation, on détermine le lieu où se trouve l'animal. Certains émetteurs permettent également de savoir si l'animal est actif ou au repos, par changement du rythme d'émission.

La méthode la plus fréquemment utilisée pour déterminer un domaine vital à partir des localisations d'un individu est la méthode du Polygone Convexe Minimum (MCP). Elle consiste à tracer le plus petit polygone à angles convexes englobant tous les points. On réalise parfois le MCP à 5 % : il s'agit d'exclure 5 % des points correspondant aux points les plus extérieurs au polygone et représentant plus vraisemblablement des explorations ponctuelles que de véritables zones d'activité habituelles.

La surface du domaine vital est fonction du milieu de vie du Renard, et notamment de la disponibilité alimentaire (Meia, 2003). En zone rurale, elle oscille en général entre un et deux km², alors que dans les zones résidentielles de villes de Grande-Bretagne, elle est de l'ordre de 0,2 à 0,5 km² (White *et al*., 1996). Harris et Baker (2001) mentionnent même un Renard concentrant toute son activité sur seulement 0,09 km², dans la ville de Bristol. La surface moyenne des domaines vitaux déterminée par Guitton (2003) à Nantes, était de 0,56 km^2, soit une densité d'au moins 4,6 individus au km².

Toutes les données bibliographiques concordent ainsi à dire que les densités de population sont plus élevées et les surfaces des domaines vitaux plus réduites en ville qu'à la campagne. Mais il existe aussi des variations d'une ville à l'autre, voire d'un quartier à l'autre d'une même ville et aussi selon l'âge et le sexe de l'animal étudié. De même au fil des saisons, l'utilisation des ressources et les zones exploitées varient (Kolb, 1985).

D'autres facteurs peuvent également influencer la taille des domaines vitaux. Par exemple, une diminution de densité de population dans la ville de Bristol, due à une épidémie de Gale sarcoptique, a permis l'extension des domaines vitaux de l'ordre de 600 % par simple acquisition de l'espace laissé libre (Baker *et al*., 2000 ; Harris & Baker, 2001).

Chez le Renard, le domaine vital correspond au territoire. En ce sens il le défend contre tout individu de la même espèce en le marquant et en chassant les intrus. Mais il ne s'agit pas d'une territorialité stricte et il arrive qu'une même zone soit fréquentée par plusieurs individus, surtout si elle compte suffisamment de ressources (Meia, 2003).

L'organisation sociale des renards en milieu urbain diffère en effet de ce que l'on constate habituellement en milieu rural. Ordinairement, un même espace est partagé par un couple d'adultes et leur progéniture de l'année. Aucun intrus n'est toléré sur ce territoire, sauf parfois une jeune femelle. Il arrive même, lorsque les ressources sont faibles, que le Renard vive en solitaire (Artois & Le Gall, 1988).

Or en zone urbaine, on assiste à l'organisation de véritables groupes, comprenant un couple dominant et un certain nombre de femelles, souvent apparentées, et parfois un autre mâle (Macdonald, 1979 ; Page, 1981 ; Harris & Smith, 1987). Guitton (2003) a fréquemment observé des renards différents sur les mêmes zones que les renards qu'il suivait. Ceci contribue à des densités de population supérieures à celles observées en milieu rural. Les relations au sein du groupe sont de type hiérarchisées mais « amicales » (Doncaster & Macdonald, 1997), et chaque individu vit de toutes façons plutôt en solitaire. La taille de ces groupes est assez variable de 4,4 individus en moyenne à Oxford (Macdonald, 1982) à 6,6 à Bristol (Baker *et al*., 1998).

La formation de ces groupes semble s'expliquer par l'importance des ressources disponibles, le couple dominant ayant plus à perdre à défendre strictement son territoire qu'à tolérer des individus qui dans tous les cas, ne les privent pas de nourriture. Les éventuels avantages retirés de la vie en groupe (défense du territoire, aide des autres femelles ou coopération pour la chasse) apparaissent comme des facteurs secondaires, contrairement aux autres espèces sociales pour lesquelles ces critères sont importants. C'est pourquoi ce mode de fonctionnement est plutôt désigné par le terme de « groupes spatiaux » que celui de « groupes sociaux ».

En milieu urbain, il existe aussi une part non négligeable des renards adultes (jusqu'à 15 %) qui ne vit pas sur un territoire propre, mais utilise les espaces libres entre les domaines des groupes « installés » (Harris & Baker, 2001).

B-2.3 Activité

L'activité du Renard est essentiellement nocturne, entrecoupée de période de repos sur place. Elle consiste principalement en la recherche de nourriture et, en période de reproduction, à celle d'un partenaire.

La période active commence généralement 30 minutes après le coucher du soleil et se termine 15 minutes avant le lever du jour (Doncaster & Macdonald, 1997).

En milieu urbain les périodes de repos nocturnes sont plus longues (Woollard & Harris, 1990), par conséquent la durée d'activité est assez faible : 6h50 par jour en moyenne contre 8h30 en milieu rural, quelle que soit la saison (Doncaster & Macdonald, 1997). Cela est probablement dû à la plus grande richesse du milieu urbain, qui doit permettre en un temps plus court d'obtenir la quantité de nourriture nécessaire. Les périodes d'inactivité nocturnes sont plus fréquentes en hiver, où les nuits sont plus longues (Doncaster & Macdonald, 1997).

A l'aube, le Renard peut se constituer un gîte sur le site même où il se trouvait ou rejoindre un site de repos.

En général, le Renard parcourre la moitié de son territoire en une nuit, soit environ quatre kilomètres de trajet (Doncaster & Macdonald, 1997 ; Adkins & Stott, 1998). Ces valeurs peuvent être nettement augmentées pour les mâles, pendant la période du rut par exemple, ou diminuées pour les femelles pendant l'allaitement des petits (Saunders *et al*., 1997 ; Doncaster & Macdonald, 1997).

Enfin, il semble que les individus d'un même groupe suivent le même trajet, de façon décalée dans le temps (Doncaster & Macdonald, 1997).

B-2.4 Régime alimentaire

B-2.4.1 Techniques d'analyse

Il existe trois méthodes de détermination du régime alimentaire d'un animal. La première, consistant en l'observation directe du comportement alimentaire, est difficile à appliquer, surtout concernant le Renard roux, dont l'activité est très discrète et essentiellement nocturne. C'est pourquoi on se tourne plus souvent vers l'analyse de contenus stomacaux, ou l'examen des fèces. Le principe de l'une ou l'autre technique est d'identifier les restes alimentaires reconnaissables (ou items) dans les prélèvements après lavage et séchage en étuve.

On identifie les animaux ingérés aux restes de poils (observés en coupes et comparés à des catalogues de références) (Debrot *et al*., 1982), de squelettes, de plumes ou de cuticules observables dans le prélèvement analysé. De même les végétaux sont identifiés par comparaison à une collection de référence. Les soies de vers de terre peuvent être mises en évidence par coloration avec une solution d'acide picrique (Stahl, 1982).

L'analyse des contenus stomacaux permet plus d'aisance et d'assurance que l'examen des fèces et apporte souvent plus d'informations (structure d'âge et de sexe de l'échantillon observé). Mais l'autre technique présente l'avantage de ne pas nécessiter de mortalité dans la population observée, ce qui permet de suivre des effectifs réduits avec une continuité annuelle des résultats (Richomme, 2002).

B-2.4.2 Modes d'expression des résultats

On peut exprimer en pourcentage le nombre de fois où un item est identifié sur le nombre total de prélèvements, ce résultat est appelé fréquence d'occurrence (FO). La fréquence d'occurrence relative (FOR) est aussi parfois utilisée : il s'agit du rapport du nombre d'apparitions d'un item sur le nombre total d'apparitions d'items (Richomme, 2002).

Ces données sont une bonne source d'information car elles offrent le spectre de tous les aliments consommés par l'espèce étudiée (Stahl, 1982) mais elles ne sont pas le reflet de l'importance énergétique de chaque item (Artois *et al*., 1987).

On essaie parfois de quantifier ces données en exprimant la masse ou le volume de matière sèche récoltée pour chaque proie par rapport à la masse totale de matière sèche analysée.

Des coefficients correcteurs permettent de calculer le poids vif d'un item ingéré en fonction de la masse de matière sèche de l'item identifié dans les fèces (Artois *et al*.,1987).

Une autre approche quantitative consiste en la réalisation d'une échelle d'abondance : on attribue un score de un à cinq à chaque item en fonction de la quantité de restes identifiés dans chaque prélèvement (Harris, 1981b).

B-2.4.3 Données existantes

Si le phénomène « Renard urbain » est de plus en plus connu, il existe assez peu de données sur le régime alimentaire de ces animaux.

La dernière publication française en date est le travail de Richomme (2002) concernant le régime alimentaire de renards urbains dans la ville de Nantes. Elle présente des résultats portant sur l'analyse de 90 fèces de renards récoltées sur un an.

D'une façon globale elle montre une part prédominante des Mammifères et parmi eux des lapins (FOR = 17,4 %). Mais les micromammifères (*Microtus sp*. notamment) sont également bien représentés (FOR = 14,5 %). Il est constaté plus rarement la consommation de rats (surmulots), ragondins, et une seule fois de Soricidés.

Les fruits sont également fréquemment rencontrés (FOR = 25,4 %), mais significativement plus au printemps-été qu'en automne-hiver.

Il est noté également un fréquence élevée de végétaux, surtout de feuilles de graminées, (FO = 52 %). Ces aliments doivent être consommés soit accidentellement soit à des fins purgatives, comme le font de nombreux Carnivores.

Les Oiseaux représentent également une part non négligeable et ce, tout au long de l'année (FOR = 16,7 %).

Par contre, la consommation de Poissons et Reptiles demeure anecdotique. Celle de vers de terre n'a pas été démontrée, contrairement à la plupart des publications antérieures, ce qui semble plutôt provenir d'un défaut d'échantillonnage que d'une réelle absence dans le régime alimentaire des renards nantais.

Enfin, sont signalés divers déchets provenant probablement des ordures ménagères (plastiques, cuir, polystyrène …), ainsi que la consommation de croquettes pour carnivores domestiques.

Ces résultats vont dans le même sens que la plupart des publications antérieures sur le sujet, que ce soit en Grande Bretagne (Harris, 1981b ; Doncaster *et al*., 1990 ; Saunders *et al*., 1997), en Australie (Brunner *et al*., 1991) ou même en France (Brosset, 1975 ; Lodé, 1991 ; Lechat, 1994), car ils décrivent un comportement alimentaire généraliste, permettant d'utiliser les ressources disponibles de façon opportuniste, tout comme le Renard rural. Le régime alimentaire du Renard des villes est donc très diversifié, en corrélation avec la variété des ressources disponibles dans ce milieu particulier (espaces verts, jardins, poubelles, cours d'eau…). Il faut tout de même noter une plus faible part des aliments d'origine anthropique chez les renards urbains nantais que chez leurs cousins britanniques.

B -3 Renard urbain et échinococcose ?

La présence des renards en milieu urbain a des conséquences importantes sur la gestion des populations, le contrôle et la prévention des zoonoses. Cela peut aussi influencer le comportement de l'Homme vis à vis de la faune sauvage vivant en milieu urbain (Bontadina *et al*., 2001).

Le problème d'un cycle urbain de *E. multilocularis* a été récemment soulevé dans la ville de Zurich (Hofer *et al.*, 2000). Dans cette étude, la prévalence du parasite chez les renards urbains a été évaluée à 44,3 % et jusqu'à 66,7 % pour les renards des banlieues.

Une étude complémentaire (Stieger *et al.*, 2002) a montré que 25,8 % des 604 fèces récoltées dans la ville étaient positifs lors de recherche de copro-antigènes. Selon les zones et les saisons, ces proportions atteignent 45,2 %. Chez les Rongeurs, Stieger *et al.,* (2002) ont montré des prévalences de 9,1 % pour *A. terrestris* (4,3 % à 20,9 %) et 2,4 % pour *C. glareolus,* sans variation saisonnière.

Mais la répartition des fèces et des Rongeurs contaminés est à large prédominance périurbaine. La petite taille des territoires vitaux des renards urbains laisserait penser que les populations urbaines sont moins à risque que celles de la périphérie.

Or la périphérie de la ville est le principal cadre des activités de loisir des habitants de la zone urbaine, ce qui fait de cette surface une aire particulièrement à risque pour l'Homme.

A Sapporo, la recherche de copro-antigènes sur des fèces récoltées principalement en périphérie de la ville s'est de même révélée positive sur 21 % des 155 échantillons. Des autopsies, réalisées sur un nombre restreint de rongeurs (23), n'ont par contre pas mis en évidence le parasite (Tsudaka *et al*., 2000).

Ainsi, l'augmentation de la densité de renards dans les villes et la prévalence du parasite en certains endroits pourraient laisser penser qu'une plus grande partie de la population est exposée à un plus haut risque de contamination (Stieger *et al.*, 2002). Ceci doit être nuancé par l'absence de corrélation démontrée entre la présence, même forte, d'*E. multilocularis* dans l'environnement et son incidence chez l'Homme (Gottstein *et al*., 2001). Par ailleurs, la plupart des données obtenues semblent démontrer qu'un cycle urbain du parasite est parfois réalisé. Ceci montre encore une fois l'évidence d'un risque potentiel de contamination pour l'Homme mais également pour les carnivores domestiques qui pourraient contracter le parasite par la consommation de Rongeurs infestés. Ces animaux deviendraient alors une éventuelle source parasitaire supplémentaire pour l'Homme (Deplazes & Eckert, 2001).

Bien que le parasite ait déjà été identifié chez le Chat en zone urbaine (Prost, 1988), et que la présence du Renard dans Paris, Lyon et plusieurs agglomérations appartenant à la zone d'endémie est indéniable, le phénomène reste encore peu étudié en France (Giraudoux *et al.,* 2001).

Mais l'échinococcose alvéolaire n'est pas le seul problème sanitaire concernant le phénomène «renard urbain» : la Gale sarcoptique a fait dernièrement des ravages dans les populations de Suisse de l'ouest (Claude Fisher, communication personnelle ; Meia, 2003) et de Haute-Savoie, et en cas de retour de la Rage, une meilleure connaissance des populations vulpines urbaines ne serait pas inutile. Par ailleurs, d'autres Helminthes parasites du tube digestif des renards comportent un risque zoonotique important, c'est le cas de *Toxocara canis* dont le Renard peut également être l'hôte. La prévalence coproscopique de ce parasite, dont la larve est responsable d'une *larva migrans* de gravité variable chez l'Homme, a été évaluée à 59 % (Lechat, 1999) puis 32 % (Richomme, 2002) dans la ville de Nantes.

L'échinococcose alvéolaire est donc une maladie rare mais grave dont l'épidémiologie comporte encore bien des éléments méconnus pour permettre une prévention efficace. Par ailleurs nous possédons peu de données sur le mode de vie des renards urbains en France et leur implication possible dans la transmission d'*Echinococcus multilocularis*. C'est pour acquérir des informations supplémentaires sur ce sujet que l'Entente interdépartementale de lutte contre la Rage et autres Zoonoses a choisi de commencer un programme d'étude en milieu urbain, avec pour premier site l'agglomération d'Annemasse.

DEUXIEME PARTIE : ETUDE EPIDEMIOLOGIQUE DE L'ECHINOCOCCOSE ALVEOLAIRE DANS L'AGGLOMERATION D'ANNEMASSE

A- CADRE ET OBJECTIFS

A -1 Contexte

L'Entente interdépartementale de lutte contre la Rage et autres Zoonoses ou Entente Rage et Zoonoses (ERZ) est un établissement public de coopération interdépartementale. Créée en 1973, elle compte aujourd'hui 36 départements adhérents, appartenant à la partie Est de la France. C'est un organisme de travail de terrain, financé par les Conseils Généraux adhérents ainsi que le Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche et des Affaires Rurales. Son siège se situe dans les locaux du LERRPAS (Laboratoire d'Etude et de Recherche sur la Rage et la Pathologie des Animaux Sauvages) de l'AFSSA-Nancy (Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments).

Le travail de l'ERZ concerne principalement les zoonoses transmises par la faune sauvage, et consiste en la mise au point, le test, et la mise en œuvre de nouvelles méthodes de prophylaxie, l'information du public et la réalisation d'études épidémiologiques. Pour mener à bien ces différentes missions, l'ERZ collabore fréquemment avec des équipes de chercheurs, notamment l'AFSSA-Nancy et l'Université de Franche-Comté.

L'ERZ s'investit aussi dans un programme de suivi des populations de renards et dans l'étude des moyens de régulation de certaines populations animales à risque, dans le but de limiter la propagation de zoonoses.

Actuellement, l'ERZ mène plusieurs programmes d'étude concernant trois zoonoses : la Rage, la Fièvre Hémorragique à Syndrome Rénal et l'échinococcose alvéolaire, programme devenu prioritaire sur les précédents.

Concernant l'échinococcose alvéolaire, l'étude à laquelle nous avons collaboré correspond au troisième volet d'un travail de longue haleine :

Depuis 1998, un projet de cartographie de la présence du parasite sur le territoire français est conduit, en collaboration avec l'AFSSA-Nancy et l'Université de Franche-Comté. Il devrait permettre de tester la concordance entre la prévalence du parasite chez le Renard roux et l'importance de la couverture prairiale du paysage. L'ERZ coordonne la récolte de prélèvements dans les départements adhérents, avec l'aide des Fédérations de chasseurs, des lieutenants de louveterie, des piégeurs et de l'ONCFS (Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage), et s'efforce d'étendre la zone d'étude à de nouveaux départements par un important travail de communication. Les échantillons sont en cours d'analyse et les résultats finaux devraient être obtenus d'ici fin 2003. Mais les résultats préliminaires paraissent en faveur d'une extension de la zone présumée de présence du parasite par rapport aux connaissances actuelles sur le territoire français.

Une étude, menée en 2002 par Gottscheck, consistait en la recherche et la proposition de moyens de contrôle du parasite sur le terrain. Trois éléments principaux sont à en tirer : la relation entre la maladie humaine et la présence de prairies à forte densité de campagnols, la concordance entre la prévalence de *E. multilocularis* chez le Renard et les pullulations de campagnols, et le problème posé par l'invasion des renards en milieu urbain. Selon cette étude, une action dans le but d'une limitation du risque de contamination de l'Homme, ne peut être efficace que si elle porte à la fois sur la gestion des populations de campagnols et la

limitation de la prévalence chez le Renard. Ce dernier point pourrait impliquer la mise en place de programmes de vermifugation.

Le dernier programme prévu pour 2003 à 2007 porte sur l'épidémiologie de l'échinococcose alvéolaire en milieu urbain. C'est dans ce cadre que nous avons participé au démarrage de l'étude de l'épidémiologie de l'échinococcose alvéolaire dans l'agglomération d'Annemasse, en Haute-Savoie. Des villes du Doubs et du Cantal ainsi que du Val d'Oise devraient être l'objet d'études similaires par la suite.

A -2 Objectifs

L'étude que nous avons débutée avec l'ERZ s'inscrivait complètement dans l'objectif principal de cette structure qui est la protection de l'Homme vis à vis des zoonoses et notamment l'échinococcose alvéolaire. Son but était d'estimer l'impact de la présence du Renard en ville sur le risque de contamination humaine afin d'envisager des méthodes de contrôle adaptées à ce milieu particulier.

La résolution de cette problématique passait par la recherche de réponses à plusieurs questions complémentaires :

Y a-t-il des renards dans l'agglomération ? Pour y répondre, une enquête était nécessaire à la détermination de la présence ou de l'absence de ces nouveaux citadins.

Ces renards sont-ils porteurs d'E. multilocularis ? Impliquait la récolte de prélèvements permettant d'évaluer la prévalence de *E. multilocularis* chez ces renards.

Si oui, où se contaminent-ils ? Cette question ne se résolvait qu'en élucidant deux nouveaux points :

Quelles sont leurs zones d'activité ? La recherche de réponses à cette question nécessitait l'étude des territoires vitaux de ces renards, permettant éventuellement de définir certaines zones à risque dans l'agglomération mais aussi d'objectiver les éventuels échanges entre les populations urbaines et rurales de renards.

Les Rongeurs présents dans la ville peuvent-ils être une source de contamination ? Il était nécessaire d'identifier ces Rongeurs afin de savoir s'ils étaient des hôtes potentiels du parasite puis de déterminer la prévalence de l'échinococcose alvéolaire chez ceux qui l'étaient. Il fallait par ailleurs s'assurer que le Renard urbain consommait ces Rongeurs de façon régulière par l'étude de son régime alimentaire.

Les réponses obtenues à toutes ces questions devaient permettre de savoir s'il existait un véritable cycle urbain de *E. multilocularis* ou si la source de contamination du Renard se situait hors de la ville. Elles permettaient également de cibler les éventuelles zones à risque de l'agglomération, aux niveaux desquelles les mesures de prophylaxie devaient être accentuées.

Notre travail a consisté à participer à la mise au point de cette étude. Nous avons recherché et commencé l'application de certaines méthodes permettant de répondre au diverses questions soulevées par la problématique. Notre objectif était donc d'explorer toutes les techniques pouvant apporter des informations sur l'épidémiologie du parasite en milieu urbain.

Ainsi, les paragraphes suivants présentent tous les axes de recherche entrepris, certains résultats préliminaires, et une proposition de protocole découlant des observations faites durant ces huit mois de mise en place.

B- MATERIELS ET METHODES

B -1 Choix des zones d'étude

B-1.1 Pourquoi Annemasse ?

La première ville choisie par l'ERZ pour la réalisation d'une enquête épidémiologique sur l'échinococcose alvéolaire en milieu urbain est l'agglomération d'Annemasse. Ce choix a été orienté par plusieurs motifs.

D'abord cette agglomération se situe en pleine zone d'endémie de l'échinococcose alvéolaire. En effet la Haute-Savoie est le premier département français où fut mis en évidence le portage du parasite par le Renard (Euzéby, 1971), et fut par la suite le cadre de nombreuses études épidémiologiques concernant les hôtes intermédiaires et définitifs (Contat, 1984 ; Rosselot, 1985 ; Prost, 1988 ; Petavy *et al*., 1990). Par ailleurs, c'est à Annemasse que fut découvert le premier Chat naturellement infesté par *E. multilocularis* (Prost, 1988). L'épidémiologie urbaine du parasite semblait donc intéressante à étudier dans cette ville.

De plus, la certitude d'être en zone d'endémie et la latitude suffisamment élevée de cette ville, nous permettait de limiter de manière conséquente le risque de faux positifs, lors de la recherche de copro-antigènes, par l'absence de *E. granulosus* (Petavy, communication personnelle, décembre 2002).

D'autre part cette agglomération se situe en continuité avec celle de Genève en Suisse. Ces deux zones de part et d'autre de la frontière constituent en fait un vaste ensemble urbain. Or le phénomène « Renard urbain » est bien connu et étudié dans l'agglomération genevoise (Fisher communication personnelle, janvier 2003). Il y avait donc fort à penser qu'il était également présent de ce côté-ci de la frontière d'autant plus que les renards urbains occupent de façon privilégiée les villes à forte proportion de zones résidentielles comme c'est le cas à Annemasse.

Comme le problème de l'échinococcose alvéolaire était également étudié à Genève (Reperant, thèse en cours), on pouvait considérer que nos études conjointes pourraient constituer un ensemble cohérent sur ce phénomène.

Compte tenu de cet intérêt scientifique, c'est très spontanément que Claude Fischer, biologiste de l'université de Lausanne, travaillant sur l'agglomération genevoise, nous a proposé son aide pour le lancement de notre étude, ce qui n'a pu que renforcer notre préférence pour la ville d'Annemasse comme premier terrain d'étude.

Enfin il s'agit d'une agglomération de taille raisonnable, bien adaptée à la mise au point du programme d'étude avant de se lancer sur d'autres zones urbaines.

Pour finir, nos origines savoyardes ont également contribué au choix d'une agglomération située dans un département voisin.

B-1.2 Descriptif de l'agglomération

La communauté de communes de l'agglomération d'Annemasse (2C2A) est un ensemble urbain formé de six communes, longeant la frontière Suisse (Figure 18).

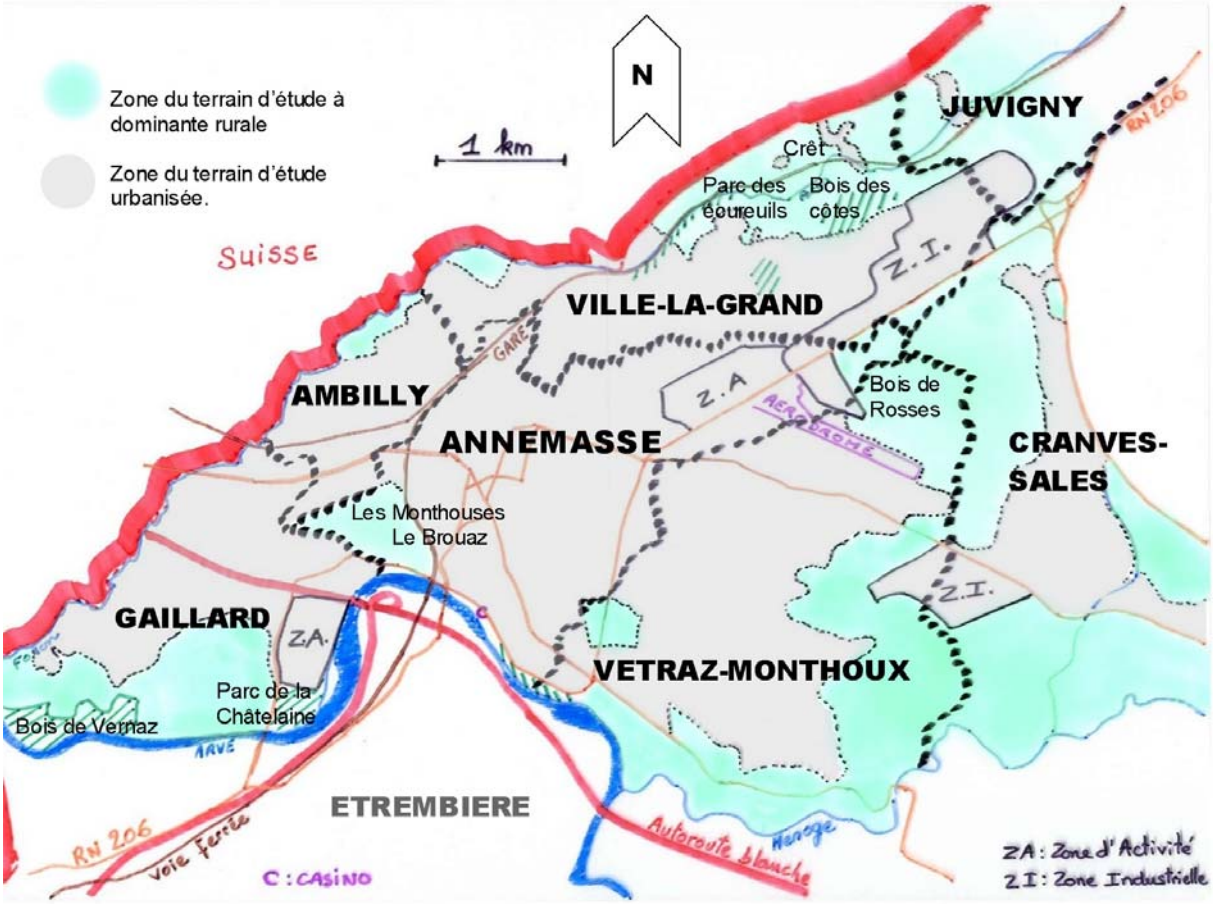


Figure 18 : Représentation schématique du site d'étude (hachures : parcs).

Au centre se situe la ville d'Annemasse proprement dite, qui constitue la zone la plus urbanisée de l'agglomération. Une seule zone de plus faible densité humaine est remarquable : le quartier des Monthouses et du Brouaz, où se situent notamment les serres municipales et une pisciculture.

Au nord d'Annemasse on trouve Ambilly et Ville-la-Grand limitées par la frontière avec la Suisse, qui longe un cours d'eau appelé Foron. Ambilly est une commune très urbanisée avec de nombreux lotissements, maisons avec jardinets etc. La commune de Ville-la-Grand s'étend sur un plus vaste territoire, et est donc de structure plus variée : une partie plus rurale comprenant de petits villages (notamment Crêt), des vignes, des champs, des bois et de nombreux parcs pour promeneurs de type « parcours santé ». Une importante zone artisanale couvre la partie sud, tandis que le centre est bien urbanisé.

La ville de Gaillard se situe à l'ouest, comprise entre l'Arve et la frontière. Les bords d'Arve sont essentiellement occupés par d'importantes cultures maraîchères et une zone commerciale (La Châtelaine), longés par un sentier de promenade et un parcours santé. La partie habitée de la ville est de type résidentiel, constituée d'immeubles ou de demeures avec de vastes jardins.

Au sud de l'Arve et contre les pentes du Salève, la commune d'Etrembière offre un profil principalement rural.

Enfin, au sud d'Annemasse, la commune de Vetraz-Monthoux est formée de multiples hameaux séparés par de vastes prairies et cultures ainsi que des bois. La plupart des habitations sont des maisons entourées de grands jardins en contact direct avec les prairies environnantes.

La barrière naturelle constituée par l'Arve, additionnée au passage de l'Autoroute Blanche, forme une séparation assez marquée entre la commune d'Etrembière et le reste de l'agglomération. Par ailleurs, il s'agit de la commune ayant l'aspect le moins urbain de l'agglomération. C'est pourquoi elle a été exclue de notre terrain d'étude, considérant qu'il nous fallait travailler sur une zone relativement cohérente.

Par contre, nos travaux se sont naturellement étendus sur les communes de Juvigny et Cranves-Sales, adjacentes à l'est de l'agglomération, compte tenu de la continuité (géographique et structurelle) entre leurs territoires et ceux initialement visés.

B -2 Préparation de l'étude

Trois des quatre personnes travaillant à l'ERZ ont participé au travail de terrain avec nous : le directeur, monsieur Benoît Combes, notre maître de stage ; la chargée de mission pour l'étude, mademoiselle Déborah Gottscheck, la technicienne, mademoiselle Stéphanie Favier.

Nous étions généralement rejointe sur le terrain par l'une de ces trois personnes. L'équipe de deux ainsi formée était présente sur le site durant cinq jours et quatre nuits.

Le technicien Frantz Catarelli nous a apporté son soutien logistique et technique lors de nos passages sur le site de l'ERZ à Nancy.

B-2.1 Recueil de conseils et formation auprès de scientifiques ayant travaillé sur ces problématiques

De Décembre 2002 à Février 2003, toute l'équipe est allée consulter diverses personnes présentant une expérience dans le domaine de l'étude de l'échinococcose alvéolaire et/ou du Renard. Ces rencontres nous ont permis de recueillir des conseils voire de suivre une formation utile au développement de notre étude sur Annemasse. Nous avons ainsi pu éclaircir nos points de vue sur les axes à suivre, le choix du matériel et acquérir les principes de base des techniques de piégeage et de radio-tracking.

Le Professeur Petavy, directeur de recherche sur la biologie et la biodiversité des Eucaryotes inférieurs à l'Institut des sciences pharmaceutiques et biologiques de l'université Claude Bernard (Lyon I), nous a ainsi fait part de ses convictions concernant l'étude de l'épidémiologie urbaine du parasite, forte de son expérience notamment en Haute-Savoie. Cette prise de contact nous a permis par la suite d'obtenir des conseils et le prêt de matériel utiles au piégeage de Rongeurs.

Claude Fisher, de l'université de Lausanne, nous a accueillis sur son site d'étude, dans le canton de Genève. Il se consacre à une thèse sur les conséquences de la Gale sur le comportement des renards, ce qui l'a conduit à suivre des renards urbains dans la ville de Genève. Il possède aussi beaucoup de recul sur la problématique du cycle urbain de *E. multilocularis*. Il nous a montré les techniques de piégeage qu'il utilise habituellement pour les renards, appris à repérer un animal équipé avec le matériel de radio-tracking, et donné des éléments de réflexion pour le choix du matériel à acquérir. Il nous a également permis de commencer à mesurer l'ampleur que représente ce genre d'étude, en durée, et en investissement financier et physique. Par la suite Mr Fischer nous a apporté son soutien scientifique, technique ou logistique, concernant toutes les phases de ce travail.

Dorothéa Thoma, étudiante à l'université d'Ulm en Allemagne, actuellement en thèse au sein de l'équipe du Professeur Thomas Romig,, nous a reçus sur son terrain d'étude. Elle aussi nous a permis de nous familiariser avec les aspects techniques de l'étude (piégeage, suivi par télémétrie…), mais également avec le traitement cartographique des données.

Nous avons aussi été éclairés sur ces points par Marie-Lazarine Poulle, du Centre de Recherche et de Formation en Eco-éthologie de la communauté de communes de l'Argonne Ardennaise (Maison de la Recherche à Boult-aux-bois, Ardennes), et l'étudiante Caroline Henry en thèse sur le site.

Sandrine Ruette, du CNERA prédateurs (ONCFS), nous a également fait part de son opinion sur le projet lors d'une visite à Birieux.

Jean-Sébastien Guitton, docteur vétérinaire, auteur d'une thèse sur le Renard urbain dans la ville de Nantes (2003), a aussi eu la gentillesse de nous apporter ses conseils basés sur son expérience récente.

Enfin Patrick Giraudoux (Professeur) et Francis Raoul (Assistant de Recherche) nous ont régulièrement accueillis au Laboratoire de Biologie et d'Eco-physiologie de la Faculté des sciences de Besançon, afin de nous former aux techniques d'ELISA, d'autopsie parasitaire et de recherche du régime alimentaire, et de nous aider à préciser nos protocoles d'étude.

Ainsi toutes les démarches choisies, et les perspectives visées, ont été le fruit d'une réflexion nourrie par la coopération spontanée et cordiale de nombreux scientifiques d'expérience.

B-2.2 Choix et achat du matériel

B-2.2.1 Supports cartographiques

Pour le travail de prospection, le repérage de fèces récoltées, et le suivi télémétrique des renards, nous avons choisi de travailler sur les cartes IGN au 1:25000.

Elles permettaient d'avoir, sur une vue assez proche, les indications de relief, de couvert végétal et de bâtit que l'on ne trouve pas sur les plans de l'agglomération au 1:10000.

Dans le but d'affiner notre vision du site, nous avons également commandé deux photos aériennes en couleur à la même échelle.

Pour le repérage des coordonnées géographiques et le traitement cartographique des données, l'ERZ s'est dotée du CD-Rom Carto-Explorer® Haute-Savoie Ouest, ainsi que d'un logiciel informatique, ArcView®.

B-2.2.2 Matériel de radio-tracking

Après avoir consulté les différentes personnes expérimentées dans le domaine de la télémétrie, notre choix s'est porté sur le matériel suivant :

⇨Quinze **colliers émetteurs** pour Renards adultes, modèle M2220 de la marque ATS (Advanced Telemetry Systems), avec indicateur d'activité : lorsque l'animal est au repos, il

émet un « BIP » régulier, toutes les secondes, mais lorsqu'il est en mouvement, le rythme s'accélère. La longévité de leur batterie va jusqu'à deux ans et demie.

Ces colliers (Figure 19), d'un poids moyen de 160 grammes, comportent une sangle large réglable, imprégnée de néoprène. Le système de fixation est formé de deux boulons assurant une grande solidité. L'antenne est extérieure au collier, et l'émetteur et la batterie sont contenus dans une résine d'époxy imperméable. Sur l'émetteur une plaque indique la fréquence d'émission du collier ainsi que les coordonnées de l'ERZ.

Lorsqu'ils sont stockés, les colliers sont inactivés par un aimant. Lorsque l'on équipe un animal, on retire cet aimant et l'émission commence instantanément.

Source : ERZ

Figure 19 : un des colliers émetteurs utilisés**.**

⇨Une **antenne omnidirectionnelle** O-5/8M de la marque Télévilt. D'une longueur de 1,40m, elle peut se fixer au toit d'une voiture par sa base magnétique. Elle permet de détecter un signal dans un large rayon quelle que soit sa direction de provenance. Elle est utilisée pour l'approche d'un site, afin de s'assurer de la présence de l'animal recherché dans la zone.

⇨Une **antenne unidirectionnelle** Y-4FL de la marque Télévilt. Elle est composée d'une barre centrale de 1,12m de longueur, et de quatre éléments perpendiculaires repliables. Elle se manipule à la main et permet de détecter le signal lorsqu'elle est alignée avec sa direction d'origine.

⇨Un **récepteur** RX-98 de la marque Televilt. Il possède une antenne intégrée escamotable, utile à proximité de l'animal car peu encombrante, mais on peut également y brancher des antennes de plus grande portée. Il y a un bouton de réglage pour spécifier de la fréquence recherchée. Il émet un son au même rythme que le signal qu'il reçoit, avec une intensité proportionnelle à la qualité de réception. On peut régler la tonalité de ce son ainsi que le volume, afin de préciser la recherche. Pour plus de discrétion une prise pour casque audio est prévue. Un système de diodes permet également d'évaluer la fréquence et l'intensité du signal.

En plus de ce matériel spécifique il a également fallu prévoir :

- Des jeux de piles de rechange pour le récepteur,
- Des boussoles,
- Des écouteurs,
- Des fonds de cartes sur lesquels on puisse écrire,
- Des crayons, un rapporteur et une gomme…

B-2.2.3 Matériel de piégeage et d'équipement des renards

Pour le piégeage, l'ERZ a fait l'acquisition de 20 collets à arrêtoir et trois cage-pièges : deux à une porte et une grande à deux portes.

Pour les manipulations de renards il a fallu également se procurer : deux paires de gants de cuir, des gants en latex, des sangles, un sac en toile de jute, un peson, une pince de contention, des pinces coupantes, des tournevis, des boucles d'oreille d'identification pour agneaux et la pince pour les poser, de la bande adhésive réfléchissante,… et un sac à dos pour emporter le tout sur place lors de la visite des pièges.

L'investissement global en matériel nécessaire à l'étude s'élève ainsi à plus de 6000€. A ceci s'ajoutaient les frais de déplacement de l'équipe sur place, estimés à 800€ pour une semaine de terrain à deux personnes.

B-2.3 Campagne d'information des principaux acteurs locaux

Lorsque le projet s'est dessiné sur l'agglomération d'Annemasse, l'ERZ a préparé une campagne d'information à l'adresse des différents secteurs concernés par l'étude.

B-2.3.1 Réunion d'information

Une réunion s'est tenue au siège de la Fédération Départementale de Chasseurs de Haute-Savoie, à Villy-le-Peloux le 24 Février 2003. Elle fut animée par Mr Vionnet, Conseiller Général de Haute-Savoie et Secrétaire de l'ERZ, Mr Combes, Melle Gottscheck et nous-même. Le Professeur Petavy, et Claude Fischer étaient également présents et nous ont aidé à répondre aux éventuelles questions.

Etaient invités des représentants : de la Préfecture, de la Direction des Services Vétérinaire, du Laboratoire Vétérinaire Départemental (LIDAL), de la Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt, de l'ONCFS, de la Fédération Départementale des Chasseurs, de l'Association des Lieutenants de Louveterie, de l'Association des Piégeurs, des Associations de chasseurs (ACCA) des communes concernées, de l'Association des garde-chasse particuliers, de la communauté de communes de l'agglomération d'Annemasse (2C2A), et des mairies de chaque commune.

Le taux de réponse a été très satisfaisant, et l'assemblée a pu assister à un exposé de présentation de l'ERZ et de ses différentes missions et surtout du principe de l'étude débutant à Annemasse. Ce fut également l'occasion de répondre à diverses interrogations du public au sujet du parasite.

Grâce à cette réunion, nous avons pu lier les premiers contacts avec les personnes susceptibles de nous apporter leur aide, et informer la plupart des instances locales de nos actions futures.

B-2.3.2 Lettres d'information

Un compte-rendu de la réunion du 24 Février a par la suite été envoyé à chacun des invités. Une proposition d'article pour les bulletins d'information a aussi fait l'objet d'un courrier aux différentes mairies et associations. Ceci a permis d'aboutir à sa publication dans le bulletin municipal de la ville de Gaillard.

Un courrier, accompagnant le compte-rendu a également été adressé aux services de Police et de Gendarmerie, décrivant nos activités futures, et précisant les numéros d'immatriculation des véhicules utilisés, afin d'éviter tout malentendu.

Par la suite, l'ERZ a fait circuler régulièrement des notes de synthèse sur l'état d'avancée de nos travaux aux différents acteurs, afin de conserver leur attention sur le sujet et sur nos besoins d'aide sur place.

B-2.4 Prospection

La prospection devait servir à déterminer les zones propices à l'étude des renards et des Rongeurs, ainsi qu'à établir des circuits de récolte des fèces destinées à la recherche de copro-antigènes et des sites de piégeage.

Elle s'est déroulée du 10 février 2003 au 28 mars 2003 et comportait plusieurs aspects. L'exploration de l'agglomération s'est voulue la plus exhaustive possible, mais il est vrai qu'elle a été parfois orientée par l'aspect particulièrement favorable de certains sites sur les clichés aériens de l'agglomération, et les cartes au 1:25000 dont nous disposions.

Tout d'abord, nous avons circulé à pied sur des terrains charnières entre des zones urbanisées et des zones plus rurales. Aidée en cela par le lieutenant de Louveterie Mr Alain Oddon, nous avons recherché toutes sortes d'indices de présence : terriers, coulées, traces, restes de proies, fèces. Ces dernières furent déjà récoltées et stockées afin d'être analysées conjointement aux fruits des ramassages ultérieurs.

Des tournées similaires ont également été organisées avec l'aide de René Grandjean, piégeur agréé de l'agglomération d'Annemasse.

L'interrogation des passants et riverains rencontrés a permis d'orienter nos circuits de recherche.

En coopération avec la SNCF, et notamment Mr Marcadet, du service technique de la gare d'Annemasse, qui s'est chargé de veiller à notre sécurité, nous avons longé à pied toutes les voies ferrées traversant l'agglomération de part en part, afin de rechercher d'éventuels indices de présence (crottes, coulées, cadavres,…).

Nous avons aussi sillonné les différentes communes à vélo, moyen de locomotion permettant d'explorer certains sites avec plus de minutie que la voiture, mais plus rapide que la marche à pied.

En parcourant en voiture l'agglomération nous avons également pu situer des zones paraissant favorables à l'établissement du Renard.

Enfin des tournées de nuit au phare aux alentours et dans l'agglomération, nous ont permis de voir directement ces visiteurs nocturnes, ce qui permettait de certifier leur présence sur certaines zones.

Ces différentes démarches représentent, tout cumulé, un mois de travail. Elles nous ont permis de récolter une trentaine de fèces, et de mettre à jour des zones de gîte ou de passage du Renard, parfois au cœur même de l'agglomération.

Ces zones de présence probable des renards urbains ont été choisies par la suite comme sites de nos différentes investigations.

B -3 Etude de l'hôte définitif

B-3.1 Etude comportementale des renards urbains

B-3.1.1 Recherche d'indices de présence

Cette partie de l'étude avait pour but de répondre à la question *« Y a-t-il des renards dans l'agglomération ? »,* mais apportait également des éléments d'information sur les zones d'activité des renards urbains.

B-3.1.1.1 Collecte de fèces de renards dans l'agglomération

B.3.1.1.1.1 Déroulement

Les fèces de Renard ont été récoltées pendant la période de prospection puis au cours de la visite régulière de zones connues pour être fréquentées par des renards, d'après les témoignages recueillis, les résultats de la prospection (découverte de terriers ou de coulées) ou le suivi télémétrique. Elle s'est donc étendue du 14 février au 21 juin 2003.

Contrairement à Richomme (2002), nous n'avons pas choisi de circuit de ramassage fixe. Notre optique était en effet différente : nous recherchions, certes, un échantillon le plus grand possible, mais nous désirions également qu'il recouvre une grande partie de l'agglomération, afin qu'il soit représentatif des différents types d'habitat présents dans l'agglomération. Aussi nous sommes nous efforcés de toujours rechercher de nouveaux sites susceptibles d'abriter des fèces de renards.

Les critères de reconnaissance retenus étaient la forme (cylindrique, allongée, une extrémité pointue ou torsadée), la taille (1,5 à 2 cm de diamètre pour environ 8 cm de long), la couleur, l'odeur et la présence de résidus alimentaires reconnaissables tels que fruits (peau, pépins, noyaux,…), poils ou plumes. Stieger *et al*. (2002) ont montré que ces critères permettaient d'être suffisamment discriminant vis à vis des fèces de Chien.

Figure 20 : fèces de renard sur une souche d'arbre**.**

Un élément de reconnaissance supplémentaire était utilisé : la disposition des fèces sur un promontoire, tel qu'une butte de terre, une pierre, une botte de paille, une souche (Figure 20), une touffe d'herbe, ou au niveau d'un point stratégique d'observation des alentours. C'est un fait signalé par l'ERZ dans ses brochures d'aide au ramassage des fèces distribuées aux ramasseurs dans le cadre de l'étude 1998-2003.

Dans tous les cas il s'agissait de ne pas faire de confusion avec les fèces d'autres espèces, dont voici les principaux critères différentiels retenus :

Chats : succession de petites pelotes cylindriques poilues de consistance relativement dure, souvent enterrées.

Chats sauvages : disposition similaire mais allure très régulière en balle de fusil.

Blaireaux : fèces foncées et de forme irrégulière, déposées dans des trous (latrines) facilement reconnaissables. En complément, les traces de l'animal sont facilement identifiables.

Autres Mustélidés (Fouine, Martre) : fèces souvent identiques à celles du Renard mais de taille et de diamètre plus réduits.

Chiens : taille plus importante, forme moins définie, aspect du contenu particulier lié à une alimentation différente, odeur très différente.

En cas de doute important l'excrément n'était pas ramassé.

Pour le ramassage, de strictes précautions étaient employées, selon un protocole prévu par l'ERZ (Figure 21). Le ramasseur revêtait un masque et une paire de gants en plastique, la crotte était ensuite poussée dans un flacon à l'aide d'un bâtonnet de bois. Une fois le flacon refermé, il restait pris, ainsi que le bâtonnet et le premier gant, dans le deuxième gant, retourné sur l'ensemble. Le tout était ensuite contenu dans un sac à fermeture hermétique.

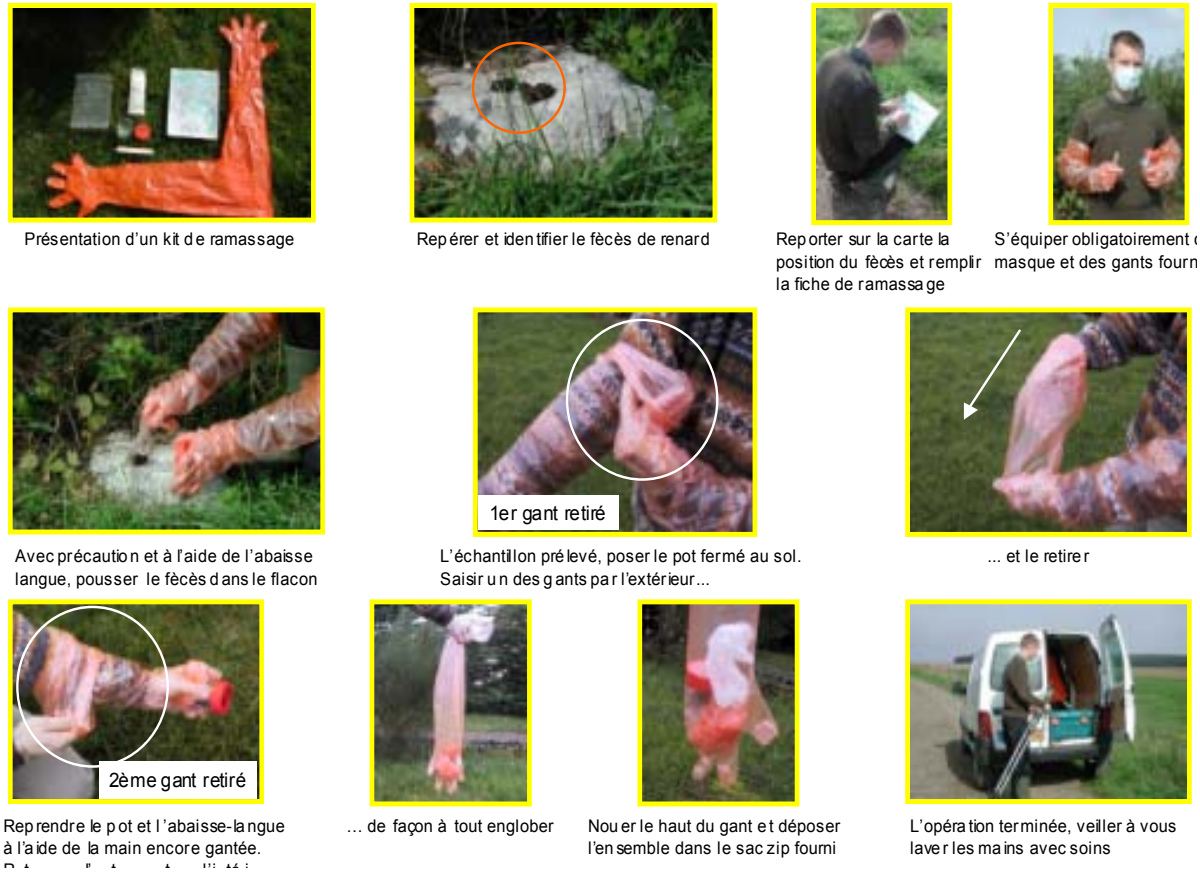


Figure 21 : protocole de ramassage des fèces. Source : Catarelli F., ERZ**.**

Chaque prélèvement de fèces récolté se voyait attribuer un numéro correspondant à l'ordre de ramassage. On enregistrait également la date, le nom de la commune et du lieu de ramassage de chaque prélèvement ainsi que ses coordonnées géographiques, obtenues d'après un GPS ou la carte de l'agglomération. On précisait aussi la nature du milieu où avait été trouvée la crotte (prairie, terrier, friche, forêt, rue, jardin, voie ferrée…) et sa structure (« Linéaire » : coulée, haie, chemin… ou « Surface » : prairie, aire de jeu…). L'indice de fraîcheur, d'après l'humidité de la crotte, était évalué de un (fraîche) à cinq (très déshydratée). Enfin, si certains détails concernant l'aspect ou la disposition du prélèvement paraissaient importants, ils étaient également répertoriés.

Tous les prélèvements récoltés étaient placés au congélateur à –80°C pendant une semaine avant d'être utilisés pour la recherche de copro-antigènes où l'étude du régime alimentaire.

B.3.1.1.1.2 Traitement des données

A l'aide des coordonnées géographiques, chaque excrément pouvait être localisé avec précision. On pouvait ainsi obtenir un graphique de la répartition du résultat de la collecte à l'échelle de l'agglomération.

Ces données devraient être utilisables pour réaliser une interprétation des résultats obtenus suite aux différentes analyses, en fonction du niveau d'urbanisation du lieu de récolte.

D'après la date de récolte de chaque crotte, on pouvait constituer trois lots correspondant aux trois saisons biologiques du Renard concernées par le période de ramassage. Il s'agissait de l'hiver, du printemps et de l'été, car chez le Renard, on utilise généralement le calendrier indiqué par le Tableau II.

Tableau II : découpage annuel des saisons biologiques du Renard (d'après Claude Fisher, communication personnelle) (en gras : mois cocernés par le rammasage de fèces dans cette étude) :

Hiver	Printemps	Eté	Automne
Décembre	**Mars**	**Juin**	Septembre
Janvier	**Avril**	Juillet	Octobre
Février	**Mai**	Août	Novembre

B-3.1.1.2 Recherche d'autres indices de présence et de terriers

Outre les fèces, on peut trouver d'autres indices de présence du Renard dans une zone, comme des empreintes, des marquages urinaires, des restes de poils ou de proies.

D'après les observations faites sur la carte et les photos aériennes ou en sillonnant l'agglomération à pied, à vélo, en voiture ou en tournée de nuit au phare, les sites paraissant favorables à l'installation du Renard étaient repérés.

Une fouille minutieuse était ensuite entreprise, à la recherche d'indices et de terriers.

Généralement, le Renard se déplace rapidement, le plus souvent au trot, en empruntant toujours les mêmes chemins. Ceux-ci finissent donc par se démarquer dans l'environnement car les végétaux repoussent plus lentement lorsque le passage est régulièrement fréquenté. Ces « chemins » naturels sont appelés *sentes* ou *coulées*. Celles du Renard sont plutôt étroites (10 centimètres de largeur, différence avec le Blaireau) et basses (différence avec certains Ongulés). Lorsqu'une coulée est très marquée il y a de fortes chances pour qu'elle soit empruntée par plusieurs espèces différentes.

L'observation des traces dans la neige ou le sol meuble permet de confirmer la nature de l'emprunteur du passage. Les traces de Renard sont faciles à distinguer de celles des autres Carnivores présents dans la région d'Annemasse. Quatre doigts marquent le sol (un cinquième est présent au niveau des antérieurs mais il ne touche pas le sol), formant donc une empreinte avec quatre pelotes digitales et un coussinet palmaire plantaire. Ceci la différentie bien de celle du Blaireau, comportant cinq pelotes digitales et trois pelotes palmaires (ou plantaires), et dont la marque des cinq doigts et des griffes est généralement bien visible. L'empreinte du Renard mesure cinq à six centimètres de longueur et trois à quatre centimètres de largeur, et l'on peut généralement voir la marque des quatre griffes, fines et pointues. La confusion ne peut donc pas être faite avec le Chat, dont l'empreinte est plus petite et ne comporte pas de trace de griffe, ni avec un très petit ou très gros Chien. Pour différentier la trace du Renard de celle d'un Chien de taille similaire, il existe plusieurs critères : l'empreinte du Chien est plus

circulaire, avec un coussinet postérieur plus grand, des griffes moins fines et pointues, et les coussinets digitaux des doigts médians sont coupés par une ligne imaginaire reliant le sommet antérieur des pelotes des doigts extérieurs, alors qu'ils sont bien en avant chez le Renard (Meia, 2003).

On peut également, lorsqu'un passage est identifié, découvrir des touffes de poils accrochées à des branchages, des fils barbelés ou des grillages. La longueur, l'aspect et la couleur de ces poils permet parfois de conclure avec certitude qu'il s'agit d'un Renard.

Sur certaines surfaces, des signes de grattage au niveau de galeries de Rongeurs sont des indices de chasse.

En explorant des sites présentant un certain nombre d'indices de présence, on pouvait parfois découvrir un terrier. La difficulté était alors de déterminer à quelle(s) espèce(s) il appartenait et s'il était occupé. En effet, il n'est pas rare que le Renard occupe des terriers creusés par des blaireaux, en cohabitation ou non. La présence de vieille litière, ou d'un tas de terre avec un sillon devant la bouche du terrier sont la signature du Blaireau. Souvent l'herbe aplatie aux abords du terrier (aires de jeu), et la découverte de petites crottes, de poils ou de restes de proies, peuvent attester de l'occupation des lieux par une famille de renards.

Chaque terrier découvert était répertorié dans un tableau mentionnant son numéro (ordre de découverte), la date et la commune de découverte, ses coordonnées géographiques, le nombre d'entrées (utilisées et non utilisées), les espèces le partageant éventuellement avec le Renard, la présence ou non de juvéniles, l'orientation et le substrat dans lequel il est formé.

B-3.1.2 Suivi télémétrique

Le suivi télémétrique constitue le meilleur moyen d'étude du domaine vital du Renard. Il permettait de répondre à la question « *quelles sont leurs principales zones d'activité* ? ».

B-3.1.2.1 Piégeage des renards et pose des colliers émetteurs

Un des membres de l'équipe, Stéphanie Favier, technicienne à l'ERZ, possédait l'agrément préfectoral pour le piégeage de nuisibles. Mais nous avons également bénéficié de l'aide de piégeurs locaux, pour la mise en place de nos sites de piégeage.

B.3.1.2.1.1 Matériel utilisé et principe de fonctionnement

Les pièges utilisés étaient des collets à arrêtoir, munis ou non d'un système anti-retour. Il s'agit d'un câble en acier formant une boucle coulissante (Figure 22). Chaque collet était identifié par une plaque métallique indiquant le numéro d'agrément du piégeur qui l'avait posé. L'extrémité libre du collet était solidement fixée par un émerillon à une tige de fer plantée dans le sol, tandis que la boucle était tendue verticalement et transversalement à une coulée, deux largeurs de main au-dessus du sol (afin de ne pas prendre d'autres espèces), grâce à deux baguettes de bois.

Lorsque le Renard emprunte son passage habituel, au trot, il passe la tête dans la boucle, qui se resserre alors autour de son cou.

Source : ERZ

L'arrêtoir est placé sur le câble de façon à ce que le périmètre de la boucle ne descende pas en dessous de 21 centimètres, afin de retenir le Renard sans risquer de l'étrangler. Si le collet ne possède pas de système anti-retour, l'animal peut s'échapper en reculant, ce qui arrive rarement car, affolé, il a plus tendance à tirer encore plus pour essayer de se libérer.

Figure 22 : collet en place.

L'autre système de piégeage utilisé était la cage-piège (aussi appelée « cage à fauve ») (Figure 23). Il s'agit d'une cage métallique grillagée, portant en son milieu une palette tournant autour d'un axe. Il existe des cages à une seule ou deux issues. La (ou les) porte(s) de la cage est(sont) reliée(s) à la palette par un système en équilibre instable. Si on déséquilibre la palette, la (ou les) porte(s) tombe(nt). On place généralement un appât carné (pâtée pour Chat, abats …) sur la palette en équilibre. Lorsqu'un animal essaie de saisir l'appât, il fait basculer la palette, tomber la (ou les) porte(s) et se retrouve enfermé dans la cage.

Source : ERZ

Ce système est généralement moins efficace que les collets, surtout en milieu naturel.

Mais utilisé dans un contexte où une architecture métallique n'est pas surprenante pour l'animal (près d'une clôture…), bien camouflé, avec la réalisation d'un sol le plus naturel possible à l'intérieur de la cage, et laissé longtemps à poste dans une zone régulièrement fréquentée par les renards, il peut présenter beaucoup d'intérêt.

Figure 23 : installation d'une cage à une porte

B.3.1.2.1.2 Déroulement du piégeage

Après la découverte d'une zone présentant de nombreux indices de présence, le site était généralement soumis à l'approbation d'un des piégeurs agréé nous apportant son aide avant d'être définitivement choisi pour le piégeage. Il devait rentrer dans les critères de légalité et de sécurité officiels, et être facile à visiter régulièrement pour contrôler les captures, sans trop perturber les habitudes de ses occupants.

Le piégeur décidait alors du nombre de pièges utilisés et de leur localisation. Il déclarait le site de piégeage en mairie, où il désignait les personnes habilitées au relevé de ses pièges.

Chaque site de piégeage était contrôlé deux fois par jour, dans l'heure précédant le couché du soleil et, au plus tard, deux heures après le levé du soleil.

En semaine nous nous chargions de ces visites. Pendant la tournée de contrôle nous emportions tout le matériel nécessaire à l'équipement d'un Renard. Si un Renard était trouvé

pris, il était équipé directement pour le suivi télémétrique, sur place, sans anesthésie, afin d'être relâché le plus rapidement possible.

Durant le week-end, certains sites étaient détendus, tandis que les piégeurs locaux, assuraient le contrôle de ceux restés opérationnels. En cas de capture ils avaient pour consigne de garder l'animal dans une cage de contention en bois et de nous contacter au plus vite pour procéder à son équipement, sauf s'il s'agissait d'une femelle allaitante qu'il faut alors relâcher pour éviter qu'elle ou ses petits ne meurent.

Si un autre animal qu'un Renard était pris dans un piège, il était libéré.

Une fiche était constituée pour chaque site de piégeage, sur le modèle représenté par le Tableau III:

Tableau III : modèle de fiche de piégeage

Nom		***Dénomination choisie***
Localisation		*Adresse, coordonnées GPS*
Contact		*Propriétaire, piégeur responsable, avec numéro de téléphone.*
Historique Indices		
Dispositif de piégeage	S	*Chaque semaine : Matériel en place et utilisé*
	S	*Evènements particuliers*
	S	
Bilan	S	
	S	

Lorsqu'un Renard était capturé et équipé sur un site de piégeage, celui-ci était abandonné, afin de concentrer les efforts de piégeage sur d'autres zones. Nous obtenions ainsi des individus vivant dans des milieux différents, ce qui procurait des informations plus variées.

B.3.1.2.1.3 Mise en place des colliers émetteurs

Lorsque l'on constatait qu'un Renard était capturé, on s'approchait doucement en faisant le minimum de bruit et de geste brusque pour ne pas l'inquiéter. S'il était pris au collet on marchait sur le câble afin de le tenir tendu tout en s'approchant de l'animal. Le Renard était ensuite saisi par la peau du cou. S'il était pris dans une cage, il fallait pénétrer dans la cage pour le recouvrir d'une bâche afin de le sortir, puis le saisir à la nuque le plus rapidement possible.

On glissait ensuite autour de son museau et sur ses yeux un manchon de tissu. Un lien pouvait être rajouté autour de la mâchoire.

Puis la personne chargée de la contention plaquait l'animal au sol en décubitus latéral, en appuyant sur son bassin et ses épaules, sans lâcher la peau du cou.

On procédait alors à son examen : établissement du sexe, évaluation de l'âge, inspection du pelage (recherche d'éventuels signes de Gale).

Source : ERZ

Puis on essayait d'obtenir un échantillon fécal par toucher rectal.

On disposait ensuite une boucle d'oreille d'identification (modèle pour agneaux) rouge à l'oreille gauche pour les femelles, orange à l'oreille droite pour les mâles, en relevant son numéro.

Figure 24 : contention d'un renard capturé

Puis on mettait en place le collier émetteur. Sur chaque collier un code-couleur était réalisé, à l'aide de bandes réfléchissantes blanches et oranges, permettant une reconnaissance à distance. On notait ce code et la fréquence d'émission qui était immédiatement contrôlée à l'aide du récepteur. On plaçait le collier autour du cou de l'animal en ajustant le serrage. Celui-ci doit être suffisant pour qu'il ne risque pas de se coincer la patte, de s'accrocher ou de le perdre, mais sans gêner la respiration. Une fois bien ajusté, on le coupait à la bonne taille et on le fixait solidement.

Si l'animal avait été pris au collet on ne le libérait qu'à ce moment, pour limiter le risque de fuite précoce.

Il ne restait plus qu'à le peser en l'introduisant dans un sac en toile de jute, préalablement taré, qui était ensuite suspendu à un peson.

Le Renard était alors sorti du sac et libéré, en veillant à ce qu'il ne risquât pas dans sa fuite d'être pris dans un autre piège ou de traverser une route.

B-3.1.2.2 Déroulement du suivi

Une fois qu'un Renard était équipé, son suivi pouvait commencer immédiatement. Mais les perturbations induites par le stress de la capture sur son comportement impliquaient de ne pas tenir compte des observations éventuellement effectuées dans les 48 heures suivant la pose du collier.

Le suivi était réalisé quatre nuits par semaine : en début de nuit (de 21h à 2h) les premier et troisième jours, et en fin de nuit (de 2h à 7h) les deuxième et quatrième jours. Chaque nuit, au moins deux renards étaient suivis en parallèle, de sorte qu'un même animal soit pointé à au moins 45 minutes d'intervalle.

Chaque Renard était également localisé une fois de jour, afin de mettre en évidence son site de repos diurne.

A l'approche du site d'activité habituel d'un Renard équipé, l'antenne omnidirectionnelle, fixée sur le toit du véhicule, était branchée sur le récepteur réglé sur la fréquence d'émission du collier. Lorsque le signal indiquait que l'animal était à proximité, on s'arrêtait en un point facilement repérable sur la carte au 1:25000. On branchait alors l'antenne unidirectionnelle (Figure 25) sur le récepteur ou, selon l'intensité du signal, on dépliait l'antenne fixe du récepteur.

Source : ERZ

Les alentours étaient explorés par une rotation sur soi-même de 360°. Il fallait prendre garde, surtout en milieu urbain, aux échos possibles pouvant perturber notre perception de l'origine réelle du signal. Puis la direction pour laquelle le signal était le plus fort était mesurée avec une boussole.

On choisissait ensuite deux autres points pour obtenir deux nouvelles directions formant des angles suffisants avec la première. Si le récepteur indiquait que l'animal était actif, les trois directions devaient être obtenues dans un délai le plus court possible.

Figure 25 : utilisation de l'antenne unidirectionnelle.

On traçait alors sur la carte les trois directions obtenues. Il devait se former un triangle le plus petit possible, au sein duquel le renard s'était trouvé, et auquel on attribuait un numéro. On notait alors l'heure moyenne de localisation, le numéro du triangle, et si le renard était actif ou non.

Lorsque le triangle était trop grand ou qu'une direction paraissait suspecte, on pouvait choisir de recommencer soit une nouvelle prise de direction soit la totalité de la triangulation, selon le temps écoulé et l'activité du Renard.

Par la suite, les coordonnées de chaque triangle étaient déterminées à l'aide d'un logiciel de cartographie, et les données saisies par informatique.

B-3.1.2.3 Traitement des données

Pour chaque Renard suivi on disposait d'un tableau présentant chaque pointage avec son numéro dans l'ordre chronologique, la date, l'heure, ses coordonnées, et l'indice d'activité, et éventuellement un bref descriptif. Lorsqu'une localisation apparaissait redondante on lui attribuait un numéro également. On visualisait ainsi, pour chaque animal suivi, le nombre de pointages effectués et le nombre de points différents que cela avait permis d'identifier.

Grâce au logiciel de cartographie on représentait chacun des points sur le fond de carte de la zone et on traçait le Polygone Convexe Minimal reliant les points les plus extérieurs. Par la suite on pouvait déterminer, au fur et à mesure des nouvelles localisations, la surface du Polygone Convexe Minimal obtenu. Le tracé du graphique représentant la surface du polygone en fonction du nombre de points, permettait de savoir, lorsque la courbe atteignait une asymptote horizontale, que le domaine vital avait été entièrement cerné.

B-3.1.3 Etude du régime alimentaire

L'approche visée par cette partie était de tenter d'évaluer la probabilité de réalisation du cycle complet de *E. multilocularis* dans l'agglomération en répondant à la question : « *consomment-ils régulièrement des hôtes intermédiaires potentiels du parasite ?* ». L'optique recherchée n'était donc pas une étude approfondie du régime alimentaire du Renard urbain sur le plan quantitatif ou énergétique, mais plutôt un inventaire, certes quantifié, des items ingérés. Ceci explique la technique employée ici pour déterminer ce régime. Nous avons bien conscience qu'il existe des moyens plus précis (coupes de poils) ou plus objectifs (rapport au volume ingéré par l'utilisation d'indices de correction), lorsque le but visé est plus spécifique que le nôtre.

B-3.1.3.1 Analyse des prélèvements

L'analyse du régime alimentaire a été réalisé sur la portion restante de chaque crotte après le prélèvement d'un gramme nécessaire à la recherche de copro-antigènes. Le protocole qui était suivi pour cette analyse est présenté en Annexe 1. Il s'agit d'étapes successives de lavage et de filtration aboutissant à la reconnaissance de macro-restes présents dans les fèces.

B-3.1.3.2 Traitement des données

Pour chaque prélèvement de fèces on relevait la nature des différents aliments identifiés d'après l'analyse du surnageant et des macro-restes.

On en déduisait ensuite la fréquence de chaque type d'aliment sur l'ensemble de l'échantillon (FO) et sur l'ensemble des aliments identifiés (FOR).

On effectuait ensuite une comparaison entre les régimes alimentaires d'hiver, de printemps et d'été en fonction de la date de ramassage des fèces.

B-3.2 Etude du portage de E. multilocularis *par les renards*

Cette partie de l'étude était destinée à répondre à la question « *ces renards sont-ils porteurs de* E. multilocularis *?* »

Outre l'intérêt de rechercher le parasite chez les renards urbains, il nous est apparu important d'évaluer le contexte épidémiologique dans lequel se situait l'agglomération. C'est pourquoi notre étude a également porté sur les environs d'Annemasse.

B-3.2.1 Evaluation de la présence de *E. multilocularis* dans les environs d'Annemasse

B-3.2.1.1 Par abattage et autopsies de renards

L'autopsie parasitaire demeure la méthode de référence pour le diagnostic du portage du parasite. Il ne nous était pas possible d'envisager d'abattre des renards urbains, le tir de nuit étant trop dangereux et le piégeage réservé à la capture de renards vivants pour le suivi télémétrique. Il ne nous a pas non plus été possible de récupérer dans des conditions de conservation suffisantes d'éventuels cadavres de renards urbains (percutés sur la route par exemple). Ainsi cette méthode de recherche du parasite n'était pas concevable au sein de l'agglomération.

Par contre, les excellentes relations établies avec les lieutenants de louveterie locaux ont permis la mise en place de sessions de tirs de nuits dans les communes rurales avoisinant l'agglomération d'Annemasse.

B.3.2.1.1.1 Organisation de tirs de nuit

Les louvetiers ayant accepté de coopérer avec nous se chargeaient de préparer le circuit, d'après leur connaissance du terrain, et de prévenir les autorités locales (Police, Gendarmerie).

Il y avait trois personnes par véhicule, dont deux tireurs. Le passager avant et le passager arrière tenaient chacun à sa fenêtre un phare halogène très puissant éclairant les abords de la route. Le véhicule avançait à une vitesse d'environ 20 kilomètres/heure.

Lorsque l'un des co-équipier apercevait des yeux briller dans le rayonnement des phares il le signalait au conducteur qui stoppait. On s'assurait que l'animal était bien un Renard. La reconnaissance se fait sur des critères morphologiques tels que la hauteur, l'écartement et la couleur des yeux ; le port des oreilles, hautes et pointues ; l'extrémité noire

de la queue ; et comportementaux : le Renard s'éloigne un peu de la route après le premier regard, s'assoit quelques temps face à l'observateur puis reprend son activité en jetant de temps en temps un regard vers le véhicule (Artois *et al*.,1981). Il reste parfois « fixé » par la lumière, ce qui laisse le temps au tireur situé du côté opposé de sortir du véhicule et de tirer. Le plus grand silence doit être maintenu dans la voiture jusque-là.

Une fois l'animal abattu, l'éclaireur gardait son rayon fixé sur lui jusqu'à ce que l'un des équipiers l'ait retrouvé. Il est ensuite ramené à la voiture pour être identifié et pesé. Puis la totalité de l'intestin était prélevée et conservée dans deux sacs hermétiques successifs identifiés. Le cadavre était également enfermé dans un sac plastique et apporté à l'équarrissage le lendemain.

La tournée était en outre riche de renseignements sur la faune de la zone parcourue : chaque espèce rencontrée était notée, et l'on pouvait grossièrement déduire une densité de population en fonction du nombre d'observation au kilomètre.

B.3.2.1.1.2 Autopsies parasitaires

Les tractus ainsi récupérés ont séjourné dix jours au congélateur à -80°C, avant d'être analysés.

La technique d'autopsie parasitaire utilisée est la technique de sédimentation décrite en Annexe 2.

B.3.2.1.1.3 Traitement des données

Pour chaque tractus il était noté la présence ou l'absence de *E. multilocularis* ainsi que la charge parasitaire totale.

Ces données ont été regroupées pour effectuer une estimation globale de la prévalence du parasite dans les environs d'Annemasse.

La provenance géographique de chaque Renard était également reliée au résultat afin de mettre d'éventuelles variations en évidence.

B-3.2.1.2 Par collecte de fèces et recherche de copro-antigènes

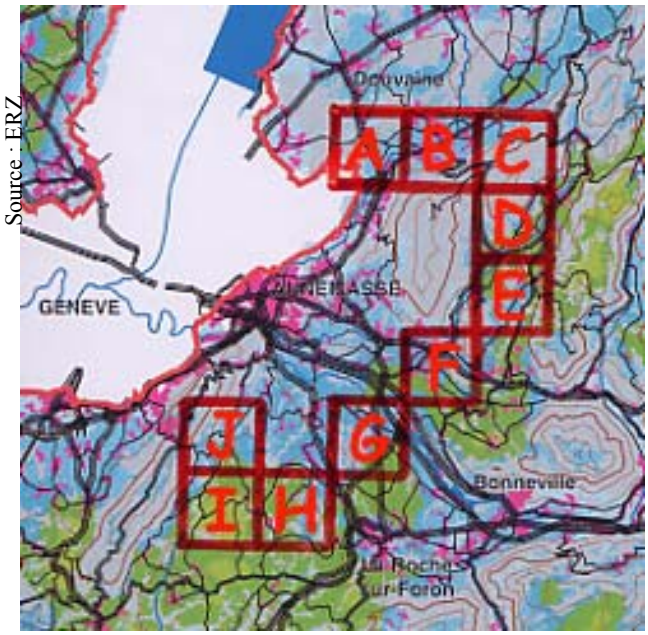
Afin d'avoir une source de données comparable entre l'agglomération et la zone rurale environnante, il a été entrepris de récolter un échantillon de fèces provenant de cette zone et de lui faire subir les mêmes analyses que celles envisagées pour l'échantillon urbain.

B.3.2.1.2.1 Ramassage des fèces

Dix placettes de quatre kilomètres de côté ont étés tracées sur le fond de carte de la région afin de former une ceinture entourant l'agglomération du côté français. La disposition de ces placettes est présentée en Figure 26.

Dans chacune de ces placettes, nommées de A à J, on a récolté cinq fèces de Renard, les plus distantes possibles les unes des autres.

On a utilisé les mêmes critères de reconnaissance que pour la récolte en milieu urbain ainsi que les mêmes précautions sanitaires.



La numérotation de chaque échantillon de fèces était composée du numéro du département, de la lettre correspondant à sa placette et de son ordre de ramassage (Ex : 74.A.1).

On a aussi noté leurs coordonnées géographiques (en système Lambert II étendu) obtenues par GPS.

Figure 26 : disposition des placettes de ramassage autour de l'agglomération**.**

B.3.2.1.2.2 Analyse des prélèvements

On a procédé à l'analyse des prélèvements après une semaine de décontamination à –80°C.

La recherche de copro-antigènes s'est faite par test ELISA à l'aide du kit CHEKIT-Echinotest® (Bommelli diagnostics), selon le mode opératoire décrit en Annexe 3.

Chaque échantillon était analysé deux fois.

B.3.2.1.2.3 Traitement des données

On a calculé, pour chaque échantillon, la densité optique moyenne (DO_{moy}) obtenue d'après la valeur des deux cupules. La valeur moyenne obtenue pour les témoins positif et négatif de chaque plaque étaient appelées, respectivement, DO_{pos} et DO_{neg}.

On pouvait alors exprimer, pour chaque échantillon, sa valeur corrigée (DOc, en pourcentage), établie en fonction des contrôles positif et négatif de sa microplaque, selon la formule suivante (fournie par le fabricant):

$DOc\ (\%) = 100*(DO_{moy}-DO_{neg})/(DO_{pos}-DO_{neg})$

Lorsque sa DOc était inférieure à 30 %, l'échantillon était considéré comme négatif. Il était considéré comme positif au dessus de 40 % et comme douteux entre les deux.

Compte tenu du manque de spécificité du test, les résultats douteux étaient considérés comme négatifs.

Le décompte du nombre d'échantillon dont la DOc dépasse 40 % permettait d'obtenir une estimation de la fréquence de résultats positifs dans le lot considéré, qui pouvait être comparée, par un test du Khi2 à celle obtenue en ville.

On a aussi calculé une valeur ajustée pour chaque échantillon (DOa) afin de comparer les résultats obtenus entre différentes plaques, car il existe des facteurs de variation concernant les conditions de réalisation de chaque analyse dont il faut tenir compte. On a

donc choisi une plaque de référence dont la valeur des témoins positif et négatif était appelée respectivement $DO_{pos.ref}$ et $DO_{neg.ref}$.

On a alors appliqué, pour chaque échantillon testé sur une plaque *x,* la formule suivante (Besnar J.C. et Morin J.F., 1997, cités par Raoul, 2001) :

$DOa = Ratio * DO_{moy} + (DO_{neg.ref} - Ratio * DO_{neg.ref})$

Avec $Ratio = (DO_{neg.ref.} - DO_{pos.ref} / (DO_{neg.x} - DO_{pos.x})$

$DO_{neg.x}$= valeur du témoin négatif de la plaque *x*

$DO_{pos.x}$= valeur du témoin positif de la plaque *x*

Cette formulation des résultats permettait de comparer la répartition des valeurs de densité optique obtenue dans les placettes avec celle obtenue en agglomération, en utilisant le test non paramétrique de comparaison des moyennes (Mann-Witney-Wilcoxson), ou, après transformation en log des valeurs, un test T (Student).

B-3.2.2 Recherche de copro-antigènes de *E. multilocularis* dans les fèces collectés dans l'agglomération

B-3.2.2.1 Analyse des prélèvements

Les fèces récoltées dans l'agglomération ont été analysées, conjointement à celles récoltées dans les placettes, à l'aide du CHEKIT-Echinotest®, après une semaine de décontamination à –80°C.

Afin que les résultats soient vraiment homogènes et comparables, on analysait sur une même microplaque des échantillons provenant des deux lots (« environs » et « agglomération »).

B-3.2.2.2 Traitement des données

On a appliqué les mêmes calculs qu'explicités précédemment afin d'obtenir les valeurs de DO_{moy}, DOc et DOa pour chaque échantillon.

Par ailleurs, les fèces dont la DOc dépassait 40 % étaient localisées sur la carte de l'agglomération afin d'en observer la répartition.

B -4 Etude de l'hôte intermédiaire

La connaissance de la situation des hôtes intermédiaires concernant *E. multilocularis*, permettait de répondre en partie à la question « *les Rongeurs présents dans l'agglomération peuvent-ils être une source de contamination ?* »

B-4.1 Inventaire des espèces présentes et évaluation des populations.

Cette partie s'est déroulée sur les sites de piégeage repérés pendant la période de prospection, après en avoir obtenu l'autorisation par le propriétaire du terrain.

Une ligne de cinq mètres de large était tracée sur le terrain avec un repère coloré tous les 10 mètres.

Différents pièges étaient placés sur les passages de galeries se trouvant dans la bande de terrain concernée.

On a utilisé des pièges Schermann, boites métalliques avec un système à ressort qui déclenche la fermeture de la porte lorsqu'un Rongeur s'y glisse, que l'on place en continuité des galeries dégagées à la pelle.

Des pinces à taupes ont également été placées aux bifurcations de galeries ; elles se referment autour du cou de l'animal lorsque celui-ci pousse la cale qui les maintien ouvertes.

Un schéma était réalisé pour situer les différents pièges par rapports aux repères extérieurs (piquets, arbres…).

Chaque matin, les pièges étaient contrôlés en suivant le schéma. Les animaux piégés sont récoltés, euthanasiés si besoin.

Pour chacun on relevait l'espèce et le sexe.

A l'issu de la campagne de piégeage, on devait donc avoir un inventaire des espèces de micromammifères présentes dans l'agglomération, et une estimation de leur densité d'après le taux de réussite du piégeage.

B-4.2 *Etude du portage de* E. multilocularis

Chaque Rongeur piégé était ensuite autopsié sur place.

Les foies présentant des lésions macroscopiques étaient conservés dans le formol en vue d'un diagnostic histologique ultérieur. Pour chaque espèce on utilisait un seul pot de formol par semaine et par site de prélèvement, clairement identifié.

Le nombre de cas avérés d'échinococcose alvéolaire rapporté au nombre total de Rongeurs prélevés permettait d'évaluer la prévalence du parasite chez l'hôte intermédiaire dans l'agglomération.

Si des différences pouvaient être mises en évidence entre différents sites on pouvait en déduire des zones particulièrement à risque pour l'Homme puisque l'élément infestant est le même que pour les Rongeurs.

C- RESULTATS ET DISCUSSION

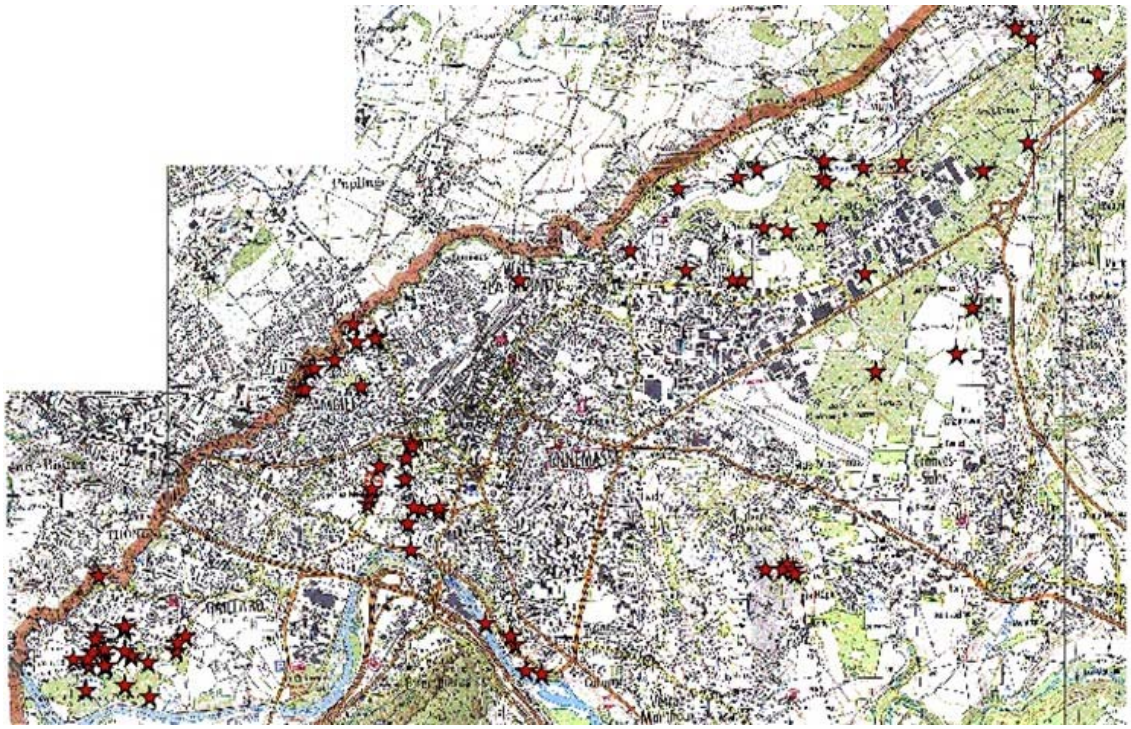
C -1 Concernant l'hôte définitif

C-1.1 Eléments de comportement

C-1.1.1 Présence du renard dans l'agglomération

Entre le 14 Février et le 21 Juin 2003, **94 fèces de renards** ont été récoltées sur l'ensemble de l'agglomération.

Leur découverte, dans des communes et des milieux d'aspect très variés, comme le montre la Figure 27, semble indiquer que les renards savent occuper les différentes structures disponibles sur Annemasse.



Source : ERZ

Figure 27 : répartition des fèces récoltées (étoiles rouges) sur l'agglomération d'Annemasse

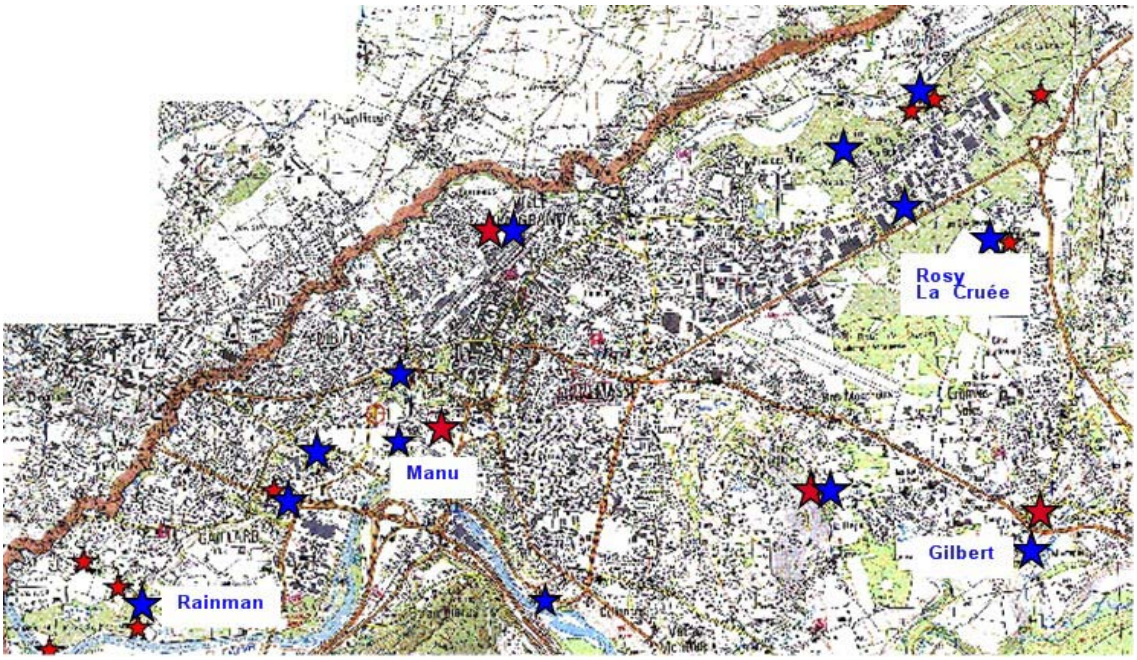
Il reste que la recherche n'a pas été exhaustive, et que certaines zones ont pu être négligées, en terme d'exploration, par rapport à d'autres. Par conséquent on ne peut relier la densité des renards à celles des fèces retrouvés dans chaque zone. L'absence de fèces récoltées dans une zone ne peut en effet pas être interprétée comme l'absence de fréquentation par les renards.

Par contre la donnée « présence » a, elle, une valeur, dans la mesure où la diagnose d'espèce est certaine. Les zones où les fèces ont été trouvées sont donc, normalement, des zones fréquentées par le Renard.

La recherche d'indices de présence a également abouti à la définition de **13 sites de piégeage**, répartis sur toute l'agglomération (Figure 28). Ces sites présentaient donc plusieurs critères concomitants favorables à la suspicion de présence de renards. Leur existence actuelle ou passée sur ces lieux est indiscutable.

Suite à la prospection et au suivi télémétrique des renards, **13 terriers** ont aussi pu être mis en évidence (Figure 28). De même que le résultat du ramassage de fèces, ce chiffre ne peut pas être interprété de façon valable en terme de densité de population ou de sites préférentiellement fréquentés car il n'est pas le fruit d'une recherche exhaustive. Néanmoins, ils attestent de la vie du Renard dans certains quartiers de la ville.

Ainsi le Bois de Vernaz et la zone maraîchère de Gaillard, le Bois de Rosses, les hauteurs de Vétraz-Monthoux, le Bois des Côtes et les rives du Foron à Ville-la-Grand, sont des zones de la périphérie de l'agglomération où la présence du Renard ne fait aucun doute. Elle est aussi fortement suspectée plus au centre de l'ensemble urbain, dans le quartier du Brouaz et des Monthouses, celui du Casino d'Annemasse, la zone industrielle de Ville-la Grand, les rives du Foron à Ambilly et les abords de la Gare.



Source : ERZ

Figure 28 : répartition des sites de piégeage (étoiles bleues) et des terriers découverts(étoiles rouges) sur l'agglomération d'Annemasse. Les noms des renards piégés sont indiqués à côté de leurs sites de capture.

C-1.1.2 Résultats du suivi télémétrique

C-1.1.2.1 Résultats du piégeage

En huit semaines de piégeage, 13 sites ont été équipés, avec l'aide de Mr Grandjean, Mr Morand, et Mr Petit, piégeurs agréés.

Ils étaient répartis sur différentes communes de l'agglomération : trois à Annemasse, quatre à Ville-la-Grand, trois à Gaillard, deux à Cranves-Sales et un à Vétraz-Monthoux. Seule la commune d'Ambilly, où pourtant des fèces de renards ont été trouvées, n' a pas encore montré de site favorable à l'installation de pièges.

Sept cages et une cinquantaine de collets ont été nécessaires pour équiper ces différents sites. Grâce au prêt de matériel par les piégeurs locaux, l'ERZ n'a pas eu à tout acquérir.

Tous les sites de piégeage n'ont pas été tendus simultanément : en moyenne, chaque semaine, six sites étaient tendus et contrôlés. La plupart étaient situés en périphérie de l'agglomération.

Ils ont permis la **capture de cinq renards** dont les fiches de piégeage sont présentées en Annexe 4. Tous ont été pris au collet, dans différents sites de l'agglomération (Figure 28). Chacun a été nommé en fonction du lieu ou de leurs circonstances de piégeage, afin de mieux s'en souvenir.

Ainsi avons-nous capturé trois mâles : Rainman, Gilbert et Manu ; une femelle : Rosy ; ainsi qu'une juvénile d'environ deux mois : La Cruée. Cette dernière a été équipée d'un collier spécifique formé d'une partie extensible qui permet au collier de « grandir en même temps que l'animal ».

Le premier Renard, Rainman, a été piégé au bout de quatre semaines de piégeage, mais le site de capture n'était équipé que depuis dix jours. Les autres ont été pris entre trois et quatre jours après l'installation des pièges sur les sites. Manu a même été capturé en une nuit après qu'il ait été ajouté des collets sur un site déjà équipé depuis plusieurs semaines sans succès.

Les captures se sont déroulées sur les communes d'Annemasse (Manu), Gaillard (Rainman), et Cranves-Sales (La Cruée, Rosy et Gilbert). Pour la plupart, le site de capture était assez peu urbanisé (bois ou prairies en marge de la zone urbaine), mais toujours assez proche d'habitations humaines. La Cruée a même été piégée dans la grange d'une ferme. Manu, lui, provient d'un quartier comptant beaucoup d'espaces verts mais cerné par du tissu urbain : le Brouaz.

L'objectif de l'ERZ était d'équiper deux renards par commune. De nouvelles sessions de piégeage sont donc prévues pour l'automne dans les sites qui n'ont pas encore porté leur fruit et notamment concernant les communes d'Ambilly, Ville-La-Grand et Vétraz-Monthoux, pour lesquelles nous n'avons encore aucun représentant alors que la présence du Renard n'y fait aucun doute.

Par ailleurs, nous avons la certitude qu'en deux sites de piégeage, situés sur les communes d'Annemasse et de Vétraz-Monthoux, un de nos collets avait pris un Renard qui a réussi à se dégager avant notre arrivée. Ces deux individus « ratés » confirment bien la présence du Renard sur ces sites. Les efforts vont donc être à nouveau concentrés sur ces lieux en matière d'installations de piégeage. Ceci suggère également d'ajouter une tournée de surveillance des pièges en milieu de nuit, notamment pendant la période hivernale où les nuits sont plus longues, malgré les perturbations que peuvent occasionner la venue de l'Homme sur le comportement des renards.

Enfin il serait envisageable, pour les prochaines sessions de piégeage, d'utiliser également un autre type de piège : les pièges à lacet de type Belle-îsle. Ces pièges déclenchent la fermeture d'un lacet autour de la patte du Renard lorsque celui-ci vient se procurer un appât. Ce système se montre souvent plus efficace que les cages, qui trompent rarement la ruse de cet animal.

C-1.1.2.2 Données obtenues par le suivi des renards piégés

Nous présentons ici les données issues du suivi des renards entre le 30 Avril 2003, date de capture de Rainman, et le 26 Juillet 2003. cela représente 32 nuits de suivi, soit complètes soit par portions de cinq heures.

Rainman a été suivi pendant huit semaines, il a ainsi été pointé 73 fois, en 39 points différents. Le tracé de la surface de son territoire en fonction du nombre de points (Figure 29) montre un fléchissement de la courbe qui indique que l'on approche de sa définition totale. Il atteint l'aire de 124,881 hectares, ce qui se rapproche plus des valeurs habituellement rencontrées chez le Renard rural (Meia, 2003). Il occupe une vaste zone située au sud de la ville de Gaillard (Figure 30).

Source : ERZ

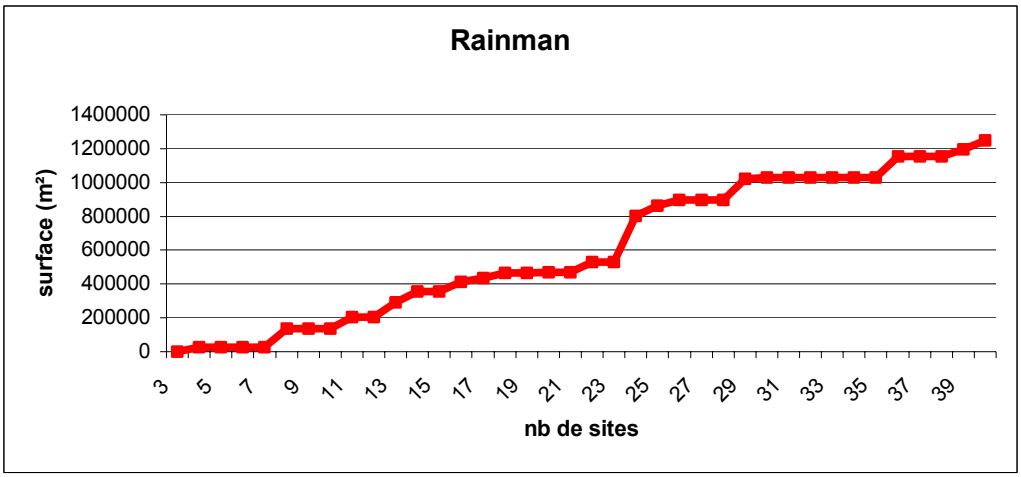
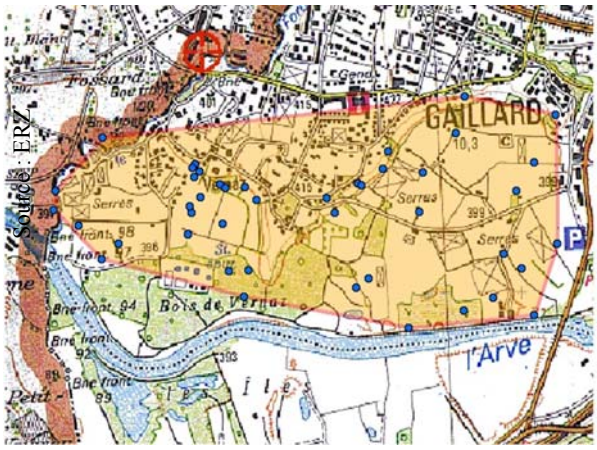


Figure 29 : évolution de la surface du domaine de Rainman en fonction du nombre de sites observés.



Les gîtes diurnes de Rainman sont situés en bordure d'agglomération, dans un roncier à moins de 20 mètres des maisons et de la rue, voire dans une maison inhabitée donnant directement sur la rue.

Son suivi n'a jamais permis de le localiser dans les rues. Son activité est essentiellement concentrée sur les bois, les champs et les jardins situés entre la partie habitée de Gaillard et l'Arve. Il n'est pas rare de le rencontrer dans les cultures maraîchères de cette zone.

Figure 30 : représentation du domaine de vie de Rainman par la méthode des MCP. Points bleus : sites pointés.

La Cruée (Figure 31) a été piégée le 12 Mai, mais elle n'a pu être suivie que durant une semaine. En effet son signal a disparu la semaine suivante. Comme le collier continue normalement d'émettre, même en cas de décès de l'animal, notre hypothèse privilégiée est que La Cruée a été victime d'un choc avec un véhicule. Nous n'avons jamais retrouvé sa trace. Peu d'informations sont donc extractibles de son suivi puisqu'il n'a apporté que six points différents. Elle reste cependant un de nos meilleurs souvenir de suivi : alors que nous la cherchions dans un bois, espérant trouver son terrier, nous avons croisé son chemin. Les vents favorables, et son inexpérience, nous ont permis de l'observer à quelques mètres, pendant de délicieuses minutes, et de constater qu'à deux mois à peine elle avait déjà suffisamment d'autonomie pour partir seule.

Figure 31 : La Cruée dans un sac en toile de jute, lors de sa capture.

Rosy, capturée sur le même site que La Cruée quelques jours plus tard, est une femelle adulte. Elle était allaitante au moment de sa capture donc, compte tenu de l'âge de La Cruée, il est peu probable qu'elle en soit la mère, et le signal de La Cruée a disparu trop tôt pour que l'on compare les terriers des deux animaux.

En six semaines de suivi, Rosy a été pointée 32 fois en 28 points différents. Peu active au départ, son activité était centrée sur une partie d'un bois seulement et la prairie adjacente. Il est en effet noté que les renardes sortent moins lorsqu'elles ont leurs petits.

Depuis, on la localise en des lieux de plus en plus éloignés (Figure 33). La surface actuelle du polygone atteint 75 hectares, et reste en constante augmentation (Figure 32).

Source : ERZ

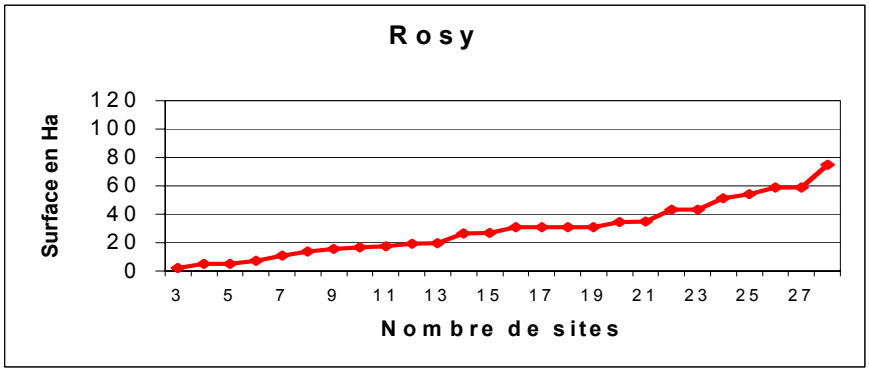
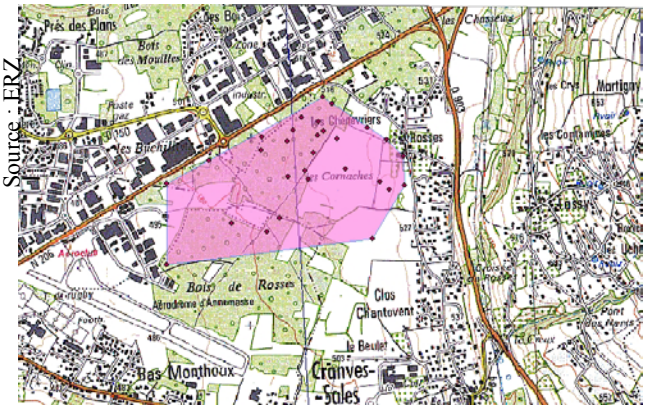


Figure 32 : évolution de la surface du domaine de Rosy en fonction du nombre de sites observés

Source : ERZ

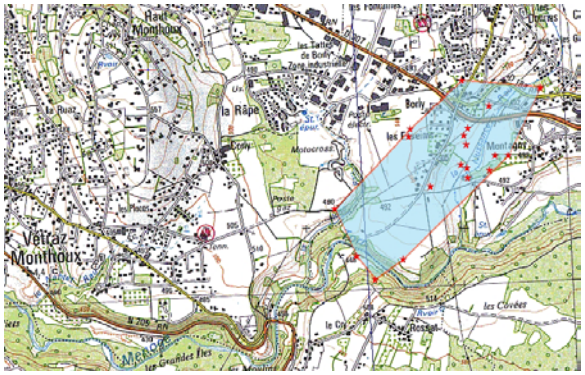


Même si les dernières localisations la situent près de zones plus fréquentées par l'Homme (Zone industrielle, déchetterie…), son activité reste centrée sur le terrain rural (bois, prairie…) compris entre la zone industrielle de Ville-la-Grand, l'aérodrome d'Annemasse et le village de Cranves-Sales.

Figure 33 : représentation du domaine de vie de Rosy par la méthode des MCP. Points violets : sites pointés.

Gilbert est un mâle adulte piégé le 22 Mai, à proximité d'une maison, sur la commune de Cranves-Sales. Il a été pointé 21 fois en cinq semaines de suivi, ce qui représente 16 points différents. Nous sommes encore loin d'avoir cerné son territoire total, mais l'on peut d'ors et déjà dire qu'il évolue sur un terrain à dominante rurale (Figure 34), près d'une zone résidentielle de campagne qu'il lui arrive parfois de traverser.

Source : ERZ



Le polygone actuellement déterminé couvre une surface de plus de 74 hectares, mais nous ne disposons pas encore d'assez de points pour reconnaître un fléchissement de la courbe représentant sa surface par rapport au nombre de sites identifiés (Figure 35). Il est donc très certainement sous-évalué pour le moment.

Figure 34 : représentation du domaine de vie de Gilbert par la méthode des MCP. Points rouges : sites pointés.

Source : ERZ

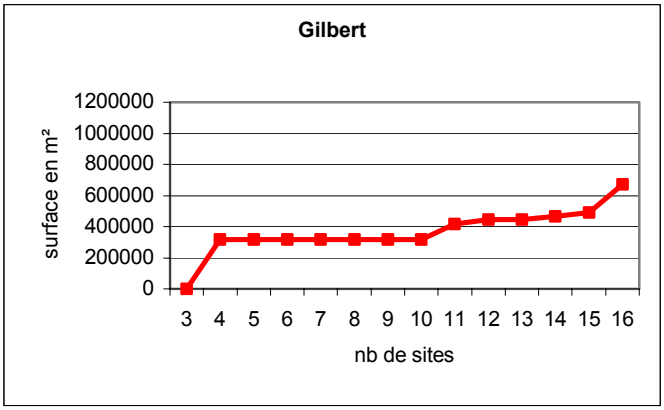


Figure 35 : évolution de la surface du domaine de Gilbert en fonction du nombre de sites observés

Manu a été pris le lendemain de la capture de Gilbert mais en un site bien différent, situé sur la commune d'Annemasse. Son suivi sur cinq semaines a permis de le pointer 49 fois, en 21 points distincts, dessinant le domaine représenté en Figure 36.

Son terrier se situe au sein d'un quartier résidentiel. Lors des premières nuits de suivi il ne l'a guère quitté, probablement sous le choc de sa capture, mais petit à petit il a bien voulu nous dévoiler ses habitudes. Il parcourre fréquemment un tissu urbain plus ou moins lâche pour rejoindre les îlots de verdure disponibles. Comme ses cousins britanniques, il fréquente régulièrement les cimetières. Il traverse des rues qui peuvent être assez passantes et côtoie la voie ferrée. Son corps porte d'ailleurs les traces d'un mode de vie risqué : sa queue est raccourcie et ses oreilles entaillées. Manu est donc le plus urbain des quatre renards actuellement suivis sur Annemasse. La surface atteinte par son territoire tel qu'on l'a actuellement déterminé représente environ 41 hectares, ce qui est dans l'ordre de grandeur habituel pour un renard urbain. Les derniers pointages n'ont pas beaucoup fait varier cette valeur, et la courbe semble atteindre un plateau, mais le nombre de pointages est encore trop faible pour l'attester (Figure 37).

Source : ERZ

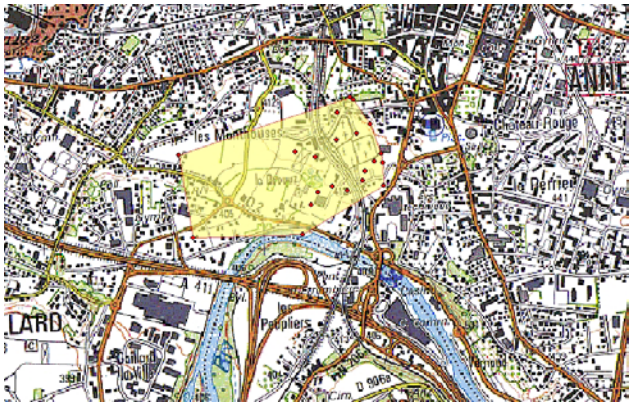


Figure 36 : représentation du domaine de vie de Manu par la méthode des MCP. Points rouges : sites pointés.

Source : ERZ

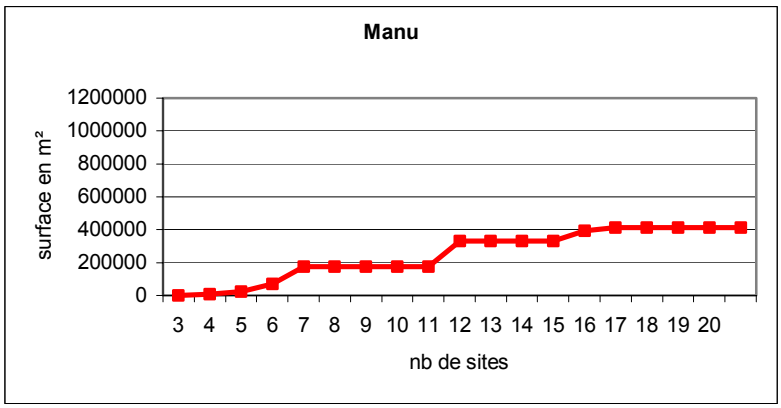


Figure 37 : évolution de la surface du domaine de Manu en fonction du nombre de sites observés.

Ainsi il reste difficile de conclure sur les tailles des domaines vitaux des renards capturés. Un suivi assidu est encore nécessaire pendant au moins un an avant d'avoir une base de donnée suffisante car une centaine de points paraît être le minimum à viser avant d'être certain d'avoir cerné le domaine de vie d'un Renard.

Hormis Manu, le profil des renards capturés est celui de renards périurbains, côtoyant l'Homme à bonne distance, et conservant une activité prédatrice semblable à celle de leurs homologues ruraux.

Manu, lui, est beaucoup plus inclus dans un mode de vie urbain. Il est peu probable qu'il conserve des relations avec le milieu rural de la périphérie, et ses ressources doivent donc toutes provenir du milieu urbain.

C-1.1.3 Régime alimentaire des renards d'Annemasse

Nous nous sommes attachée à l'étude du régime alimentaire des renards d'Annemasse à partir des fèces récoltées dans l'agglomération du 1er au 22 Juillet 2003. Les différentes étapes ont été réalisées en partie au Laboratoire de Biologie et d'Eco-physiologie de la Faculté des Sciences de Besançon, sous l'encadrement de Mr Francis Raoul, et en partie à notre domicile. Un total de **quatre-vingt douze échantillons** a pu être analysés durant cette période.

Certaines catégories d'aliments éventuellement attendues n'ont pas été rencontrées, telles que « *C. glareolus* », « *Gliridae* » et « Insectivores ».

Par contre de nombreux échantillons contenaient de petits ossements mais pas d'indices suffisants pour classer la proie avec précision parmi les Micromammifères.

Ceci est probablement dû en partie à une perte d'information liée aux tests ELISA. En effet, un gramme de fèces a été retiré à chaque échantillon afin de réaliser les extractions, et le culot de centrifugation n'a pas pu être récupéré. Il est fort probable que des éléments tels que les dents aient été perdus à cette occasion, nous privant ainsi d'un élément clé de diagnose des proies.

Elles ont donc été placées dans les catégories « Micromammifères de grande taille » « Micromammifères de petite taille » et « Micromammifères indéterminés ». Ces catégories posent un problème pour l'interprétation car elles englobent les Campagnols au sens large et les autres Micromammifères. Elles seront donc retirées pour les interprétations par catégorie mais conservées pour la vision par groupe du régime alimentaire (groupe Mammifère).

Le faible nombre d'items dans la catégorie « Céréale », nous conduit à les grouper immédiatement avec la catégorie « Végétaux », et de même pour les catégories « Lagomorphe », « *Muridae* » et « Autres Mammifères ».

Les résultats sont représentés par la Figure 38 et la Figure 39:

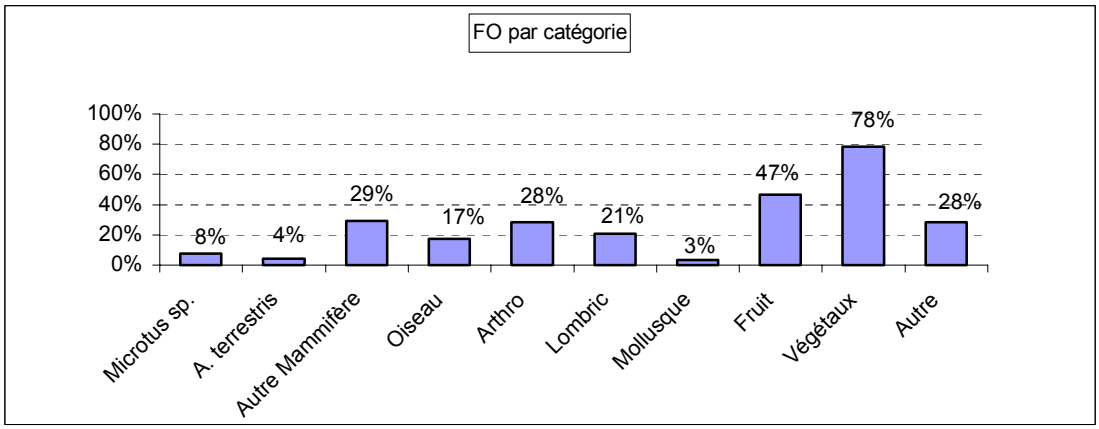


Figure 38 : histogramme des fréquences d'occurrence (FO en %) par catégorie d'items présents dans les fèces.

Ainsi, la présence de végétaux divers est tout aussi notable qu'en ce qui concerne les renards Nantais (Richomme, 2002), voire encore plus répandue dans notre échantillon car on les retrouve dans 78 % des fèces.

Nous constatons la même prépondérance des Mammifères (FO = 49 %), avec notamment les Micromammifères (23 % des fèces si l'on compte les Micromammifères indéterminés) dont *Microtus sp*. comme proie remarquable (FO = 8 %). Par contre, les Lagomorphes ont une représentation bien inférieure (2 % des fèces seulement).

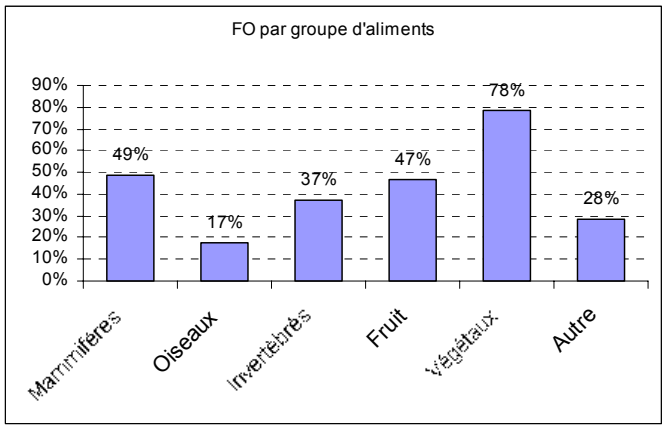


Figure 39 : histogramme des Fréquences d'occurrence (FO en %) par groupes d'items présents dans les fèces

Il est à noter que l'utilisation de la technique de coupes de poils aurait probablement permis de surpasser la perte d'information due à la réservation d'une partie de l'échantillon pour d'autres analyses, et ainsi d'avoir une meilleure précision quant à la nature des proies mammaliennes des renards urbains.

L'analyse de coupes de poils permettrait aussi de contrôler la diagnose des fèces. En effet, les Carnivores ingèrent toujours une partie de leur pelage lorsqu'ils se lèchent, qui se retrouve donc dans les fèces. La présence de poils de Renard attesterait donc leur origine vulpine. Par contre, la reconnaissance de poils de Chien ou de Chat, sans présence de ceux de Renard, indiquerait plutôt que les fèces provenaient de carnivores domestiques car leur consommation par les renards est rapportée comme rarissime sauf éventuellement à l'état de cadavre (Brosset, 1975 ; Doncaster *et al.*, 1990 ; Saunders *et al*., 1993).

Les fruits constituent également une catégorie bien représentée, puisqu'ils sont retrouvés dans 49 % des échantillons.

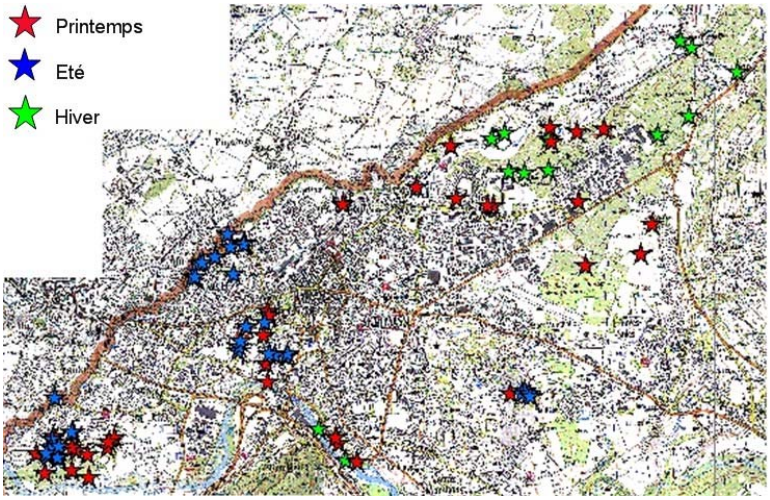
On rencontre ensuite très fréquemment des Invertébrés (FO = 37 %) avec notamment des Arthropodes, surtout du type Coléoptères (adultes et larves), dans 28 % des fèces. Contrairement à Richomme (2002), nous avons mis en évidence la présence de soies de Lombric dans 21 % des échantillons, valeur comparable aux autres données disponibles sur le régime alimentaire du Renard urbain (Harris, 1981b ; Doncaster *et al.*, 1990 ; Saunders *et al*., 1993 ; Lechat, 1994).

Enfin les Oiseaux sont bien moins représentés que dans l'agglomération Nantaise (Lodé, 1991 ; Lechat, 1994 ;Richomme, 2002), puisqu'on ne les trouve que dans 17 % des fèces, ce qui se rapproche plus de la situation décrite dans les villes britanniques (Harris, 1981 ; Doncaster *et al.*, 1990 ; Saunders *et al*., 1993).

La catégorie « autre », regroupe toutes sortes de déchets (morceaux de plastique, de papier, d'élastique, de polystyrène, d'aluminium, de bois) attestant la proximité des renards avec l'Homme.

Peu de variations sont notables au fil des saisons biologiques du Renard. Lorsqu'on approche de la belle saison, on observe l'augmentation de la fréquence d'occurrence des fruits et des Arthropodes, tandis que celle des lombrics diminue nettement, vraisemblablement en parallèle de l'assèchement du sol. Les autres catégories restent sensiblement stables d'après nos données.

Mais la mauvaise homogénéité des milieux de ramassage des fèces au cours de saisons empêche toute interprétation sérieuse (Figure 40). Ainsi en hiver il s'est principalement déroulé dans des milieux à forte composante rurale, au printemps elle fut assez bien répartie, puis en été un ramassage plus important s'est effectué en milieu urbain.



Source : ERZ

Figure 40 : répartition des fèces récoltées en fonction de la saison de ramassage**.**

Par conséquent, peu de comparaisons de sous-groupe au sein de l'échantillon urbain peuvent être réalisées sans risquer de biais.

C-1.2 Portage de E. multilocularis *par les renards*

C-1.2.1 Résultats des tirs de nuit et des autopsies

Deux sessions de tirs de nuit ont pu être organisées depuis le début de l'étude.

La première a eu lieu dans la nuit du 27 au 28 mars 2003, sur la commune de Bons-en-Chablais et ses environs, avec l'aide de Michel Tappaz, président délégué des lieutenants de Louveterie de Haute-Savoie. Deux voitures ont sillonné la zone, entre 21h30 et 1h00, ce qui a permis de voir 17 renards et d'en tuer **deux** : une femelle de sept kilogrammes et une autre de cinq kilogrammes dont les tractus digestifs ont étés prélevés.

La seconde session s'est déroulée dans la nuit du 18 au 19 juin 2003, en Vuache, avec la participation de Mr Cottet du Moulin, lieutenant de Louveterie. Entre 22h30 et 2h00, huit renards ont été vus dont **deux** tués et prélevés : un mâle et une femelle de sept kilogrammes chacun.

Les intestins obtenus lors de la première session ont été analysés au Laboratoire Vétérinaire Départemental du Doubs, à Besançon, lors de la formation à l'autopsie parasitaire assurée par Francis Raoul en Avril 2003. *E. multilocularis* n'a pu être mis en évidence chez aucun des deux.

Les deux autres n'ont pas encore étés analysés.

Par ailleurs nous avons pu intercepter **une renarde** tuée le 17 juin 2003 par le garde-chasse de Vétraz-Monthoux, Michel Combes, et dont le tractus digestif est stocké, conjointement aux deux autres, au Laboratoire Vétérinaire Départemental de Savoie, à Chambéry.

L'échantillon de population ainsi obtenu est très restreint. Il s'avère donc nécessaire d'augmenter sa taille par de nouveaux tirs de nuit ou la récupération de cadavres de renards du périmètre, décédés autrement. L'analyse des intestins recueillis, conjointement à celle des trois déjà disponibles, pourra être riche d'informations sur le portage du parasite par les renards dans le secteur si l'échantillon atteint la cinquantaine d'individus.

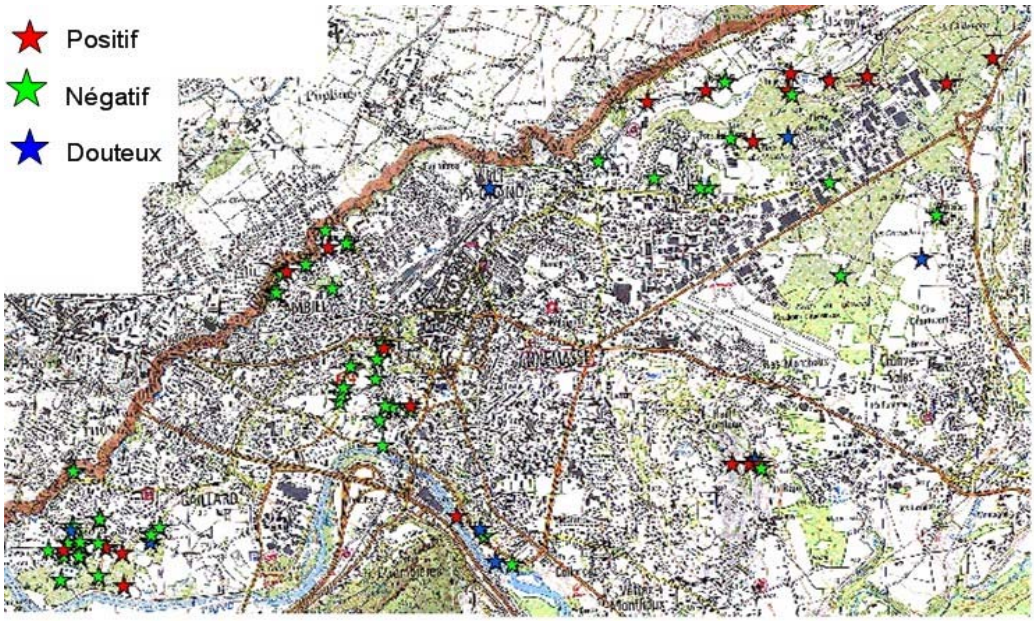
C-1.2.2 Résultats de la recherche de copro-antigènes

La recherche de copro-antigènes a porté sur **93 fèces** provenant de l'agglomération et **50 fèces** récoltées sur les placettes tracées aux environs d'Annemasse. Elle s'est déroulée du 22 au 30 Juillet 2003, au Laboratoire de Biologie et d'Eco-physiologie de la Faculté des Sciences de Besançon, sous l'encadrement de Francis Raoul.

Chaque plaque de microtitration portait des échantillons des deux zones, dans un souci d'homogénéité des procédures d'analyse.

Chaque échantillon était analysé en double, l'écart moyen entre les deux valeurs de DO d'un même échantillon est de 6,43 % [5,93 %-6,93 %].

Parmi les 93 fèces récoltées en zone urbaine, **28** (soit 29 % [20 %-39 %]) ont une DOc supérieure à 40 %. La répartition des fèces aux résultats positif, négatif ou douteux, à l'échelle de l'agglomération est très variée (Figure 41) et, du fait du biais saisonnier de ramassage et de la faible taille de l'échantillon ne permet pas d'interprétation pour le moment.



Source : ERZ

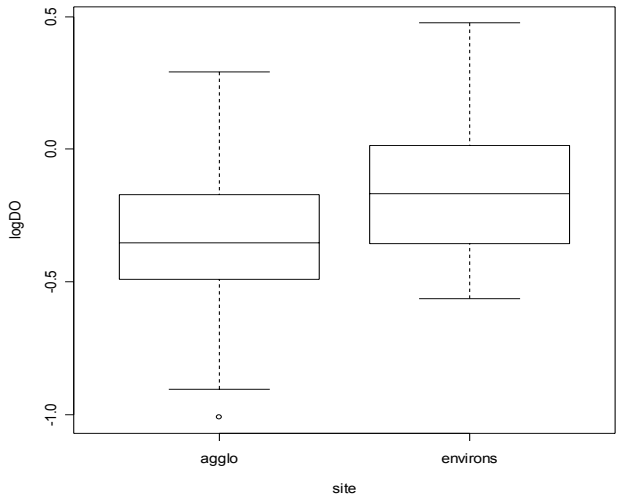
Figure 41 : répartition des fèces récoltées dans l'agglomération en fonction de leur résultat au copro-test ELISA.

L'analyse s'est également révélée positive pour **29** des 50 échantillons provenant des environs (58 % [43 %-72 %]). La comparaison de ces deux taux de positivité par un test de Khi-deux montre une différence significative entre les deux lots (p=0,02459).

Une plaque de microtitration a été choisie comme plaque de référence afin d'établir les DOa de chaque échantillon, dans notre cas ce fut la plaque n°2.

La comparaison des répartitions des valeurs de DOa par un test non paramétrique de Mann-Whitney-Wilcoxon montre également que les valeurs de la zone rurale sont significativement plus élevées que celles de la zone urbaine ($p=8{,}775.10^{-8}$).

Lorsque ces valeurs sont transformées en log décimal elle suivent une répartition normale (test de normalité : agglomération : p=0,5528 ; environs : p=0,5763) ce qui permet d'appliquer un test paramétrique, plus puissant. La représentation graphique des résultats (Figure 42) semble indiquer une différence de niveau d'endémie entre les deux sites de ramassage.



Les variances ne sont pas significativement différentes d'après un test F de comparaison des variances (p=0,5815), on peut donc effectuer un test T de comparaison des moyennes en supposant les variances égales, qui montre également une différence significative entre les deux groupes ($p=4,849.10^{-5}$).

Ces résultats semblent ainsi démontrer une différence du taux de portage au sein et hors de l'agglomération.

Figure 42 : répartitions des valeurs de DO (en log) obtenues sur les fèces récoltées dans l'agglomération et dans les environs

Ceci reste à nuancer par le manque de spécificité de la technique ELISA et donc le risque de faux positifs. Ainsi on ne peut en aucun cas transposer les taux de positivité de 29 % en agglomération et 58 % dans les environs en prévalence réelle chez le Renard.

C'est pourquoi des analyses complémentaires de recherche du parasite par PCR dans les fèces positifs au test ELISA sont recommandées, pour prendre en compte cette erreur.

Il reste que la comparaison de valeurs de DOa est un outil valable pour comparer les taux de portage du parasite entre zones, lorsque la taille de l'échantillon est suffisante (Raoul, 2001).

La comparaison des répartitions de DO entre les trois saisons montre que le taux est significativement plus élevé en hiver. Mais nous souffrons ici du même biais que pour l'analyse du régime alimentaire : la récolte ayant concerné des milieux très différents au fil des saisons, on ne peut attribuer cette différence au seul facteur saisonnier.

C'est pourquoi à l'avenir il faudrait veiller à récolter des fèces sur des lieux variés aux mêmes périodes, peut être aidé en cela par l'établissement de circuits de ramassage définis. Ainsi la même pression de recherche serait appliquée à chaque site et chaque saison, de façon à pouvoir établir des comparaisons entre sous-groupes de l'échantillon urbain.

Par exemple, lorsque la cartographie du niveau d'urbanisation de chaque portion de la ville sera réalisée, une comparaison des répartitions de valeurs de DOa entre les zones urbaine, résidentielle et rurale, serait également possible. Ce sera un élément utile à la détermination des zones à risque pour l'Homme.

Une comparaison pourrait également se faire entre saisons afin d'éventuellement mettre en évidence une variation au cours de l'année.

C -2 Concernant l'hôte intermédiaire

Le piégeage de Rongeurs n'a pu se dérouler qu'entre le 16 et le 20 juin, et sur un seul site de piégeage. Les pièges utilisés nous ont étés prêtés par le professeur Petavy, de l'Université Claude Bernard de Lyon.

Trente pièges ont été disposés le long de deux lignes de 120 mètres et 30 mètres respectivement, dans une prairie de Gaillard, située sur le territoire de Rainman.

Ils ont permis la capture de **quatre rongeurs** : un *M. arvalis* et trois *A. terrestris*, dont un présentant des lésions hépatiques macroscopiques. Bien que ces lésions ne soient pas évocatrices de *E. multilocularis*, le foie a été conservé dans du formol à 10 %, mais n'a pas encore été analysé.

Cette partie de l'étude n'apporte donc pas d'informations intéressantes pour le moment concernant la faisabilité du cycle de *E. multilocularis* dans l'agglomération.

Cependant, elle nous a permis de prendre la mesure de ce que représente le piégeage de rongeurs en ville, afin de mieux préparer les campagnes futures.

En effet, nous avons pu constater la difficulté d'obtenir le nom du propriétaire des terrains ciblés, puis d'obtenir leur accord pour le piégeage. La portée de notre étude dans le domaine de la santé publique, fait parfois bien peu de poids face aux dégradations que nos installations peuvent entraîner sur un champ, une prairie ou un jardin. Une grande partie du travail de préparation serait donc destinée à des démarches d'information et de communication avec les habitants d'Annemasse.

Par ailleurs pour être efficace, il faut envisager l'équipement simultané de plusieurs sites, ce qui nécessite beaucoup de matériel et du personnel expérimenté. A moins d'un partenariat avec des intervenants extérieurs, comme ce fut le cas, cela représenterait un investissement financier non négligeable pour l'ERZ. Il faudrait aussi utiliser du matériel suffisamment varié pour permettre la capture de nombreuses espèces différentes de micromammifères, afin de mettre en évidence le rôle éventuel d'hôtes intermédiaires peu attendus (*Mus musculus* par exemple…).

La taille des surfaces disponibles dans l'agglomération étant généralement réduite, il n'est pas facile d'appliquer les systèmes habituels d'évaluation des densités de population de rongeurs (lignes INRA…). La détermination d'un autre protocole de piégeage, permettant cette évaluation dans les conditions urbaines serait ici très intéressante.

Le choix des dates de piégeage lui aussi est important. Le début de printemps, lorsque le sol n'est plus gelé mais que l'herbe est encore basse, ou l'été, après la fenaison, paraissent des périodes favorables.

D'autre part, il serait intéressant de conserver tous les foies des rongeurs capturés dans de l'alcool, pour permettre la recherche du parasite par PCR et donc sa détection même lorsque les lésions ne sont pas visibles à l'œil nu.

De même le prélèvement systématique des cristallins, permettrait de déterminer la structure d'âge de la population étudiée.

Enfin, compte tenu de la prévalence habituellement faible du parasite chez son hôte intermédiaire, même en zone d'endémie, le nombre d'animaux piégés doit se rapprocher le plus possible du millier et les zones de piégeage devraient être ciblées, suite aux analyses des fèces récoltées et des territoires vitaux, sur des aires combinant positivité des fèces et forte présence et activité des renards. Le parasite serait ainsi recherché chez son hôte intermédiaire là où il a le plus de chances de se trouver, ce qui favoriserait la mise en évidence d'un cycle urbain, s'il existe, dans l'agglomération.

D- BILAN

Nous voudrions d'abord rappeler au lecteur que ce travail ne présente que les résultats issu des premiers mois d'une étude qui devrait porter sur plusieurs années. S'il apporte déjà quelques informations, ce travail reste une synthèse des différentes méthodes applicables à l'étude de l'épidémiologie de *E. multilocularis* en milieu urbain, visant à déterminer la stratégie à appliquer pour une telle étude. Ainsi les résultats analysés dans les deux paragraphes qui vont suivre ne sont que des résultats partiels à interpréter comme tel et non comme une résolution de la problématique posée. Le dernier paragraphe, lui, est le fruit de notre réflexion pour la recherche d'un protocole d'étude optimisé par rapport à celui suivi jusqu'ici.

D -1 Présence et mode de vie des renards urbains à Annemasse

Les éléments en faveur de la présence du Renard dans l'agglomération d'Annemasse ne manquent pas, tels que les différents terriers et coulées découverts ainsi que la répartition des fèces récoltées. Seul le centre ville d'Annemasse n'a encore jamais montré d'indice de ce genre.

On note que les renards fréquentent la plupart des lieux de loisirs en plein air présents sur l'agglomération (Parc des Ecureuils, Bois de Vernaz, Parc de la Chatelaine, Sentiers du bord du Foron, Rives de l'Arve, Bois des côtes). Ces lieux sont fréquemment le site de promenade pour les habitants d'Annemasse et leurs compagnons à quatre pattes.

Mais les différents témoignages recueillis corroborent le fait que cette présence était beaucoup plus remarquable deux ans plus tôt. Cette baisse apparente de fréquentation de la ville par les renards peut être reliée a l'épidémie de Gale sarcoptique, responsable de la diminution des densités de populations de cette espèce dans les environs.

Ceci a pu jouer dans notre difficulté à capturer des renards dans des zones très urbanisées. En effet la majorité des animaux suivis (Rainman, Rosy et Gilbert), montre une activité et des tailles de domaines vitaux (à en juger par celui de Rainman, le plus complet) plus compatibles avec des renards suburbains, voire péri-urbains.

On peut noter cependant qu'aucun ne craint d'approcher les habitations, même des zones densément peuplées.

Manu, quant à lui, est un individu bien adapté au milieu urbain, dont les échanges avec le milieu rural semblent peu probables et dont la poursuite du suivi sera riche d'enseignements (surface du domaine vital, principales zones d'activité, voies de déplacement…).

Les six premiers mois de travail de terrain on permis d'obtenir suffisamment d'informations sur les sites de présence du Renard urbain pour que nous proposions désormais de réserver le ramassage de fèces à 18 circuits prédéfinis. Ceci sera utile à répartir uniformément la pression de recherche de fèces sur les différents milieux présents dans l'agglomération et dans le temps. Par exemple, il serait envisageable de choisir de visiter chacun de ces circuits deux fois dans le même mois.

De même les sites de piégeages repérés auparavant devraient suffire à la capture des six renards encore manquants par rapport aux objectifs fixés. Leur suivi respectif, même s'il ne permet pas une étude détaillée des comportements spécifiques de chacun, sera une mine d'enseignements sur les renards urbains, et permettra de mieux cerner certains facteurs de transmission de *E. mulilocularis* en agglomération.

Le régime alimentaire, déterminé à partir des fèces récoltées en ville, montre, comme souvent chez le Renard, la grande adaptabilité de cet animal aux ressources disponibles.

Certains caractères du régime obtenu le rapproche de celui des renards nantais, d'autres sont plus homologues à ceux décrits en Grande-Bretagne. Ainsi rien ne semble indiquer que l'on puisse établir un standard du comportement alimentaire du Renard urbain français (ou européen). Nous pensons plutôt que celui-ci est largement influencé par les ressources propres à chaque ville. Ainsi l'étude du régime alimentaire des renards paraît indiquée dans chacune des villes où l'on se proposera d'étudier le Renard urbain ou, plus largement, l'épidémiologie de *E. multilocularis*.

Les résultats obtenus à Annemasse décrivent un régime alimentaire où les fruits et les Invertébrés prennent une place presque aussi importante que les Mammifères, ainsi qu'une source de nourriture d'origine anthropique certaine. Ils laissent à supposer que la consommation de Mammifères, en particulier de Campagnols, est inférieure à celle habituellement rencontrée en zone rurale.

Cependant, la faible taille de l'échantillon et les imperfections de la méthode utilisée nous incitent à la plus grande prudence dans ces interprétations. La poursuite de ces analyses sur les prélèvements à venir, ainsi que leur application aux fèces récoltées dans les environs permettront de mettre en évidence ce phénomène s'il existe. Plus de précisions pourront être obtenues en améliorant la méthode : récupération du culot de centrifugation ou analyse en coupe des poils conservés.

D -2 Estimation de la présence de *E. multilocularis* dans l'agglomération annemassienne

Cette estimation ne peut se baser que sur la recherche de copro-antigènes dans les fèces récoltées. Sur l'échantillon de fèces provenant de l'agglomération, **29 %** montrait un résultat positif. Ce chiffre ne peut pas être extrapolé en matière de prévalence réelle chez le Renard, compte tenu des éventuels faux positifs rencontrés avec ce test. Cependant il montre que la question de la présence du parasite dans l'agglomération mérite d'être soulevée. D'autres analyses sont maintenant nécessaires pour affiner nos connaissances sur le sujet. La poursuite de la récolte de fèces sur des circuits définis, leur analyse par test ELISA et confirmation des positifs par la PCR, sont des orientations qui permettront d'augmenter la taille de l'échantillon et d'améliorer son utilisation, en vue de présenter des données plus fiables.

Lorsqu'une approche cartographique des niveaux d'urbanisation de l'agglomération sera disponible, elle permettra peut être de caractériser un type d'habitat plus à risque pour l'Homme.

En zone rurale aux environs de l'agglomération, le taux de positifs était de **58 %**. Cette différence de niveaux d'endémie est statistiquement significative. Le contrôle par PCR des fèces positives, ainsi que l'autopsie d'un plus grand nombre de renards vivant dans la région, permettraient d'affiner notre connaissance du taux de portage du parasite aux abords de l'agglomération.

La différence ainsi mise en évidence peut être reliée à l'apparente différence de régime alimentaire entre les renards urbains et ruraux. Les premiers consommant moins de rongeurs que les seconds, ils rencontrent peut-être moins facilement *E. multilocularis*. Cette hypothèse mériterait d'être contrôlée par les investigations ultérieures de l'ERZ, surtout lorsque l'on sait qu'il suffit d'un seul Rongeur infesté pour transmettre des centaines de parasites à un Renard.

Le statut des Rongeurs de l'agglomération, justement, reste encore à établir. La recherche du parasite chez ces animaux, permettra, une fois le portage de *E. multilocularis* par les renards urbains clairement mis en évidence, d'avancer dans l'explication de son mode de

propagation jusque dans les villes (la source de parasite est-elle extérieure à l'agglomération ou existe-t-il un véritable cycle urbain ?). Les données recueillies seront également d'importance concernant le risque de transmission aux carnivores domestiques.

Un problème peut être évoqué concernant le matériel d'étude choisi : celui de la reconnaissance des fèces de renards avec certitude. Les critères utilisés sont normalement suffisants, avec un peu d'habitude pour exclure presque tout à fait une erreur. Si celle-ci survenait cependant, la confusion possible avec des fèces de Chien ou de Chat ne semble pas devoir être avancée dans notre étude, puisque l'on cherche à mettre en évidence la présence ou non du parasite dans l'agglomération, et ses éventuels sites privilégiés. La nature du porteur n'est pas forcément l'élément clé de la problématique. Une telle erreur est par contre bien plus gênante concernant l'établissement du régime alimentaire ou l'utilisation des fèces comme indice de présence, mais pourrait être modérée par l'étude des coupes de poils.

D -3 Proposition de protocole pour la poursuite de l'étude à Annemasse et son application à d'autres agglomérations

Voici le protocole que nous proposons, d'après ces six mois d'expérience sur le terrain, pour mener à bien une étude sur l'épidémiologie urbaine de *E. multilocularis*. Nous signalerons au fur et à mesure des étapes proposées, le stade où se situe l'étude actuellement menée à Annemasse ;

1. Etude dans les environs

En parallèle de toutes les étapes qui vont suivre, on pourrait mener une étude dans les environs de la ville donnant des éléments de comparaison entre le milieu urbain et le milieu rural :

- Organiser des **tirs de nuits** de renards et prélever les tractus digestifs en vue d'autopsies parasitaires.
- Définir des **placettes** de 16km², entourant la ville et au sein desquelles cinq fèces de Renard devraient être récoltées en vue de rechercher le parasite par test ELISA complété par PCR, et d'établir le régime alimentaire des renards ruraux.

Ces étapes ont toutes deux débuté à Annemasse : l'analyse par PCR et les régimes alimentaires restent à réaliser sur les fèces récoltées dans les placettes, le nombre de tractus digestifs obtenus demeure assez restreint mais d'autres sessions de tirs de nuit ainsi qu'une meilleure coopération avec les chasseurs locaux devraient permettre d'élargir l'échantillon dans les mois à venir.

2. Préparation

- Réunir le **matériel** utile à la cartographie, au piégeage et au radio-tracking de renards, au piégeage de rongeurs.
- Rechercher les informations utiles au paramétrage des **niveaux d'urbanisation** dans l'agglomération (répartition des densité de population, densité de population active, occupation du sol …) et réaliser des fonds de carte présentant ces différents niveaux. Un tri en trois catégories (urbain, résidentiel et rural) paraît être suffisant, en utilisant la méthode du kernel avec indices : la surface de l'agglomération est découpée en carrés de 100 mètres de côté ; on détermine le niveau d'urbanisation dans un carré en fonction des informations concernant sa surface pondérées par les niveaux d'urbanisation déterminés sur les carrés adjacent.

Cette étape est actuellement en cours de réalisation et permettra un traitement plus approfondi des résultats déjà disponibles sur l'agglomération.

❑ Etablir les **premiers contacts** par lettre avec les associations de chasseurs, piégeurs, louvetiers…., les services techniques de l'agglomération, les groupes de naturalistes, et éventuellement les étudiants ou universitaires locaux intéressés par le sujet.

❑ Organiser des **réunions d'information** auprès des associations de chasseurs, piégeurs, louvetiers…., les services techniques de l'agglomération, les groupes de naturalistes, et éventuellement les étudiants ou universitaires locaux intéressés par le sujet, afin de :

☺ trouver des volontaires éventuellement disposés à apporter leur aide à quelque niveau que ce soit

☺ mettre au point un réseau efficace permettant de collecter un maximum de cadavres de renards urbains ou des environs, issus de la chasse, de tirs de nuit, du piégeage ou d'accidents de la route.

Ces deux étapes ont été réalisées dans les premières semaines de l'étude, bien que favorisant nettement le monde de la chasse, ce qui a peut être « shunté » une partie des informations éventuellement disponibles.

❑ Préparer un **questionnaire** pour sonder les populations au sujet de la présence du Renard dans l'agglomération.

❑ Organiser des réunions d'information ou des rendez-vous auprès des responsables de structures dont les employés sont amenés à voir des renards urbains. Il s'agit notamment de **professions ayant des horaires nocturnes** tels que les services de police et de gendarmerie, les transports (SNCF et transports urbains, taxis…), les services de propreté de la ville…Une distribution des questionnaires préparés aux employés, en explicitant bien le cadre de l'étude peut être envisagée.

❑ Réaliser des exposés dans les **écoles** et proposer un partenariat avec certaines classes avec distribution des questionnaires.

Ces trois derniers éléments de la préparation n'ont pas été appliqués à Annemasse. Ils semblent pourtant être une source non négligeable d'information (Guitton, 2003). Bien que cela implique un délai important (au moins six mois) avant le début réel de l'étude, ils nous paraissent profitables à une meilleure organisation des interventions qui suivront.

3. Prospection

En attendant les résultats des questionnaires, l'équipe pourrait par elle-même rechercher des informations sur le Renard urbain :

❑ **Repérer**, sur la carte et les photos aériennes, les zones susceptibles d'être favorable à leur installation.

❑ Sillonner l'agglomération **en voiture** :

☺ De jour pour voir l'aspects de ces zones sur place

☺ De nuit, avec un phare halogène, afin d'essayer de repérer certains renards.

❑ Entreprendre également des tournées **à vélo**

❑ Rechercher à pied, dans les zones ciblées ainsi, des **indices de présence** tels que les fèces (qui seront récoltées en vue d'analyses), les traces, les coulées, les terriers...

❑ **Interroger** les passants, les riverains ou les passants dans les zones intéressantes.

Toute cette étape a été conduite de cette façon à Annemasse du 10 février au 28 mars et a porté beaucoup de fruits. Néanmoins, on peut considérer que les trois mois de terrain qui ont suivi ont apporté encore beaucoup d'élément nouveaux, et peuvent aussi être inclus dans cette période de prospection, même si le piégeage et le radio-tracking avaient déjà commencés. Par conséquent, afin de perdre moins de temps lors de la phase pratique, il nous paraît important de consacrer environs six mois aux étapes 2 et 3, afin de bien préparer les étapes suivantes.

4. Synthèse des données

Confronter les résultats obtenus par les questionnaires et la prospection sur le terrain afin de définir :

☺ Des circuits de ramassage de fèces

☺ Des sites favorables au **piégeage** de renards.

Cette synthèse est désormais réalisée : nous proposons des circuits de ramassage basés sur nos observations des six mois de stage, et les sites de piégeage sont maintenant biens décrits grâce aux fiches établies.

5. Application sur le terrain

❑ **Collecter** des fèces en empruntant les circuits de ramassage choisis, de façon régulière (tous les sites doivent être visités le même nombre de fois sur une période donnée).

❑ Organiser des **sessions de piégeage intensif**, par exemple de quinze jours en continu, avec l'aide des acteurs locaux (piégeurs, louvetiers, naturalistes). Prévoir un contrôle régulier de pièges afin d'éviter les blessures où les fuites. La perturbation occasionnée par la multiplication des visites pourrait être limitée par l'utilisation d'autres pièges (type Belle-Ile) et de systèmes de contrôle à distance.

❑ Débuter le **radio-tracking** dès la première capture, par pointages espacés d'au moins 45 minutes pour un même Renard.

Le rythme idéal nous paraît être de deux semaines consécutives de terrain suivies d'une semaine synthèse. Cette semaine profiterait à la régularité de la saisie des données, la mise en commun des observations de chacun et la planification de la quinzaine de terrain suivante, ainsi qu'à la récupération physique des membres de l'équipe.

A Annemasse la collecte de fèces selon les circuits prédéfinis a commencé en Septembre, le radio-tracking se poursuit sur les quatre renards actuellement équipés. De nouvelles sessions de piégeage sont prévues dans l'automne, afin

d'obtenir des individus provenant de nouvelles zones (Vétraz-Monthoux, Ville-la-Grand, Ambilly). Il paraît en effet plus intéressant de suivre peu beaucoup d'animaux que de suivre beaucoup peu d'animaux (Guitton, 2003). L'objectif ainsi fixé par l'ERZ pour la ville d'Annemasse serait de huit à dix renards.

Chaque semaine de terrain, à deux personnes, engendre environ 800 Euros de frais de fonctionnement (déplacement, logement,..).

6. Analyses, à la fin de chaque saison

Il conviendrait d'effectuer une session d'analyses groupées à la fin de chaque saison biologique du Renard.

❑ Voici les analyses de laboratoire à réaliser sur les **fèces** récoltées en et hors agglomération :

☺ Rechercher les copro-antigènes de *E. multilocularis*, par la technique ELISA,

☺ Contrôler les résultats positifs au test ELISA par une recherche de copro-ADN, par PCR.

☺ Etablir le régime alimentaire, sur des échantillons le moins diminués possible par les analyses préalables (récupération des culots de centrifugation), par reconnaissance des macro-restes et éventuellement coupes de poils.

Les résultats de ces diverses analyses pourront ensuite être traités en fonction du niveau d'urbanisation des lieux de ramassage, de la saison,…

Il faut compter trois semaines pleines de laboratoire pour l'analyse du régime alimentaire d'une centaine d'échantillons, et huit jours pour réaliser les tests ELISA sur 150 fèces.

L'ERZ projette de compléter les analyses déjà réalisée par la PCR, mais l'échantillon reste nécessairement à élargir afin d'avoir des résultats suffisamment interprétables.

❑ Les **tractus digestifs** de renards, obtenus sur les cadavres récoltés, devraient subir une autopsie parasitaire. Il serait intéressant que cette autopsie soit complète, et pas uniquement ciblée sur *E. multilocularis*, car il s'agit d'une source d'information non négligeable.

La majorité de cette partie des analyses reste encore à venir concernant Annemasse.

❑ Concernant les résultats du **suivi télémétrique** des renards, ils devraient permettre de mettre en évidence les zones favorables à l'activité des renards, et de déterminer leur type (urbain, suburbain, rural) ainsi que leurs éventuelles relations avec les renards extérieurs à l'agglomération.

Les suivi en cours à Annemasse apportent déjà quelques éléments mais il faudrait au moins un an supplémentaire et plusieurs autres individus avant d'en tirer toutes les informations utiles.

7. Piégeage de Rongeurs

Au bout d'au moins un an d'étude, les suivis nocturnes et les analyses de laboratoire auront permis de dégager des **zones d'intérêt** dans l'agglomération : où l'activité des renards

est certaine et qui présentent un taux de positivité élevé. La mise en place de sessions de piégeage de Rongeurs sur ces zones peut alors être envisagée.

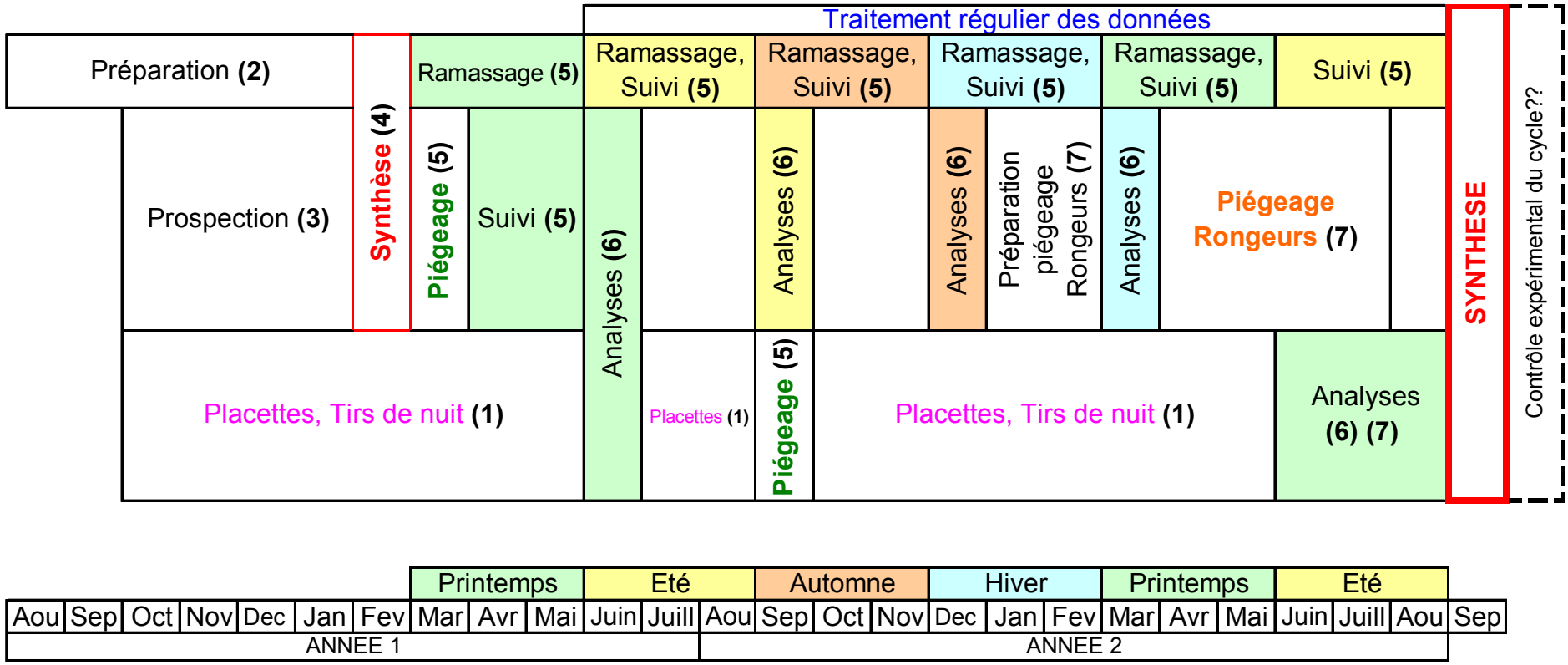
Elle doit permettre de faire **l'inventaire des espèces** présentes et d'évaluer leur taux de **portage du parasite**. Compte tenu de la prévalence habituellement faible du parasite chez les hôtes intermédiaires, et bien que la zone choisie présente un certain nombre de critères favorables, il faut viser à obtenir 500 à 1000 Rongeurs, prélever leur foies en vue d'analyses histologiques ou moléculaires (PCR), et éventuellement leurs cristallins (afin d'établir une structure d'âge des populations analysées).

L'expérience faite à Annemasse montre que cette étape présente de nombreuses difficultés : il faut beaucoup de matériel, obtenir l'accord des propriétaires sachant que les terrains subissent une altération non négligeable, trouver une surface totale suffisamment importante pour obtenir la quantité de Rongeurs visée, et cibler tout cela sur un périmètre présentant un maximum de facteurs favorables au parasite. Pour toutes ces raisons, la mise en place de cette étape se déroulera l'année prochaine, afin de répondre efficacement à ces critères.

Cette dernière étape permettrait d'avoir des données supplémentaires sur la faisabilité du cycle urbain dans l'agglomération. Si le risque paraissait avéré, il serait alors intéressant de développer un essai expérimental de contrôle du cycle.

Certaines périodes de l'année sont plus propices au déroulement d'étapes particulières de ce protocole (prospection en hiver pour profiter des traces dans la neige par exemple). Ainsi nous proposons l'organisation d'étude selon le calendrier présenté en Tableau IV.

Tableau IV : Proposition de calendrier d'organisation du protocole d'étude de l'épidémiologie de l'échinococcose alvéolaire en milieu urbain (numéros en gras : numéro de l'étape correspondante).



CONCLUSION

L'échinococcose alvéolaire est une zoonose d'importance en santé publique qui ne livre pas facilement ses secrets, tant sur l'écologie de sa transmission que sur les modalités éventuelles de traitement chez l'Homme. De nombreuses études sont encore en cours pour parvenir à mieux définir sa répartition et les facteurs qui influent sur sa prévalence, ce qui permettra d'améliorer les moyens de lutte et de prévention.

Notre travail sur l'agglomération d'Annemasse, dans le cadre de l'étude menée par l'ERZ, nous a permis d'évaluer les moyens d'aborder l'épidémiologie urbaine du parasite par ses différents aspects. Nous avons ainsi pu souligner l'importance du temps de préparation nécessaire à une étude de cette ampleur. Le suivi télémétrique des populations urbaines de renards identifiées sera riche d'informations, de même que les différentes analyses (autopsies, copro-tests ELISA, régime alimentaire), au bout de nombreux mois. Avec 29 % de positifs lors de la recherche de copro-antigènes, nos analyses sur les fèces récoltées en ville indiquent un taux de portage du parasite inférieur à celui évalué en zone rurale, mais montrent la nécessité de poursuivre et d'approfondir les investigations (copro-tests PCR). Enfin l'élucidation d'un cycle urbain complet par la mise en évidence du parasite chez son hôte intermédiaire dans l'agglomération est une entreprise difficile mais nécessaire qui doit être envisagée par la suite. Une approche biogéographique des résultats, par l'établissement de relations entre la présence du parasite et le niveau d'urbanisation nous paraît être également un élément essentiel.

Ainsi, ce genre d'étude permet l'amélioration des connaissances sur l'établissement urbain du parasite. Mais d'autres aspects, tels que le rôle éventuel des carnivores domestiques ou les voies de contamination de l'Homme, sont à prendre en compte dans la gestion de cette zoonose. Par ailleurs, l'échinococcose alvéolaire n'est pas le seul problème soulevé par la présence du Renard, comme celle d'autres espèces sauvages, en milieu urbain. Bien d'autres questions, sur le plan sanitaire (toxocarose), écologique, et éthique, restent en suspend.

Le Professeur responsable
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon

Vu : Le Directeur
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon

Pour le Directeur empêché,
Le Directeur - Assesseur

Le Président de la thèse

Professeur LE CHARPENTIER BOURDOISEAU
Professeur Gilles

Vu et permis d'imprimer

Lyon, le 6 NOV 2003

Pour le Président de l'Université,
Le Président du Comité de Coordination des Etudes Médicales,
Professeur F. MAUGUIERE

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON I

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. ADKINS C.A., Stott P., 1998. Home ranges, movements and habitat associations of red foxes *Vulpes vulpes* in suburban Toronto, Ontario, Canada. *J. Zool. Lond.,* 244 : 335-346.
2. AMMANN R., Eckert J., 1995. Clinical diagnosis and treatment of echinococcosis in Humans. In: *Echinococcus and hydatid disease*. THOMSON & LYMBERY (eds), CAB International, Wallingford, Oxon., pp 412-450.
3. ANDREWS P., Thomas H., Pohlka R., Scubert J., 1983. Praziquantel. *Med. Res. Rev*., 3 : 147-200.
4. ARTOIS M., 1989. Le Renard roux, *Vulpes vulpes, Linneaus*, *1758*. *Encyclopédie des Carnivores de France* . Société française pour l'étude et la protection des Mammifères. Nort sur Erdre, 90p.
5. ARTOIS M., 1997, Managing problem of wildlife in the "Old World": a veterinary perspective. *Reproduction, Fertility, and Development,* 9 : 17-25.
6. ARTOIS M., Barbillon E., Barrat J., 1981. Méthodes de dénombrement des populations de renards roux. *Bull, Mens ONC*, 47 : 23-32.
7. ARTOIS M., Le Gall A., 1988. Le Renard. Hatier, Paris, 188p.
8. ARTOIS M., Lemaire M., George J., Demerson J.M., Jacquemet J., 1987. les fèces du Renard comme indice de consommation ou de préférence alimentaire et d'activité. *Cah. d'Ethol. Applic*., 7, n°3: 275-286.
9. BAKER P.J., Funk S.M., Harris S., White P.C.L., 2000. Flexible spatial organization of urban foxes, *Vulpes vulpes*, before and during an outbreak of sarcoptic mange. *Animal Behaviour*, 59 : 127-146.
10. BAKER P.J., Robertson C.P., Funk S.M., Harris S., 1998. Potential fitness benefits of group living in the red fox, *Vulpes vulpes*. *Animal Behaviour*, 56 : 1411-1424.
11. BAUDOUIN M-C., Aubert M.F.A., 1993. *Echinococcus multilocularis* Leuckart, 1863 dans les Vosges, un parasite du renard (*Vulpes vulpes* Linneaus, 1758) dangereux pour l'homme. *Rev. Sci. Tec. Off. Int. Epiz*., 12 , n°1 : 161.
12. BEAMES I., 1972. The spread of the fox in the London Area. *Ecologist*, 2 : 25-26.
13. BEAMES I.R., 1969. Mammals in the London area, 1967. *Lond. Nat*., 48 : 40-47.
14. BESSONOV A.S., 1998. *Echinococcus multilocularis* infection in Russia and neighbouring countries. *Helminthologia,* 35 : 73-78.
15. BONNIN J.L., Delattre P., Artois M., Pascal M., Aubert M.F., Petavy A.F., 1986. Contribution à la connaissance des hôtes intermédiaires d'*Echinococcus multilocularis* dans le nord-est de la France. Description des lésions trouvées chez trois espèces de rongeurs naturellement infectés. *Annales de parasitologie humaine et comparée,* 61, n°2 : 235-243.
16. BONTADINA
17. BOUCHER J-M., Vuitton D., Cliquet F., 2001. Echinococcose alvéolaire : une zoonose en extension. *Le Point Vét*., 220 : 46-49.
18. BRESSON-HADNI S., Laplante J.J., Lenys D., Rohmer P., Gottstein B., Jacquier P., Mercet P., Meyer J.P., Miguet J.P., Vuitton D.A., 1994. Seroepidemiologic screening of *Echinococcus multilocularis* infection in a European area endemic for alveolar echinococcosis. *Am. J. Trop. Med. Hyg*. , 51 : 837-846.

19. BRETAGNE S., Guillou J-P., Morand M., Houin R., 1992. Détection des oeufs d'*Echinococcus multilocularis* Leuckart, 1863, dans les fèces de renard (*Vulpes vulpes* Linneaus, 1758) par amplification en chaîne par polymérase. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz*., 11, n°4 : 1051-1056.
20. BROSSET A., 1975. régime alimentaire d'une population suburbaine de renards au cours d'un cycle annuel. *Revue d'Ecologie* (Terre Vie), 29 : 20-30.
21. BROTEL G., 1989. Helminthoses intestinales du Renard roux (*Vulpes vulpes*) : à propos de 110 autopsies dans l'Isère. Contribution à l'étude épidémiologique de l'échinococcose alvéolaire. *Thèse de Doctorat Vétérinaire*, Lyon, France.
22. CHRISTENSEN H., 1985. Urban fox population in Oslo. *Rev. Ecol*.(Terre Vie), 40 : 185-186.
23. CONTAT F., 1984. Contribution à l'étude épidémiologique de l'échinococcose alvéolaire en Haute-Savoie. Etude histologique des lésions. *Thèse de Doctorat Vétérinaire*, Lyon, 190p
24. CRAIG P.S., Giraudoux P., Shi P., Bartholomot B., Barnish G., Delattre P., Quere J.P., Harraga S., Bao G., Wang Y., Lu F., ITO A., Vuitton D.A., 2000. An epidemiological and ecological study of human alveolar echinococcosis transmission in south Gansu, China. *Acta Tropica*, 77: 167-177.
25. CRETIN JY., François J, 2001. Clé semi-simplifiée des crânes des principaux Vertébrés trouvés en Franche-Comté dans les pelotes de la Chouette effraie et du Hibou moyen duc. Université de Franche-Comté. 11p.
26. DEBROT S., Fivaz G., Mermod C., Weber J.M., 1982. Atlas des poils de Mammifères d'europe. Université de Neuchâtel, Suisse. 208p.
27. DEBUF J-M., 1987. Contribution à l'étude du renard urbain en région Parisienne. *Thèse de doctorat Vétérinaire*, Alfort, 78p.
28. DELATTRE P., Giraudoux P., Pascal M., 1991. L'échinococcose alvéolaire. *Rech*., 22, n°230 : 295-303.
29. DEPLAZES P., Alther P., Tanner I., Thomson R.C., Eckert J.,1999. *Echinococcus multilocularis* coproantigen detection by enzyme-linked immunosorbent assay in fox, dog, and cat populations. *Journal of Parasitology,* 85: 115-121.
30. DEPLAZES P., Arnold P., Kaser-Hotz B., Gardelle O., Guscetti F., Haller M., Eckert J., 1997. Concurrent infections of the liver and the intestine with *Echinococcus multilocularis* in dogs. *Arch. Int. Hidatid*., 32:201-202.
31. DEPLAZES P., Eckert J., 2001. Veterinary aspects of alveolar echinococcosis – a zoonosis of public health significance. *Veterinary Parasitology*, 98 : 65-87.
32. DEPLAZES P., Gloor S., Stieger C., Hegglin D., 2002. Urban transmission of *Echinococcus multilocularis*. In *Cestode zoonoses: Echinococcosis and Cysticercosis*, *An emergent and global problem*, CRAIG & PAWLOWSKI (eds), pp 287-298. IOS press, Amsterdam.
33. DINKEL A., Von Nickisch-Rosenberg M., Bilger B., Merli M., Lucius R., Romig T., 1998. Detection of *Echinococcus multilocularis* in the definitive host : coprodiagnosis by PCR as an alternative to necropsy. *Journal of Clinical Microbiology*, 36, 1871-1876.
34. DONCASTER C.P., Dickman C.R., Macdonald D.W., 1990. Feeding ecology of the red foxes (*Vulpes vulpes*) in the city of Oxford, England. *J. Mamm*., 71, n°2 : 188-194.
35. DONCASTER C.P., Macdonald D.W., 1997. Activity patterns and interactions of red foxes (*Vulpes vulpes*) in Oxford city. *Journal of Zoology, London*, 241 : 73-87.

36. ECKERT J., 1998. Alveolar echinococcosis (*E. multilocularis*) and other forms of echinococcosis (*E. vogeli and E. oligarthrus*). In *: Zoonoses*. PALMER, SOULSBY, SIMPSON (eds), Oxford Medical Publications, pp 689-716.
37. ECKERT J., Deplazes P., 1999. Alveolar Echinococcosis in Humans : the current situation in Europe and the need for countermeasures. *Parasitology Today*, 15, n°8, 315-319.
38. ECKERT J., Deplazes P., Craig P.S., Gemmell M.A., Gottstein B., Heath D., Jenkins D.J., Kamiya M., Lightowlers M., 2001a. Echinococcosis in animals : clinical aspects, diagnosis and treatment. In : *WHO/OIE Manual on Echinococcosis in Humans : a public health problem of global concern*; ECKERT, GEMMELL, MESLIN & PAWLOWSKI (eds), World Organization for Animal Health, Paris, pp 72-99.
39. ECKERT J., Gottstein B., Heath D., Liu F.J., 2001b. Prevention of echinococcosis in humans and safety precautions. In : *WHO/OIE Manual on Echinococcosis in Humans : a public health problem of global concern*; ECKERT, GEMMELL, MESLIN & PAWLOWSKI (eds), World Organization for Animal Health, Paris, pp 238-247.
40. ECKERT J., Rausch R.L., Gemmel M.A., Giraudoux P., Kamiya M., Liu F.J., Schantz P.M., Romig T., 2001c. Epidemiology of *Echinococcus multilocularis*, *Echinococcus vogeli* and *Echinococcus oligarthus*. In: *WHO/OIE Manual on Echinococcosis in Humans : a public health problem of global concern*; ECKERT, GEMMELL, MESLIN & PAWLOWSKI (eds), World Organization for Animal Health, Paris, pp 164-194.
41. ECKERT J., Schantz P.M., Gasser R.B., Torgerson P.R., Bessonov A.S., Movsessian S.O., Thakur A., Grimm F., Nikogossian M.A., 2001d. Geographic distribution and prevalence. In : *WHO/OIE Manual on Echinococcosis in Humans : a public health problem of global concern*; ECKERT, GEMMELL, MESLIN & PAWLOWSKI (eds), World Organization for Animal Health, Paris, pp 120-142.
42. ECKERT J., Schantz P.M., Gemmell M.A., Romig T., Sato N., Suzuki K., 2001e. Control of *Echinococcus multilocularis*. In: *WHO/OIE Manual on Echinococcosis in Humans : a public health problem of global concern*; ECKERT, GEMMELL, MESLIN & PAWLOWSKI (eds), World Organization for Animal Health, Paris, pp 230-237.
43. EUZEBY J., 1960. A propos de l'échinococcose larvaire. Données nouvelles concernant la forme alvéolaire de l'échinococcose. Existence d'un foyer savoyard de la maladie. *Rev. Hyg. Med. Soc*., 8, 428-438.
44. EUZEBY J., 1971. Les échinococcoses animales et leurs relations avec les échinococcoses de l'Homme. Ed. Vigot frères, Paris. 163p.
45. FURKASE T., Petry G., Dorn H., Akihama S., Itagaki H., 1996. Praziquantel (Droncit®) spot-on formulation as an anthelmentic against *Dipylidium caninum* and *Taenia taeniaeformis* in domestic cats. *Parasitologia*, 38 : 233.
46. GIRAUDOUX P., 1991. Utilisation de l'espace par les hôtes du taenia multiloculaire (*E. multilocularis*) : conséquences épidémiologiques. *Thèse de Doctorat*, Université de Bourgogne. 106p.
47. GIRAUDOUX P., Raoul F., Bardonnet K., Vuillaume P., Tourneux F., Cliquet F., Delattre P., Vuitton DA., 2001. Alveolar echinococcosis : characteristics of a possible emergence and new perspectives in epidemiosurveillance. *Med. Mal. Inf*., 31, n°2: 247-256.
48. GLOOR S., Bontadina F., Hegglin D., Deplazes P., Breitenmoser U., 2001. The rise of urban fox population in Switzerland. *Mamm. Biol*., 66 : 155-164.

49. GOTTSCHECK D., 2002. Echinococcose alvéolaire : recherché et proposition de moyens de contrôle sur le terrain. *Mémoire de fin d'étude du diplôme d'ingénieur en agriculture (ESITPA),* Rouen, 56p.
50. GOTTSTEIN B., 1992. Molecular and immunological diagnosis of Echinococcosis. Clinical Microbiology Reviews, 5, n°3 : 248-261.
51. GOTTSTEIN B., Saucy F., Deplazes P., Reichen J., Demierre G., Busato A., Zuercher C., Pugin P., 2001. Is a high prevalence of *Echinococcus multilocularis* in wild and domestic animals associated with increased disease incidence in humans? *Emerging Infectious Diseases*, 7 : 408-412.
52. GOTTSTEIN B., Saucy F., Wyss C., Siegenthaler M., Jacquier P., Schmitt M., Brossard M., Demierre G., 1996. Investigation on a Swiss area highly endemic for *Echinococcus multilocularis. Applied Parasitology*, 37 : 129-136.
53. GRIVET F., 1999. Etude de la participation potentielle de la Marmotte alpine (*Marmotta marmotta*, Linne 1758) au cycle de l'Echinococcose alvéolaire dans le département de la Savoie (73). *Thèse de Doctorat Vétérinaire,* Lyon, 107p.
54. GUITTON J-S., 2003. Utilisation de l'espace par le Renard roux (*Vulpes vulpes*) dans la ville de Nantes. *Thèse de Doctorat Vétérinaire*, Nantes, 110p.
55. HALLER M, Deplazes P., Guscetti F., Sardinas J.C.., Reichler I., Eckert J., 1998. Surgical and chemotherapeutic treatment of alveolar echinococcosis in a dog. *J. Am. Anim. Hosp. Ass*., 34: 309-314.
56. HALLER M, Deplazes P., Guscetti F., Sardinas J.C.., Reichler I., Eckert J., 1998. Surgical and chemotherapeutic treatment of alveolar echinococcosis in a dog. *J. Am. Anim. Hosp. Ass*., 34: 309-314.
57. HAMELIN A., 2000. Les zoonoses émergentes ou ré-émergentes (I). *L'Ac. Vét*., 1509 : 12-16.
58. HARRIS S., 1977. Distribution, habitat utilization and age structure of a suburban fox (*Vulpes vulpes*) population. *Mammal Rev*. 7 : 25-39.
59. HARRIS S., 1981a. An estimation of the number of foxes (*Vulpes vulpes*) in the city of Bristol, and some possible factors affecting their distribution. *Journal of applied Ecology*, 18 : 455-465.
60. HARRIS S., 1981b. The food of suburban foxes (*Vulpes vulpes*), with special reference to London. *Mammal Rev.* 11 : 151-168.
61. HARRIS S., Baker P., 2001. Urban foxes 2nd ed°, Whittet Books (Hill fram), 152p.
62. HARRIS S., Rayner J.M.V., 1986a. Urban fox (*Vulpes vulpes*) population estimates and habitat requirements in several british cities. *Journal of animal ecology*, 55 : 575-591.
63. HARRIS S., Rayner J.M.V., 1986b. Models for predicting urban fox (*Vulpes vulpes)* numbers in British cities and their application for rabies control. *Journal of animal ecology*, 55 : 593-603.
64. HARRIS S., Rayner J.M.V., 1986c. A discriminant analysis of the current distribution of urban foxes (*Vulpes vulpes*) in Britain. *Journal of animal ecology*, 55 : 605-611.
65. HILDRETH M.B., Sriram S., Gottstein B., Wilson M., Schantz P.M., 2000. Failure to identify alveolar echinococcosis in trappers from south Dakota in spite of high prevalence of *Echinococcus multilocularis* in wild canids. *J. Parasitol.,* 86 : 75-77.
66. HOFER S., Gloor S., Müller U., Mathis A., Hegglin D., Deplazes P., 2000. High prevalence of *Echinococcus multilocularis* in urban red foxes (*Vulpes vulpes*) and

voles *(Arvicola terrestris*) in the city of Zurich, Switzerland. *Parasitology*, 120, 135-142.

67. KIMURA H., Furuya K., Karuase S., Sato C., Takahashi K., Uraguchi K., Ito T., Yagi K., 1999. Epidemiology of alveolar echinococcosis in Hokkaido, Japan. *Arch. Int. Hidatid*., 33 : 85-89.
68. KOLAROVA L., 1999. *Echinococcus multilocularis*: new epidemiological insights in central and eastern Europe. *Helminthologia*, 36 : 193-200.
69. KOLB HH., 1985. Habitat use by foxes in Edimbourg. *Rev. Ecol. Terre et Vie*, 40,n°2: 139-143.
70. LECHAT I., 1994. Régime alimentaire et helminthoses intestinales de 39 renards roux (*Vulpes vulpes* , Linneaus, 1758) dans l'agglomération Nantaise. *Thèse de Doctorat Vétérinaire*, Nantes, 122p.
71. LIGHTOWLERS M.W., Gottstein B., 1995. Echinococcosis / Hydatidosis : antigens, immunological and molecular diagnosis. In : *Echinococcus and hydatid disease*. THOMSON & LYMBERY (eds), CAB International, Wallingford, Oxon., pp 355-393.
72. LODE T., 1991. Le Renard roux (*Vulpes vulpes*) dans l'agglomération nantaise. *Bulletin de la Société des Sciences Naturelles de l'Ouest de la France*, 13, n°4 : 112-118.
73. LOSSON B., Mignon B., Brochier B., Bauduin B., Pastoret P-P., 1997. Infestation du renard roux (*Vulpes vulpes*) par *Echinococcus multilocularis* dans la province de Luxembourg (Belgique) : résultats de l'enquête effectuée entre 1993 et 1995. *Ann. Méd. Vét*., 141 : 149-153.
74. MACDONALD D.W., 1985. Ecologie des renards urbains. *In : Pasteurs et la Rage*. Informations techniques des services vétérinaires. pp 109-113.
75. MANGER B.R., Brewer M.D., 1989. Epsiprantel, a new tapeworm remedy. Preliminary efficacy in dogs and cats. *Br. Vet. J*., 145 : 384-388.
76. MATHIS A, Deplazes P., Eckert J., 1996. An improved test system for PCR-based specific detection of *Echinococcus multilocularis* eggs. *J. Helm*., 70, n°3 : 219-222.
77. MATHIS A., Deplazes P., 2002. The role of PCR-DNA detection of *Echinococcus multilocularis.* In *Cestode zoonoses: Echinococcosis and Cysticercosis*, *An emergent and global problem*, CRAIG & PAWLOWSKI (eds), pp 287-298. IOS press, Amsterdam.
78. MESTRALLET E., 1992. Contribution à l'étude du parasitisme du Renard roux dansla région Midi-Pyrénées : étude des helminthes intestinaux. *Thèse de Doctorat Vétérinaire*, Toulouse. 128p.
79. MOLLER NIELSEN S., 1990. The food of rural and suburban woodland foxes *Vulpes vulpes* in Denmark. *Natura Jutlandica*, 23 : 25-32.
80. MORISHIMA Y., Tsudaka H., Nonaka N., Oku Y., Kamya M., 1999. Coproantigen survey for *Echinococcus multilocularis* prevalence in red foxes in Hokkaido, Japan. *Parasitology International*, 48, 121-134.
81. PAGE R.J.C., 1981. Dispersal and population density of the fox (*Vulpes vulpes*) in an area of London. *J. Zool. (London*), 194 : 485-491.
82. PARODI A-L., Pilat C., 2002. Animaux dans la ville et santé publique. *Bull. Acad. Natle. Méd*., 186, n°2 : 541-568.
83. PAWLOWSKI Z.S., Eckert J., Vuitton D.A., Amman, R.W., Kern P., Craig P.S., Dar K.F., De Rosa F., Filice C., Gottstein B., Grimm F., Macpherson C.N.L., Sato N.,

Todorov T., Uchino J., Von Sinner W., Wen H., 2001. Echinococcosis in humans : clinical aspects, diagnpsis and treatment. In: *WHO/OIE Manual on Echinococcosis in Humans : a public health problem of global concern*; ECKERT, GEMMELL, MESLIN & PAWLOWSKI (eds), World Organization for Animal Health, Paris, pp 20-66.

84. PETAVY A.F., Deblock S., 1983. Connaissance du foyer auvergnat d'échinococcose alvéolaire : recherche de l'hôte intermédiaire; description des lésions. *Ann. Parsitol. Hum. Comp.* 58 : 439-453.
85. PETAVY A.F., Deblock S., Prost C., 1990. Epidémiologie de l'échinococcose alvéolaire en France , I. Helminthes intestinaux du renard commun (*Vulpes vulpes* L.) en Haute-Savoie. *Ann. Parasitol. Hum. Comp*., 65, n°1 : 22-27.
86. PETAVY A.F., Tenora F., Deblock S., Sergent V., 2000. *Echinococcus multilocularis* in domestic cats in France. A potential risk factor for alveolar hydatid disease contamination in humans. *Veterinary Parasitology*, 87 : 151-156.
87. PETAVY A-F., 1999. L'échinococcose alvéolaire est-elle une maladie émergente? *Bull. Acad. Natle. Méd*., 183, n°7 : 1413-1420.
88. PRIEMER J., 2001. Europe. *in : Helminthes of wildlife*. CHOWDHURY, ALONSO AGUIRRE (EDS), Science Publishers Inc. pp157-170.
89. PROST C., 1988. Aspects zoonotiques de l'échinococcose multiloculaire. Dépistage des sources d'infestation en Haute-Savoie. *Thèse de Doctorat Vétérinaire*, Lyon, France.
90. RAOUL F., 2001. Ecologie de la transmission d*'Echinococcus multilocularis* chez le renard dans l'est de la France: dépendance au paysage et à la relation proie-prédateur? *Thèse de Doctorat*, Besançon, 164p.
91. RAOUL F., Deplazes P., Nonaka N., Piarroux R., Vuitton D.A., Giraudoux P., 2001. Assessment of the epidemiological status of *Echinococcus multilocularis* in foxes in France using ELISA coprotest on fox faeces collected in the field. *International journal of parasitology*, 31 : 1579-1588.
92. RAUSCH R.L., 1995. Life cycle patterns and geographic distribution of *Echinococcus* species. In: *Echinococcus and hydatid disease*. THOMSON & LYMBERY (eds), pp 89-114. CAB International, Wallingford, Oxon.
93. RAUSCH R.L., Fay R.H., Williamson F.S., 1990a. The ecology of *Echinococcus multilocularis* (Cestoda : Taeniidae) on St Lawrence Island, Alaska. II. Helminth populations in the définitive host. *Ann. Parastol. Hum. Comp*., 65 : 131-140.
94. RAUSCH R.L., Wilson J.F., Schantz P.M., 1990b. A program to reduce the risk of infection by *Echinococcus multilocularis* : the use of praziquantel to controle the cestode in a village in the hyperendemic region of Alaska. *Ann. Trop. Med. Parasitol*., 84 : 239-250.
95. RICHOMME C., 2002. Etude du Renard roux, *Vulpes vulpes*, dans la ville de Nantes : régime alimentaire, et helminthologie intestinale. *Thèse de Doctorat Vétérinaire*, Nantes, 89p.
96. ROBERTS M.G., Aubert M.F.A., 1995. A model for the control of *Echinococcus multilocularis* in France. *Vet. Parasitol*., 56 : 67-74.
97. ROMIG T., Kratzer W., Kimmig P., Frosch M., Gaus W., Flegel W.A., Gottstein B., Luciuc R., Beckeh L., Kern P., 1999. An epidemiologic survey of human alveolar echinococcosis in southwestern Germany. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 61, 566-573.

98. ROSSELOT P., 1985. Contribution à l'étude épidémiologique de l'échinococcose alvéolaire dans les départements de Haute-Savoie et du Rhône. *Thèse Pharmacie*, Lyon, France, 105p.

99. ROUSSET F., 1999. Genetic differentiation within and between two habitats. *Genetics*, 151 : 397-407.

100. SAUNDERS G., White P.C.L., Harris S., 1997. Habitat utilisation by urban foxes (*Vulpes vulpes*) and the implication for rabies control. *Mammalia*, 61, n°4 : 497-510.

101. SAUNDERS G., White PCL., Harris S., Rayner JMV., 1993. Urban foxes: food acquisition, time and energy budgeting of a generalized predator. *Symp. Zool. Soc. Lond*., 65:215-234.

102. SCHELLING U., Frank W., Will R., Romig T., Lucius R., 1997. Chemotherapy with praziquantel has the potential to reduce the prevalence of *E. multilocularis* in wild foxes (*Vulpes vulpes*). *Ann. Trop. Med. Paras*. 91, n°2, 179-186.

103. STAHL P., 1982. Contribution à l'étude du Renard roux et du Chat forestier en Lorraine. DEA Neuroscience, Nancy, 42p.

104. STIEGER C., Hegglin D., Schwarzenbach G., Mathis A., Deplazes P., 2002. Spatial and temporal aspects of urban transmission of *Echinococcus multilocularis*. *Parasitology*, 124 : 631-640.

105. TEAGLE W.G., 1967. The fox in the London suburbs. *London Nat*., 46 : 44-68.

106. THOMPSON R.C.A, Mc Manus D.P., 2001. Aetiology : parasites and life-cycles. In : *WHO/OIE Manual on Echinococcosis in Humans : a public health problem of global concern*; ECKERT, GEMMELL, MESLIN & PAWLOWSKI (eds), World Organization for Animal Health, Paris, pp 1-19.

107. THOMPSON R.C.A., 1995, Biology and systematics of *Echinococcus*. In: *Echinococcus and hydatid disease*. THOMSON & LYMBERY (eds), CAB International, Wallingford, Oxon., pp 1-37.

108. TSUKADA H., Hamazaki K., Ganzorig S., Iwaki T., Konno K., Lagapa JT., Matsuo K., Ono A., Shimizu M., Sakai H., Morishima Y., Nonaka N., Oku Y., Kamiya M., 2002. Potential remedy against *Echinococcus multilocularis* in wild red foxes using baits with anthelmintic distributed around fox breeding dens in Hokkaido, Japan. *Parasitology*, 125, 119-129.

109. VEIT P., Bilger B., Schad V., Schafer J., Frank W., Lucius R., 1995. Influence of environmental factors on the infectivity of *Echinococcus multilocularis* eggs. *Parasitology*, 110: 79-86.

110. VUITTON D., Bresson-Hadni S., Liance M., Meyer J.P., Giraudoux P., Lenys D., 1990. L'échinococcose alvéolaire humaine. Hasard épidémiologique ou fatalité immunologique ? *Gastroenterologie Clinique et Biologique*, 14 : 124-130.

111. WHITE P.C.L., Saunders G., Harris S., 1996. Spatio-temporal patterns of home range use by *foxes (Vulpes vulpes*) in urban environments. *Journal of Animal Ecology*, 65 : 121-125.

112. WORLD HEALTH ORGANISATION (WHO), 1984. Guidelines for surveillance, prevention and control of echinococcosis/hydatidosis, ECKERT, GEMMELL, MATYAS & SOULSBY (eds). World Health Organization, Genève, pp1-147.

AUTRES DOCUMENTS CONSULTES

1. MEIA JS., 2003. Le Renard. Delachaux et Niestlé (eds).Paris . 180p.
2. ACHA N., Szyfres B., 1989. Hydatidose. In : *Zoonoses et maladies transmissibles communes à l'homme et aux animaux.* 2nd Ed. ACHA & SZYFRES (eds), OIE, pp 795-815.
3. BROCHIER B., 1989. Emplacement et densité des terriers de mise-bas du renard roux (*Vulpes vulpes* L.) en périphérie bruxelloise. *Cahiers d'Ethologie Appliquée*, 9, n°4 : 495-508.
4. CAVALLINI P., Lovari S., 1991. Environmental factors influencing the use of habitat in the red fox*, Vulpes vulpes*. *J. Zool. Lond*., 223 : 323-339.
5. COLIN M., 2001. Le téniasis des carnivores. *Supplément de l'Ac. Vét*, 1571 : 7-11.
6. DONCASTER C.P., Macdonald D.W., 1996. Intraspecific variation in movement behaviour of foxes (*Vulpes vulpes* L.) : a reply to White, Saunders & Harris. *Journal of Animal Ecology,* 65 : 126-127
7. HAMELIN A., 2000. Les zoonoses émergentes ou ré-émergentes (I). *L'Ac. Vét*., 1509 : 12-16.
8. JONES A., Pybus M.J., 2001. Taeniasis and echinococcosis. In : *Parasitic diseases of wild Mammals, 2nd ed*. SAMUEL, PYBUS, KOCAN (eds), Manson publishing, London, Coll.The Veterinary Press. pp 150-180.

TABLE DES MATIERES

SOMMAIRE 1
INTRODUCTION 3
PREMIERE PARTIE : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE 5
A-L'échinococcose alvéolaire 5
A -1 Parasitologie 5
A-1.1 Taxinomie 5
A-1.2 Morphologie et cycle évolutif 6
A-1.3 Méthodes de mise en évidence 10
A -2 Epidémiologie descriptive 15
A-2.1 Les différents cycles épidémiologiques et les différents hôtes 15
A-2.2 Répartition géographique et prévalence 19
A -3 Epidémiologie analytique 26
A-3.1 Sources d'infestation et modes de contamination 26
A-3.2 Persistance du parasite dans l'environnement 27
A-3.3 Réceptivité et facteurs de risque 28
A -4 Prophylaxie 30
A-4.1 Règles sanitaires générales 30
A-4.2 Vermifugation des Carnivores 31
A-4.3 Autres mesures de prophylaxie 34
B-Le Renard dans la ville 35
B -1 Un phénomène répandu 36
B -2 Mode de vie des renards urbains 37
B-2.1 Conditions favorables et types de sites fréquentés 37
B-2.2 Domaine vital et vie sociale 38
B-2.3 Activité 39
B-2.4 Régime alimentaire 40
B -3 Renard urbain et échinococcose ? 41
DEUXIEME PARTIE : ETUDE EPIDEMIOLOGIQUE DE L'ECHINOCOCCOSE ALVEOLAIRE DANS L'AGGLOMERATION D'ANNEMASSE 43
A-Cadre et objectifs 43
A -1 Contexte 43
A -2 Objectifs 44
B-Matériels et méthodes 45
B -1 Choix des zones d'étude 45
B-1.1 Pourquoi Annemasse ? 45
B-1.2 Descriptif de l'agglomération 45
B -2 Préparation de l'étude 47
B-2.1 Recueil de conseils et formation auprès de scientifiques ayant travaillé sur ces problématiques 47
B-2.2 Choix et achat du matériel 48

B-2.3 Campagne d'information des principaux acteurs locaux 50
B-2.4 Prospection 51
B -3 Etude de l'hôte définitif 52
B-3.1 Etude comportementale des renards urbains 52
B-3.2 Etude du portage de E. multilocularis par les renards 60
B -4 Etude de l'hôte intermédiaire 63
B-4.1 Inventaire des espèces présentes et évaluation des populations. 63
B-4.2 Etude du portage de E. multilocularis 64
C-Résultats et discussion 64
C -1 Concernant l'hôte définitif 64
C-1.1 Eléments de comportement 64
C-1.2 Portage de E. multilocularis par les renards 73
C -2 Concernant l'hôte intermédiaire 76
D-Bilan 77
D -1 Présence et mode de vie des renards urbains à Annemasse 77
D -2 Estimation de la présence de *E. multilocularis* dans l'agglomération annemassienne 78
D -3 Proposition de protocole pour la poursuite de l'étude à Annemasse et son application à d'autres agglomérations 79
CONCLUSION ..... **Erreur ! Signet non défini.**
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 87
AUTRES DOCUMENTS CONSULTES 94
TABLE DES MATIERES 95
LISTE DES FIGURES 97
LISTE DES TABLEAUX 99
LISTE DES ANNEXES 101
ANNEXE 1 : PROTOCOLE SUIVI POUR L'ANALYSE DU REGIME ALIMENTAIRE DES RENARDS 102
ANNEXE 2 : PROTOCOLE SUIVI POUR L'AUTOPSIE PARASITAIRE DE RENARDS 103
ANNEXE 3 : PROTOCOLE SUIVI POUR LA RECHERCHE DE COPRO-ANTIGENES DANS LES FECES DE RENARD 104
ANNEXE 4 : FICHES D'IDENTIFICATION DES RENARDS CAPTURES 105

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : morphologie générale comparative des stades adultes des différentes espèces d'*Echinococcus*, d'après Thompson & McManus, 2001. 5
Figure 2 : photographie en microscopie optique d'un stade adulte de *E.m.* 6
Figure 3 : photographie en microscopie électronique d'un scolex de *E.m.* 6
Figure 4 : schéma de l'organisation de portions de *E. multilocularis* : (b) : crochets (x 700) ; (c) : segment mûr (x 90); (d) : segment ovigère (x 100) ; d'après Euzéby, 1971. 7
Figure 5 : aspect microscopique d'un œuf de *E. multilocularis*..... 8
Figure 6 : foie de *M. arvalis* parasité par *E.m.* 8
Figure 7 : protoscolex de *E.m.* en microscopie optique 9
Figure 8 : schéma récapitulatif du cycle évolutif de *E. multilocularis* (d'après Anonyme, Centers for Disease Controle and prevention, www.dpd.cdc.gov). 9
Figure 9 : représentation schématique des différents cycles épidémiologiques de *E. multilocularis.* 17
Figure 10 : image échographique du foie d'un patient humain atteint d'échinococcose alvéolaire 18
Figure 11 : échographie (A) et scanner (B et C) d'un patient montrant des lésions abortives d'échinococcose alvéolaire, d'après Gottstein *et al*., 2001. 18
Figure 12 : distribution géographique approximative de *E. multilocularis* en 1999, d'après Eckert *et al*., 2001d. 20
Figure 13 : évolution de l'aire de répartition connue de *E. multilocularis* entre 1990 et 1999, d'après www.eurechinoreg.org. 22
Figure 14 : répartition des cas humains d'échinococcose alvéolaire diagnostiqués en France entre 1983 et 1999 ; en rouge : zone d'endémie du parasite, d'après www.eurechinoreg.org. 24
Figure 15 : incidence annuelle de l'échinococcose alvéolaire en France, montrant également la situation en Franche-Comté, d'après Giraudoux *et al*., 2001..... 25
Figure 16 : représentation schématique de la théorie des filtres, d'après Combes, 1995. 30
Figure 17 : Renard roux adulte. Source : www.mypage.bluewin.ch/a-z/nmsierro/faune.htm . 35
Figure 18 : Représentation schématique du site d'étude (hachures : parcs). 46
Figure 19 : un des colliers émetteurs utilisés. 49
Figure 20 : fèces de renard sur une souche d'arbre. 52
Figure 21 : protocole de ramassage des fèces. Source : Catarelli F., ERZ. 53
Figure 22 : collet en place. 56
Figure 23 : installation d'une cage à une porte 56
Figure 24 : contention d'un renard capturé 58
Figure 25 : utilisation de l'antenne unidirectionnelle..... 59
Figure 26 : disposition des placettes de ramassage autour de l'agglomération. 62
Figure 27 : répartition des fèces récoltées (étoiles rouges) sur l'agglomération d'Annemasse65

Figure 28 : répartition des sites de piégeage (étoiles bleues) et des terriers découverts(étoiles rouges) sur l'agglomération d'Annemasse. Les noms des renards piégés sont indiqués à côté de leurs sites de capture. 66
Figure 29 : évolution de la surface du domaine de Rainman en fonction du nombre de sites observés. 67
Figure 30 : représentation du domaine de vie de Rainman par la méthode des MCP. Points bleus : sites pointés. 68
Figure 31 : La Cruée dans un sac en toile de jute, lors de sa capture. 68
Figure 32 : évolution de la surface du domaine de Rosy en fonction du nombre de sites observés 68
Figure 33 : représentation du domaine de vie de Rosy par la méthode des MCP. Points violets : sites pointés. 69
Figure 34 : représentation du domaine de vie de Gilbert par la méthode des MCP. Points rouges : sites pointés. 69
Figure 35 : évolution de la surface du domaine de Gilbert en fonction du nombre de sites observés 69
Figure 36 : représentation du domaine de vie de Manu par la méthode des MCP. Points rouges : sites pointés. 70
Figure 37 : évolution de la surface du domaine de Manu en fonction du nombre de sites observés. 70
Figure 38 : histogramme des fréquences d'occurrence (FO en %) par catégorie d'items présents dans les fèces. 71
Figure 39 : histogramme des Fréquences d'occurrence (FO en %) par groupes d'items présents dans les fèces 72
Figure 40 : répartition des fèces récoltées en fonction de la saison de ramassage. 73
Figure 41 : répartition des fèces récoltées dans l'agglomération en fonction de leur résultat au copro-test ELISA 74
Figure 42 : répartitions des valeurs de DO (en log) obtenues sur les fèces récoltées dans l'agglomération et dans les environs 75

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : différentes caractéristiques de méthodes de diagnostic du portage de *E. m*. chez l'hôte définitif, d'après Deplazes & Eckert, 2001, modifié. 14

Tableau II : découpage annuel des saisons biologiques du Renard (d'après Claude Fisher, communication personnelle) (en gras : mois cocernés par le rammasage de fèces dans cette étude) : 54

Tableau III : modèle de fiche de piégeage 57

Tableau IV : Proposition de calendrier d'organisation du protocole d'étude de l'épidémiologie de l'échinococcose alvéolaire en milieu urbain (numéros en gras : numéro de l'étape correspondante). 84

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : PROTOCOLE SUIVI POUR L'ANALYSE DU REGIME ALIMENTAIRE DES RENARDS

ANNEXE 2 : PROTOCOLE SUIVI POUR L'AUTOPSIE PARASITAIRE DES RENARDS

ANNEXE 3 : PROTOCOLE SUIVI POUR LARECHERCHE DE COPRO-ANTIGENES

ANNEXE 4 : FICHES D'IDENTIFICATION DES RENARDS CAPTURES

ANNEXE 1 : PROTOCOLE SUIVI POUR L'ANALYSE DU REGIME ALIMENTAIRE DES RENARDS

1. La partie restante de chaque fèces, après le prélèvement de un gramme nécessaire à la réalisation des tests ELISA, est placée dans un flacon en plastique étuvable.
2. On réalise alors une stérilisation pendant 30 minutes à 1,1 bar en chaleur humide.
3. Chaque crotte est ensuite dilacérée grossièrement dans un peu d'eau additionnée de liquide vaisselle, et laissée à tremper environ 24 heures.
4. A l'issu de cette phase de trempage, on récupère, après homogénéisation du contenu du flacon, cinq millilitres de surnageant qui sont ensuite congelés en vue de la recherche de soies de vers de terre. Lors de l'analyse on observe à la loupe binoculaire la totalité du prélèvement afin de compter les soies.
5. Le reste du contenu du flacon est lavé à l'eau courante sur deux tamis successifs de maille 0,5 et 0,1 mm.
6. Les restes ainsi récupérés, sont séchés à l'étuve à 60°C pendant 24 à 72 heures.
7. Pour chaque échantillon on sépare alors les poils des macro-restes (graines, os, noyaux, insectes…).
8. Les macro-restes sont ensuite observés à la loupe binoculaire afin d'être identifiés. Les restes osseux sont identifiés, entre autres (taille aspect) grâce à une clé d'identification des crânes de Vertébrés dans les pelotes de réjection de rapaces nocturnes (Cretin and François, 2001), basée notamment sur la reconnaissance des dents.
9. A l'issu de l'observation des surnageants et des macro-restes, on note pour chaque fèces les aliments reconnus parmi la liste suivante : *Microtus sp.*, *Arvicola terrestris*, *Muridae*, *Clethrionomys glareolus*, *Gliridae*, Lagomorphe, Insectivore, Oiseau, Arthropode, Lombric, fruit, céréale, végétaux. Lorsque, pour un Mammifère, la diagnose est impossible jusqu'à l'un de ces niveaux, on classe l'item en : Micromammifère de petite taille, Micromammifère de grande taille, Micromammifère indéterminé ou Mammifère autre. Enfin, une section « autre » est destinée aux restes de type plastique, papier, cailloux etc.
10. Les poils sont conservés pour une éventuelle analyse complémentaire ultérieure.

ANNEXE 2 : PROTOCOLE SUIVI POUR L'AUTOPSIE PARASITAIRE DE RENARDS

1. Le matériel nécessaire à l'analyse est attribué à chacun des tractus analysés. A l'issu de l'autopsie, le matériel à usage unique est incinéré, le reste est soigneusement nettoyé, lavé et désinfecté avant de servire à l'autopsie d'un autre tractus.
2. L'intestin décongèle une nuit à température ambiante.
3. Il est ensuite disposé sur son support papier en zigzags formant des segments de même longueur.
4. Les segments sont séparés puis incisés longitudinalement et ouverts.
5. On ôte les matières non digérées et les macro-parasites avant de plonger les segments dans un flacon en plastique d'un litre contenant 80 centilitres d'eau.
6. Le flacon est ensuite fermé et agité fortement pendant 15 secondes.
7. Les segments en sont sortis un à un avec la pince en les faisant passer entre l'index et le majeur serrés l'un contre l'autre, au dessus de l'ouverture du flacon, pour bien détacher la muqueuse et faire tomber le matériel dans le flacon.
8. Le tout est laissé à sédimenter pendant 30 minutes.
9. Le surnageant est éliminé.
10. Le culot, dont le volume est mesuré, est transféré dans un flacon en plastique de 150 millilitres.
11. Après homogénéisation il est répartis par fractions de six millilitres dans des boites de Pétri carrées de neuf centimètres de côté.
12. On procède alors à la recherche de *E. multilocularis* avec la loupe binoculaire (grossissement x 65) : on commence par lire la moitié du volume total ; si des spécimens sont trouvés dans cette première moitié, ils sont dénombrés et la charge parasitaire totale est estimée en multipliant ce score par deux. Par contre, si aucun spécimen n'est détecté dans la première moitié, la totalité du volume est lue pour confirmer l'absence de *E. multilocularis*.

ANNEXE 3 : PROTOCOLE SUIVI POUR LA RECHERCHE DE COPRO-ANTIGENES DANS LES FECES DE RENARD

1. On prépare les échantillons en diluant un gramme de fèces dans trois millilitres de solution d'extraction (préparée à partir de concentrés fournis dans le kit).
2. Après centrifugation pendant dix minutes à 3000g on prélève le surnageant.

Le kit contient une plaque de microtitration, formée de 96 monocupules. Ces cupules sont déjà sensibilisées avec un anticorps polyclonal dirigé contre *E. granulosus* et *E. multilocularis*.

3. Sur chaque microplaque on laisse deux cupules vides et on distribue une solution témoin négatif et une solution témoin positif (fournies dans le kit) dans deux cupules chacune. Ces cupules témoins sont disposées aux opposés de la plaque. On distribue ensuite le surnageant de chaque échantillon en deux fois également. Chaque microplaque permet donc de tester 45 échantillons.
4. Après 90 minutes d'incubation en chambre humide, la plaque est lavée (avec une solution fournie sous forme concentrée dans le kit). Les antigènes éventuellement contenus dans les échantillons restent alors fixés dans les cupules par les anticorps.
5. On répartit ensuite une solution de conjugué (marqué à la peroxydase, fourni sous forme concentrée dans le kit) dans chaque cupule, et on laisse à nouveau incuber en chambre humide pendant 90 minutes.
6. La plaque est alors rincée, avant la distribution d'une solution chromogène (fournie dans le kit) qui sera oxydée par la peroxydase fixée, grâce au conjugué, aux complexes antigène-anticorps formés dans chaque cupule.
7. On laisse alors incuber à température ambiante en suivant, à partir de 20 minutes, l'évolution des valeurs de Densité Optique au spectrophotomètre à 405nm.
8. Au bout de 35 minutes d'incubation, une solution d'arrêt (fournie dans le kit), est distribuée sur les cupules dans le même ordre et à la même vitesse que lors de la distribution de la solution chromogène.
9. On lit alors les résultats par détermination de la Densité Optique dans chaque cupule au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 405nm.

Pour qu'une plaque soit validée, il faut que l'écart entre les valeurs moyennes des témoins positifs (DOpos) et négatifs (DOneg) soit supérieur ou égal à 0,4 après 25 minutes d'incubation.

On porte également une attention particulière aux écarts de valeur entre doublons. Si les deux valeurs obtenues pour un même échantillon comporte un écart supérieur à 20%, celui-ci sera testé à nouveau.

ANNEXE 4 : FICHES D'IDENTIFICATION DES RENARDS CAPTURES

Nom	**RAINMAN**			**Numéro de capture**	1	
Fréquence d'émission	#####		**Collier**	Bande réfléchissante blanche		
Boucle	**Couleur**	orange	Numéro	200	Oreille	D
Sexe	M		**Poids**	7,5kg		
Capture	Date	30/04/03	Site	Crest de Vaux	Piégeur	Morand
Remarques	Vieux ; Pelage raréfié ; dents usées ; fèces récolté : n°44					

Nom	**LA CRUEE**			**Numéro de capture**	2	
Fréquence d'émission	#####		**Collier**	Collier pour juvénile prêté par C. Fisher		
Boucle	**Couleur**	Rouge	Numéro	101	Oreille	G
Sexe	F		**Poids**	2,5 kg		
Capture	Date	12/05/03	Site	Rosses	Piégeur	Petit
Remarques						

Nom	**ROSY**				**Numéro de capture**	3
Fréquence d'émission	######		**Collier**	Bande réfléchissante orange		
Boucle	Couleur	Rouge	Numéro	102	Oreille	G
Sexe	F		**Poids**	5,5 kg		
Capture	Date	16/05/03	Site	Rosses	Piégeur	Petit
Remarques	allaitante					

Nom	**GILBERT**				**Numéro de capture**	4
Fréquence d'émission	#######		**Collier**	Bandes blanches et oranges		
Boucle	**Couleur**	Orange	Numéro	176	Oreille	D
Sexe	M		**Poids**	6,250 kg		
Capture	Date	22/05/03	Site	La Bergue	Piégeur	Petit
Remarques	Cicatrices à la lèvre supérieure et aux oreilles					

Nom	**MANU**				**Numéro de capture**	5
Fréquence d'émission	#######		**Collier**	Bande réfléchissante orange		
Boucle	**Couleur**	Orange	Numéro	199	Oreille	D
Sexe	M		**Poids**	5,5 kg		
Capture	Date	23/05/03	Site	Pisciculture	Piégeur	Morand
Remarques	Queue coupée ; plaie oreille D					

SIGAUD FABIENNE

L'ECHINOCOCCOSE ALVEOLAIRE EN MILIEU URBAIN : DEFINITION D'UNE STRATEGIE D'ETUDE AU TRAVERS DE L'EXEMPLE DE L'AGGLOMERATION D'ANNEMASSE

Thèse Vétérinaire : Lyon, le 28 novembre 2003.

RESUME : L'échinococcose alvéolaire est une zoonose due à un cestode, *Echinococcus multilocularis*, dont le cycle habituel comprend comme hôte principal le Renard et comme hôte intermédiaire un Rongeur. Les facteurs qui en régissent l'écologie de transmission sont encore mal connus. Le développement de populations vulpines en milieu urbain est un phénomène désormais répandu mais peu étudié en France, dont on ignore l'impact sur le risque encouru par l'Homme. Ce travail présente les différentes méthodes envisagées par l'Entente Rage et Zoonoses pour étudier l'épidémiologie urbaine du parasite, et quelques résultats préliminaires concernant la ville d'Annemasse. Le bilan de huit mois d'étude est propice à une critique objective de la stratégie employée. Ainsi, en fin d'ouvrage, sont présentées nos propositions d'amélioration des méthodes choisies et un protocole destiné à ce type d'étude, afin d'obtenir des résultats fiables et utiles au développement de mesures de prophylaxie adaptées.

MOTS CLES :

-ECHINOCOCCUS MULTILOCULARIS
-RENARD
-EPIDEMIOLOGIE
-ZOONOSE
-URBAIN

JURY :

Président :	Monsieur le Professeur Claude GHARIB
1er Assesseur :	Madame le Professeur Claude CHAUVE
2ème Assesseur :	Monsieur le Professeur Philippe BERNY
Membre invité :	Monsieur Benoît Combes

DATE DE SOUTENANCE : 28 novembre 2003

ADRESSE DE L'AUTEUR :

Les Praz,
Héry sur Ugine
73400 UGINE