Agrocampuis Rennes

DAA génie de l'environnement
option préservation et aménagement
des milieux - écologie quantitative

Ecole Nationale
d'Ingénieurs des
Travaux Agricoles
de Clermont-Ferrand

Entente Interdépartementale
de lutte contre la Rage et les
autres Zoonoses (ERZ)

ELABORATION ET PROPOSITION D'UN PLAN DE DIMINUTION DU RISQUE DE CONTAMINATION HUMAINE PAR ECHINOCOCCUS MULTILOCULARIS SUR DEUX COMMUNES EN ZONE D'ENDEMIE : Annemasse (74) et Pontarlier (25)

Mémoire de fin d'étude
Pour l'obtention du diplôme d'agronomie approfondie,
spécialisation génie de l'environnement, option préservation et aménagement des milieux
écologie quantitative

Emeline Crouzil

Septembre 2005

ELABORATION ET PROPOSITION D'UN PLAN DE DIMINUTION DU RISQUE DE CONTAMINATION HUMAINE PAR ECHINOCOCCUS MULTILOCULARIS SUR DEUX COMMUNES EN ZONE D'ENDEMIE : Annemasse (74) et Pontarlier (25)

Mémoire de fin d'étude
Pour l'obtention du diplôme d'agronomie approfondie,
spécialisation génie de l'environnement, option préservation et aménagement des milieux
écologie quantitative

Les membres du Jury:

Benoît Combes, directeur de l'ERZ

Manuel Plantegenest : Enseignent responsable du stage, Agrocampus Rennes

Jacques Haury : Président du Jury, Agrocampus Rennes

Alain. Butet : Membre extérieur du Jury, Université de Rennes 1

Emeline Crouzil **Septembre 2005**

Remerciements

Je remercie tout d'abord le Président, M. Laurent, pour son accueil à l'Entente de lutte contre la Rage et les autres Zoonoses.

Mes remerciements vont tout particulièrement à M. Combes, directeur de l'ERZ pour m'avoir permis de réaliser ce stage et pour ses conseils.

Un grand merci à toute l'équipe de l'ERZ : les stagiaires Flavien et Miguel, Stéphanie, et tout particulièrement Déborah pour son aide de tous les instants et les bons moments passés ensemble.

Merci à Florence Cliquet pour m'avoir permis de travailler dans les laboratoires de l'AFFSA et à Delphine Müller pour les tests ELISA.

Merci aussi à toutes les personnes qui m'ont aidé tout au long du stage ; Jean Philippe Petit et Michel Petite pour m'avoir appris les bases du piégeage et pour leur disponibilité, mon tuteur de stage Manuel Plantegenest ainsi que Didier Le Coeur pour leurs conseils, et Patrick Giraudoux ainsi que Francis Raoul pour leur aide quant au protocole et l'analyse des transects de campagnol.

Je remercie également Peter Deplazes, Daniel Hegglin et Claude Fisher pour nous avoir consacré du temps et avoir répondu à nos questions.

Enfin, merci à Julie

Sommaire

Introduction 1
I Présentation du parasite et des sites d'études 3
I.1 Le parasite et la maladie 3
I.1.1 Le parasite 3
I.1.2 L'Echinococcose alvéolaire chez l'homme 4
I.1.3 La contamination humaine 4
I.1.4 Pourquoi s'intéresser à cette maladie rare ? 4
I.2 Présentation des sites d'études et comparaison 5
II Matériel et méthodes 6
II.1 Cartographie des zones à risques : 6
II.1.1 Etude du parasite : 6
II.1.2 Etude de l'hôte principal : 8
II.1.3 Etude de l'hôte intermédiaire : 8
II.1.4 La population humaine : 9
II.2 Mise au point d'un plan de lutte : 9
II.2.1 Le renard : 9
II.2.2 Les rongeurs 11
II.2.3 Les œufs : 12
II.2.4 Les hommes : enquêtes auprès des populations 12
III Résultats 13
III.1 Analyse des données 13
III.1.1 Le suivi des renards capturés : 13
III.1.2 Les transects : 14
III.1.3 Etude du parasite : 14
III.2 Cartographie : 16
III.2.1 Carte de présence des renards : 16
III.2.2 Carte de présence des campagnols 18
III.2.3 Carte de présence et d'activité humaine : 19
III.2.4 Cartographie finale des risques : 21
IV Proposition d'une méthode de diminution du risque 22
IV.1 Méthode de lutte physique : 22
IV.1.1 Méthode de lutte 22
IV.1.2 Période de lutte 22
IV.1.3 Lieu de la lutte : 25
IV.1.4 Coût de la vermifugation : 25
IV.2 Information du public : 26
IV.2.1 Enquêtes 26
IV.2.2 Campagne d'Information : 28
V Discussion 29
V.1 La méthode utilisée 29
V.2 L'analyse des données et la cartographie 29
V.3 Méthode de réduction du risque 30
V.4 Perspectives 30
VI Conclusion 31

Introduction

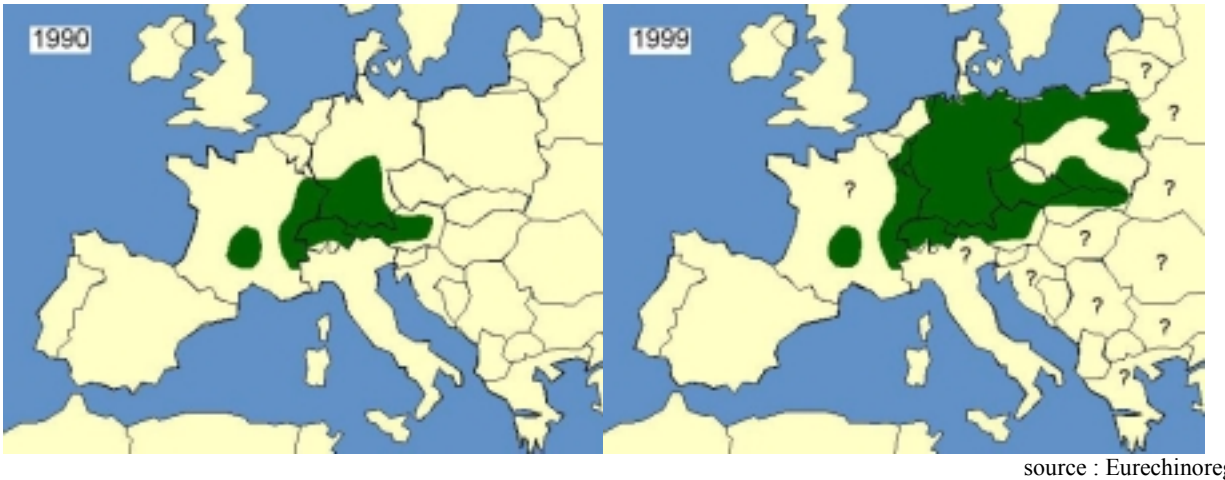
L'Echinococcose alvéolaire est une maladie parasitaire causée par le stade larvaire d'un cestode de la famille des ténias *: Ecchinococcus multilocularis.* C'est une maladie grave, rare en France où elle est principalement observée dans l'est et le Massif Central.(Bresson-Hadni S. *et al*., 2005). Il semblerait cependant que l'aire de répartition du parasite s'étende (figure 1). En Europe, à la fin des années 1980, on connaissait la présence de *E.multilocularis* dans seulement quatre pays : la France, l'Autriche, la Suisse et l'Allemagne. En 1999, sa présence était connue dans 11 pays : la République Tchèque, la France, l'Autriche, la Suisse, l'Allemagne, le Luxembourg, le Liechtenstein, la Pologne, la Belgique, la République Slovaque et les Pays-Bas. (Eckert J. *et al*., 2001). Cela serait dû, soit à une extension du parasite, soit à un effort d'investigation plus important.
En 2000, l'ERZ (Entente de lutte contre la Rage et les autres Zoonoses), en relation avec l'AFSSA (Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments) de Nancy, et l'UFC (Université de Franche Comté), a commencé une cartographie de la distribution d'*Echinococcus multilocularis* en France sur les départements adhérents à l'entente. En 2003, toujours en collaboration avec l'AFSSA et l'UFC, le projet renard urbain a été mis en place. En effet, l'espace urbanisé est de plus en plus propice à la contamination humaine car il est de plus en plus attractif pour les renards et les campagnols (*Laforge M.L. et al., 1992*). L'augmentation des renards observés en zone urbaine tel qu'à Zurich et à Londres ainsi que l'accroissement de la prévalence de la maladie en ville (*Tsukada H. et al., 2002, Deplazes P. et al, 2002*) confirment le risque de contamination de plus en plus présent dans les zones urbanisées.
Afin d'évaluer ce risque et de mettre en place des programmes de lutte, l'ERZ a choisi deux villes: la première a été Annemasse (Haute-Savoie) en 2003, puis Pontarlier (Doubs) en 2004. Ces villes se trouvent sur des zones de fortes endémies et ont une croissance démographique importante, ce qui augmente les phénomènes d'urbanisation.
En 2004 une première étude à permis de déterminer que le parasite trouvait tous les éléments nécessaires au maintien de son cycle en milieu peri-urbain.

Les objectifs de l'étude sont :
1) De réaliser un bilan épidémiologique sur les communes d'Annemasse et de Pontarlier, et de définir les zones à risque éventuelles en intégrant le facteur humain.

2) Etablir un plan pour la diminution des risques de contamination humaine par *Echinococcus multilocularis* dans les deux agglomérations.

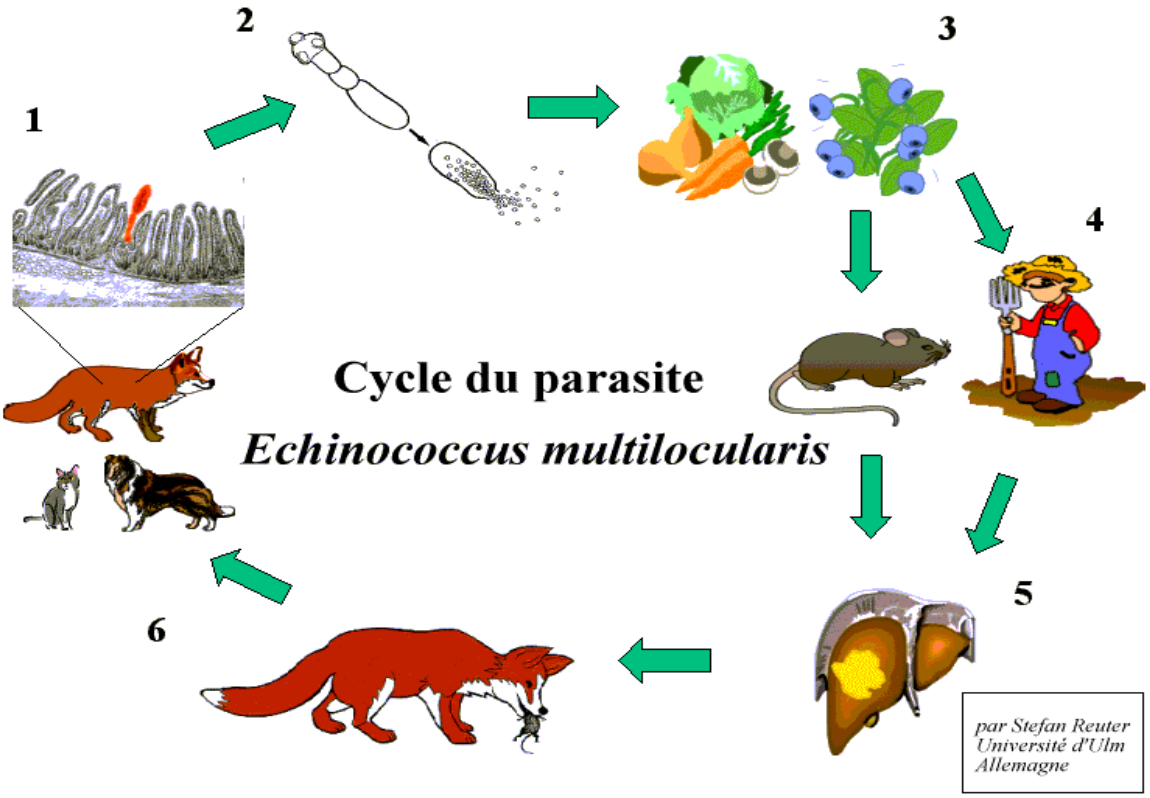
Nous cherchons donc à savoir :
Comment se répartissent le parasite et ses hôtes (dont l'homme) sur les secteurs étudiés ?
Quelles sont les zones les plus à risques sur Annemasse et Pontarlier ?
Est ce que les gens connaissent la maladie, prennent-t-ils des risques ?
Quelles sont les périodes où le cycle parasitaire est le plus fragile ?
Quelles sont les méthodes de réduction du risque les plus adaptées à ces villes

Après avoir succinctement présenté l'échinococcose alvéolaire nous expliciterons la méthode utilisée pour atteindre nos objectifs. Nous présenterons ensuite les résultats et la cartographie des risques. A partir de celles-ci et de références bibliographiques nous tenterons de proposer une méthode de diminution du risque. Enfin, la discussion permettra une critique du travail réalisé ainsi qu'une présentation des perspectives de l'étude.



source : Eurechinoreg.com

<u>Figure 1</u> : évolution de l'aire de répartition du parasite en Europe entre 1990 et 1999



Sources : www.Eurechinoreg.com

<u>Figure 2</u>: Cycle du parasite *Echinococcus multilocularis*

I Présentation du parasite et des sites d'études

I.1 Le parasite et la maladie

I.1.1 Le parasite

Le parasite *Echinococcus multilocularis* existe sous trois formes :
Au **stade adulte,** *E. multilocularis* habite l'intestin de l'hôte principal et mesure de 1,2 à 4, 5 mm de long. Le ver est formé du scolex (Tête) et du strobile (Corps). Le scolex permet la fixation du ver grâce à quatre ventouses musculeuses et deux couronnes de crochets (Sigeaud F., 2003). Le strobile est segmenté en général en cinq parties (Eckert J. et Deplazes P., 1999). Le ver est hermaphrodite, on retrouve dans la partie terminale (proglottis) les organes mâles et femelles. Les œufs seront produits dans ce segment qui se détachera ensuite, emportant avec lui les œufs dans l'environnement, via les fèces.
Les œufs sont de forme ovoïde (30 à 40 micromètres de diamètres) et constitués d'un embryon entouré de plusieurs enveloppes. Ils sont infestants dès qu'ils sont relâchés dans l'environnement et peuvent le rester jusqu'à plusieurs semaines (Deplazes P. *et al*., 2004).
La larve ou métacestode se développe dans le parenchyme hépatique de l'hôte intermédiaire. Elle va se multiplier grâce à une reproduction asexuée et donner naissance à une forme infestante pour l'hôte principal que l'on appelle **protoscolex**.

Le cycle parasitaire d'*Echinococcus multilocularis* est dixène, il a besoin de deux hôtes pour se développer (figure 2): un hôte principal, qui portera la forme adulte du ténia et un hôte intermédiaire qui hébergera sa forme larvaire. En Europe, le cycle naturel de *E. multilocularis* a la plupart du temps le renard comme hôte principal et un rongeur pour hôte intermédiaire. (Hoffer S. *et al.,* 2000). Les rongeurs les plus susceptibles d'être hôtes intermédiaires en France, sont *Microtus arvalis*. (Petavy A.F. *et al*., 1984 in Petavy A.F. *et al* 1999), et *Arvicola terrestris*.(Contesse P. *et al., 2004).*
Le ténia adulte se développe dans l'intestin de l'hôte principal. Il émet des œufs qui vont être rejetés via les excréments dans la nature. Les œufs dispersés sur les végétaux peuvent alors être ingérés par les hôtes intermédiaires. Ces œufs libèrent des embryons (protoscolex) qui gagnent le foie du rongeur et s'y développent en tant que larves. Le cycle est bouclé lorsque l'hôte principal ingère un rongeur infecté et se contamine (Bresson-Hadni S., 2005).

Les chats et les chiens ont aussi étés identifiés en tant qu'hôtes principaux.
On a retrouvé chez les chiens des pourcentages de population porteuse du parasite allant de 0, 3 % à 12 % dans des régions de très forte endémie (en Suisse aux alentours de Fribourg) (Eckert J. et Deplazes P., 1999). La capacité de dissémination du parasite par les chats est quant à elle assez faible. Cela vient du fait que le ténia se développe plus lentement et produit moins d'œufs que chez d'autres animaux. Cependant, une étude en France faite sur 81 chats domestiques morts ou euthanasiés a montré que trois des chats étaient infectés (Petavy A.F. *et al*., 1999).

La découverte de renards urbains et de campagnols infestés par *E.multilocularis* provenant de parcs urbains montre l'existence d'un **cycle parasitaire à l'intérieur de la ville** (Hofer S. *et al.,* 1999). Ces dernières années on a ainsi pu montrer la présence de *E.multilocularis* dans de nombreuses villes européennes telles que Copenhague, Genève, Munich, Stuttgart, ainsi qu'à Sapporo au Japon. (Deplazes P. *et al.,* 2002).

I.1.2 L'Echinococcose alvéolaire chez l'homme

Chez **l'homme**, le parasite se développe dans le tissu hépatique, où il cause des lésions liées à l'agrégation de kystes parasitaires, ce qui donne au foie une structure alvéolaire (Eckert J. et Deplazes.,1999). L'homme prend la place de l'hôte intermédiaire dans le cycle. Cependant il est une impasse parasitaire, il est dit hôte aberrant. En effet la forme infestante du parasite (protoscolex) ne se développe pas chez lui. De plus il ne peut pas infester un hôte principal et ainsi faire perdurer le cycle.
Sans traitement, le développement de la maladie est en général fatal, d'autre part les méthodes de traitement restent non satisfaisantes. En effet il n'existe pas de traitement curatif, le seul moyen de se débarrasser de la maladie est une excision des lésions à un stade peu avancé qui n'est en général pas diagnostiqué (Romig T., 2002).

I.1.3 La contamination humaine

Echinoccocus multilocularis se transmet à l'homme par l'ingestion d'œufs excrétés par des carnivores, porteurs du parasite. La contamination se fait principalement par contact direct avec les carnivores (en général chien ou chat), ou par ingestion de végétaux souillés par des féces d'animaux parasités.
La relative rareté de la maladie en zone d'endémie et le caractère granuleux des lésions hépathiques ont fait suggérer que l'homme pourrait être naturellement résistant vis-à-vis de ce parasite (Vuitton D.A. *et al.*, 1990).

I.1.4 Pourquoi s'intéresser à cette maladie rare ?

Entre 1982 et 2000, ont été recensés 564 cas humains d'échinococcose alvéolaire en Europe dont 260 en France (la maladie évoluant lentement, il s'agit de diagnostics toujours tardifs et il est impossible de dater la période exacte de contamination) (Boucher J.M. *et al*., 2001).
En 2005, on dénombre 336 cas en France. L'échinococcose alvéolaire est donc une maladie rare. Mais la prise en charge d'un patient est très coûteuse: pour une personne le coût annuel des traitements est de 5 à 15 000 euros. Le coût total d'un patient a été estimé à 250 000 euros en excluant le recours à la transplantation hépatique qui est parfois nécessaire (eurechinoreg.com). De plus c'est une maladie dont on ne guérit pas et qui nécessite un traitement à vie sans lequel elle serait fatale.

Depuis les 20 dernières années, le renard est de plus en plus présent dans les villes. Ainsi une étude montre que des renards sont présents dans 28 des 30 plus grandes villes de Suisse (Gloor S. *et al*., 2001). Le renard a aussi été observé dans de grandes villes du monde entier, comme, Oslo en Norvège, Arhus au Danemark, Stuttgart en Allemagne, Toronto au Canada ou Sapporo au Japon (Christensen. 1985, Moller Nielsen. 1990, Adkins and Stott.1998, in Deplazes P. *et al.*, 2004, Romig T. *et a.l,* 1999, Tsukada H. *et al.,* 2000). Le renard en s'introduisant dans les villes a permis au parasite de se rapprocher de l'homme.
Le diagnostic de la maladie étant en général posé longtemps après la contamination, aucune corrélation directe entre la densité de population de renard et l'incidence sur les cas humains n'a été démontrée. D'autre part, l'augmentation des populations et la prévalence élevée du parasite chez le renard urbain (Deplazes P. *et al.,* 2004), fait que l'environnement urbain est contaminé par les œufs du parasite. Le risque de contamination semble donc être de plus en plus présent.

I.2 Présentation des sites d'études et comparaison

Les villes de Pontarlier et d'Annemasse ont été choisies comme sites d'études pour l'étude de l'échinococcose en milieu urbain. L'étude à Annemasse a commencé en 2003 et en 2004 à Pontarlier.Ces deux villes ont été choisies car elles sont de taille raisonnable et situées toutes les deux en zones d'endémies d'échinococcose alvéolaire. De plus, la certitude d'être en zone d'endémie et la latitude suffisamment élevée de ces villes, permettent de limiter de manière conséquente le risque de faux positifs, dûs à *E. granulosus* (Sigeaud F., 2003). Ce sont, de plus, des zones ou il y a une augmentation des phénomènes d'urbanisation (INSEE 1999). Il semblerait d'autres part que dans ces régions, on trouve des personnes contaminées qui ne soient pas spécialement en contact avec l'espace rural.(Delattre P. *et al*,1991, Laforge M.L. *et al,* 1992).

Annemasse :
La Haute-Savoie est décrite comme le plus ancien foyer français d'échinococcose alvéolaire, on y a découvert le premier renard infecté ainsi que le premier cas de maladie humaine en 1980 (Contat et *al*,1983). Le site d'étude s'étend sur sept communes : Annemasse, Gaillard, Ambilly, Vetraz-Monthoux, Ville-la-grand, Cranves-Salles et Juvigny ; ce qui représente environ 37 km^2.(Annexe 1)

Pontarlier :
La Franche Comté est la région française qui compte le plus de cas humains d'échinococcose (Boucher J.M. *et al.*, 2001).
La superficie de la zone d'étude est d'environ 40 km^2. Cette zone comprend la ville de Pontarlier ainsi qu'une zone périurbaine comprenant les villages de Doubs, Dommartin, Vuillecin et Houtaud. 52% de cette zone est représenté par les prairies, 24% par les forêts et 23% par la zone d'activité urbaine. (Annexe 1)

Comparaison des deux sites :
Le tissu urbain de la ville de Pontarlier est très resserré. On y trouve peu d'espaces verts ou de terrains vagues. La limite entre la ville et la zone rurale aux alentours est franche. La zone rurale est constituée par de grandes zones de prairies dans lesquelles on trouve les villages et un territoire forestier entrecoupé de clairières.
Le site d'Annemasse est beaucoup plus urbanisé que celui de Pontarlier. Il possède une zone périphérique plus résidentielle où l'habitat dispersé est constitué de maisons avec jardins donnant sur des zones de prairies ou de cultures. On ne peut pas délimiter de coupures franches entre la ville et l'espace rural. On trouve aussi un territoire boisé, une secteur maraîcher et une aire de promenade le long du cours d'eau, l'Arve.

II Matériel et méthodes

L'étude peut se diviser en deux parties. Tout d'abord, il s'agissait de poursuivre le travail entamé les années précédentes, c'est-à-dire de réaliser une cartographie des risques d'Echinococcose alvéolaire pour la population sur les villes d'Annemasse et de Pontarlier. La deuxième partie du travail est la mise en place d'un plan de contrôle du parasite sur ces mêmes villes. Dans cette partie sont donc exposés :
1) Les matériels et méthodes qui ont servi à la création des cartes de risques.
2) Les moyens mis en œuvre pour élaborer un programme d'action contre l'Echinococcose alvéolaire.

II.1 Cartographie des zones à risques :

Le risque est une notion que l'on modélise par le croisement de deux composantes distinctes : l'aléa et la vulnérabilité. L'aléa représente une menace, ici il s'agit de la présence d'E.multilocularis dans l'environnement et la vulnérabilité rend compte des enjeux que l'exposition à l'aléa implique, ici la contamination humaine (Chardon A.C., Thouret J.C., 1994). Ainsi, pour que le parasite puisse se développer il faut que ses hôtes soient présents. Les zones à risques sont donc les zones où sont présents en même temps le parasite, des renards, des campagnols (aléas) et où l'homme peut être contaminé (vulnérabilité). Pour déterminer ces facteurs nous avons continué le travail commencé les années précédentes (récolte de fèces, suivi de renards et de la population de campagnols) auquel nous avons joint l'étude des zones où l'homme est présent en même temps que le parasite. Toutes les cartes sont réalisées à l'aide du logiciel Arcgis.9.

II.1.1 Etude du parasite :

L'étude du parasite se fait par l'analyse des fèces de renard, pour cela on utilise un test dit ELISA (Enzyme Linked Immunosorbent Assay). Il détecte les anticorps dirigés contre *Echinococcus multilocularis* et *Echinococcus granulosus* dans les fèces de chiens, de chats et de renards.

<u>Phase de ramassage :</u>
Le ramassage des fèces a commencé depuis 2003 sur Annemasse et 2004 sur Pontarlier.
Les fèces de renard sont allongées, cylindriques, et ont le plus souvent une extrémité torsadée. « Leur diamètre est d'environ 2 cm et leur longueur est comprise entre 5 et 10 cm » (Meia J.S., 2003). On y voit souvent des restes d'os et de poils et l'odeur est caractéristique.

Sur chaque villes :
50 fèces sont ramassées par saison en milieu urbain et périurbain, soit 200 fèces par an
50 fèces sont ramassées par saison en milieu rural, soit 200 fèces par an

Sur Pontarlier, la zone d'étude a été divisée en 10 parcelles de 2,25 km^2 afin d'avoir un effort d'échantillonnage constant.
Sur Annemasse, la zone d'étude n'ayant pas été divisée en 2003 et 2004, le ramassage se fait aléatoirement.
Le ramassage en zone rurale se fait sur 10 parcelles de 16 km^2 entourant chaque ville.

Pour chaque prélèvement, différentes informations sont répertoriées dans un tableau (Annexe 2).
- la date
- la commune
- les coordonnées géographiques
- la fraîcheur, notée de 1 à 5 (1= très frais)
- la structure du paysage dans lequel la crotte a été trouvée : surfacique (ex : au milieu d'un champ) ou linéaire (ex : le long d'une clôture)

Les fèces sont ensuite placées dans un réfrigérateur à -80°C pendant au moins 3 jours, afin de les décontaminer et d'éviter tous risques de contamination humaine (Veit P. *et al.*, 1995).

Analyse des prélèvements :

Le test immuno-enzymatique utilisé par l'ERZ est le CHEKIT-Echinotest (Bommeli, Suisse d'après Deplazes. P., et *al.,* 1999). Le principe repose sur la liaison anticorps-antigène. Les cupules des plaques ELISA sont sensibilisées avec un anticorps polyclonal qui se lie spécifiquement aux antigènes d'*E.multilocularis* et *E.granulosus.* Les antigènes liés aux anticorps sont détectés avec un conjugué (CHEKIT- Anti-Echinococcus) marqué à la péroxydase, qui oxyde le substrat CHEKIT-TMB, ce qui donne une coloration bleue. La réaction est stoppée avec la solution d'arrêt CHEKIT-TMB, la couleur du substrat devient alors jaune.
Les résultats sont lus par simple longueur d'ondes sur un spectrophotomètre à 405 nm. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité d'antigènes spécifiques de l'échantillon retenus dans les cupules.
Chaque échantillon étant disposé en doublon sur la plaque, on calcule les densités optiques nettes (DON) qui correspondent à la différence entre les densités optiques des cupules sensibilisées par les anticorps de contrôles (DO_{-Ag}) et ceux réellement sensibilisés par l'anticorps antiEchinococcus (DO_{+Ag}).

$$DON = DO_{+Ag} - DO_{-Ag}$$

Les valeurs de densités optiques nettes des échantillons (DONech) et du contrôle positif (DONpos) sont corrigées par soustraction de la valeur de densité optique nette des contrôles négatifs.

Contrôle positif : DONpos – DONneg
Echantillons : DONech – DONneg

Les valeurs corrigées sont exprimées en pourcentage de la valeur corrigée du contrôle positif (fixée à 100%)

Valeur Echantillon (%) = [(DONech – DONneg) / (DONpos - DONneg)] *100

Interprétation des résultats : lorsque la valeur de l'échantillon est supérieure à 40 %, l'échantillon est considéré comme positif, donc présentant des copro-antigènes d'échinococcose. Lorsque la valeur de l'échantillon est inférieure à 30% l'échantillon est négatif. Entre 30 et 40 % l'échantillon est considéré comme douteux (annexe 3).
Les cas douteux seront par la suite analysés en PCR. C'est une méthode d'analyse moléculaire qui reconnaite l'ADN du parasite.
La validation des tests par l'AFSSA à montré que le test est très spécifique mais peu sensible : la spécificité est de plus de 90 %, la sensibilité est de 53,1 % (pour les charges inférieures à 200 E. multilocularis, la sensibilité est de 29.4 %, pour les charges supérieures à 200 E.multilocularis, la sensibilité est de 80 %.).

Nous cherchons à savoir si la fraîcheur des fèces, la saison et le lieu de ramassage jouent sur leur contamination. Pour cela nous testons l'influence de chaque paramètre grâce à un modèle linéaire généralisé. :

$p = f$ (saison, fraîcheur, commune) $+ \varepsilon$
p est la probabilité de présence du parasite
f est la fonction de lien : $\ln(p/(1-p))$

Méthode de sédimentation et de comptage (SCT):
La méthode de sédimentation et de comptage est celle utilisée pour déterminer exactement la charge parasitaire des renards. C'est la méthode la plus spécifique et sa sensibilité est proche de 100%. (Eckert J., 2003). Cette méthode consiste à prélever la muqueuse intestinale et à l'examiner à la loupe binoculaire après solution et décantation. Le protocole suit celui décrit par Hoffer S. *et al*. (2000)

II.1.2 Etude de l'hôte principal :

Le but est de connaître la répartition des populations de renards au sein des communes.
Comptage de nuit :
Un comptage de nuit en utilisant des phares halogènes est réalisé une à deux fois par saison. Le trajet parcouru est toujours le même. Les renards vus sont repérés sur une carte ce qui donne une idée de leur répartition au sein de la zone d'étude.

Piégeage et suivi télémétrique :
Pour avoir des informations plus précises sur le déplacement des renards, un suivi télémétrique est réalisé sur des renards piégés.
Les renards sont piégés grâce à des collets à arrêtoirs. Après une phase de repérage qui consiste à trouver des signes de présence du renard (coulées, traces, terriers, crottes), les collets sont positionnés au niveau des coulées. On vérifie les pièges chaque matin avant le lever du soleil. Pour chaque renard piégé on relève la date et le lieu du piégeage ainsi que le poids et le sexe de l'individu. On l'équipe ensuite d'une boucle au niveau de l'oreille ainsi que d'un collier émetteur avant de le relâcher.

Le suivi télémétrique se fait plusieurs fois par semaine à différentes heures du jour et de la nuit. (Annexe 4) Pour chaque suivi d'un même renard, on effectue une triangulation. On fait trois pointages à trois endroits différents, les directions observées sont transcrites sur une carte, on obtient donc un point ou un triangle dans lequel se situe le renard.
En utilisant la méthode des polygones convexes (Giraudoux, com. pers. 2005), on peut déterminer grâce aux pointages, le domaine de vie de ces renards. Cette méthode consiste à relier entre eux les sites les plus extérieurs, on obtient un polygone. On mesure la surface de ce polygone à chaque nouveau pointage, lorsque la surface n'augmente plus, on estime que le domaine de vie est déterminé.

II.1.3 Etude de l'hôte intermédiaire :

L'étude porte sur *Microtus arvalis* et *Arvicola terrestris* car ce sont les deux hôtes intermédiaires les plus consommés par les renards en France (Petavy A.F. *et al.,* 1985). Il a été choisi d'évaluer la densité de campagnols sur les villes à partir de l'observation des signes de présence des rongeurs. Une autre solution aurait été de piéger les campagnols et de faire des observations directes (autopsies, prises de sang) pour savoir si le rongeur est infesté. Cette solution n'a pas été choisie car elle aurait demandé trop de temps pour être effectuée sur l'ensemble de la zone.

On évalue la présence des rongeurs grâce à certains indices qui sont :
Les tumulus de terre (qui sont différents de ceux de la taupe), pour *Arvicola terrestris* (Meylan A., 1977, Giraudoux P. *et al.,* 1995), les galeries, les trous de sorties, les fèces ainsi que la présence d'herbes coupées pour *Microtus Arvalis.* (Quéré J.P. *et al*., 2000)

Des transects sont réalisés. Le principe est de marcher le long d'une ligne imaginaire sur laquelle, on note, tous les dix mètres, la présence éventuelle de *Microtus arvalis* et/ou *Arvicola terrestris* (Annexe 5, Delattre P, *et al*., 1996). Le début et la fin de ces transects sont géoréférencés. Grâce aux données obtenues, il est alors possible de réaliser une carte représentant la probabilité de présence des campagnols au sein de chaque ville.

Pour cela on effectue une régression logistique des données de présence/absence sur les coordonnées géographiques. On obtient ainsi une surface de tendance. Le modèle obtenu permet d'avoir les probabilités de présence du campagnol en un point. (Giraudoux P., comm. Pers. 2005).

$P = f(x,y) + \varepsilon$
P = probabilité de présence du campagnol
x et y = coordonnées géographiques

Afin d'affiner les résultats on effectue un kriging sur la composante spatiale qui reste dans les résidus.

II.1.4 La population humaine :

Un questionnaire a été réalisé au cours de l'étude sur les populations de Pontarlier et d'Annemasse. Ce questionnaire nous a principalement servi à connaître le besoin d'information de la population quant à la maladie. C'est pourquoi, nous nous y attarderons plus particulièrement dans la partie suivante. Cependant, une des questions de ce questionnaire avait pour but de nous aider à affiner la cartographie réalisée. Ainsi nous avons posé la question suivante aux habitants : « Pouvez vous nous citer les lieux dans lesquels vous vous promenez ? » Cela nous a permis de déterminer les zones de promenade ou de loisirs de la population et de les classer en fonction de leur fréquentation.

II.2 Mise au point d'un plan de lutte :

Cette partie du travail a eu pour objectif de répertorier les principales actions qui ont été testées en matière de contrôle d'*Echinococcus multilocularis* et de réaliser une enquête auprès de la population pour en évaluer le besoin d'information.

Dans le cas d'une maladie parasitaire, une prophylaxie se construit en fonction du cycle du parasite et vise à rompre le maillon le plus fragile. Dans le cas de cette échinococcose, les maillons sont au nombre de trois : les carnivores prédateurs, les œufs libres, les rongeurs (et l'homme, étant donné que le but de l'étude est de réduire le risque pour ce dernier). Nous avons essayé de nous intéresser à chacun de ces maillons.

II.2.1 Le renard :

Elimination du renard : Pour limiter le cycle du parasite, un des moyens serait d'éliminer les hôtes définitifs tels que le renard. Cela a été fait sur l'île de Rebun en 1965 ou il a été mené une extermination massive des renards et des chiens. Il en résulte que l'île est désormais indemne d'échinococcose. (Eckert J. *et al.*, 2001). Cependant en milieu ouvert, les renards recolonisent très vite le milieu, ce qui facilite la transmission du parasite (Deplazes P. *et al.,* 2002). Il en a été ainsi en Australie où la même expérience a été menée en 2000 sur une zone de 3 000 km^2 (Thomson P.C. *et al,* ,2000). De plus, cette opération ne peut se conduire sur une grande surface, que ce soit d'un point de vue éthique ou écologique.

Une autre solution est la vermifugation des hôtes définitifs. Pour cela, le Praziquantel est la seule molécule disponible en France. Elle n'est pas ovicide, les œufs sont donc toujours infectants lorsqu'ils sont rejetés dans l'environnement après le traitement des animaux.
De nombreuses études utilisant la vermifugation ont été menés, elles sont récapitulées dans le tableau 1.
Il s'avère que le traitement est efficace car il fait considérablement baisser les prévalences. Une campagne de traitement à Hokkaido au japon a permis de réduire la prévalence de 60 % à 5 % chez le renard (Tsukada H.*et al*., 2002). Cependant deux ans de traitements sont nécessaires pour que le traitement ait une influence sur la prévalence du parasite chez le campagnol (Hegglin D., comm. pers., 2005).

Pays	Années	Superficie (Km2)	Molécule utilisée	Hôtes traités	Animaux contrôlés pour connaître la prévalence du parasite	Prévalence initiale (en %)	Prévalence après traitements (en %)
Alaska (1)	1982-1989		Praziquantel	Chiens	Rongeurs	29	1,2
Japon (2)	1998-2001	90	Praziquantel	Renards	Renards	60	5
Allemagne (3)	1995-1991	566	Praziquantel	Renards	Renards	32	4
Allemagne (4)	1995-1997	5000	Praziquantel	Renards	Renards	26,3	3
Allemagne (5)	1995-2001	3400	Praziquantel	Renards	Renards	64	7
Suisse (6)	1997-2002	3400 (en milieu urbain)	Praziquantel	Renards	Rongeurs et renards	38,6	5,5

Pays	Années	Méthodologie	Références bibliographiques
Alaska (1)	1982-1989	Traitement tous les mois de Juin 1982 à Juin 1989 , 5mg de praziquantel par kg	Rausch R.L. *et al.*,1990
Japon (2)	1998-2001	Trois périodes de vermifugation avec des appâts avec une densité d'appâts de 40/km2 - 12 campagnes en 1998 - 3 campagnes en 1999 puis 2campagnes en 2000 - 4 campagnes en 2001	Tsukada H. *et al*., 2002
Allemagne (2)	1995-1991	Six campagnes de vermifugation de décembre 1989 à février 1991 avec une densité de 15 appâts au km2	Schelling U. *et al*., 1997
Allemagne (3)	1995-1997	14 campagnes de vermifugation à l'aides d'appâts entre Avril 1995 et juin 1997 densités d'appâts : 20/km2 1ère année : 3 campagnes ; 2ème et 3éme année : 4 campagnes ; 4ème année : 2 campagnes	Tackmann K. *et al*., 2001
Allemagne (4)	1995-2001	Trois périodes de vermifugation, 8 campagnes par an de 1995 à 1997 4 campagnes d' avril 1997à avril 1998 2 campagnes par an de mai 1998 à fin 1999	Romig T. in Gottsheck D., 2002
Suisse (5)	1997-2002	Campagnes de vermifugation mensuelles de 1995 à 2001 avec une densité d'appâts de 50 appâts /km2	Hegglin D. et al., 2003

Tableaux 1: récapitulatif des actions de contrôle d'*E.multilocularis* menées par vermifugation

Les densités de traitement varient entre 15 à 50 appâts par Km^2 en fonction des études menées. En milieu urbain et périurbain la densité de renard étant plus élevé, 50 appâts par Km^2 ont été distribués lors de l'expérimentation à Zurich.(Harris. S. et Rayner J.M.V., 1986). L'efficacité du traitement se vérifie en mesurant la prévalence du parasite soit directement sur les renards, soit sur les campagnols, ces derniers occupant une place identique à l'homme dans le cycle. Différentes fréquences de traitement ont été essayées. Ainsi, en Allemagne quatre traitements par an ont permis de rester à une prévalence de 20 % chez le renard alors que deux traitements font que la prévalence se stabilise à 50%, ce qui est élevé. (Romig T. *et al.,* in Gottschek D., 2002). D'autre part toutes les expériences montrent que dès que le traitement est arrêté les prévalences remontent rapidement. Ainsi la prévalence chez le renard est passée de 3 à 11% lors de la deuxième phase de traitement lors d'une étude Allemande (Tackmann K., et al. 2001).

II.2.2 Les rongeurs

Les populations de campagnols fluctuent selon des cycles d'abondance : tous les quatre à six ans pour le campagnol terrestre (*Arvicola terrestris*). Ces cycles se sont amplifiés en pullulation au cours des années 60 créant de gros dommages aux prairies. (Delattre P. et *al*., 1998). Si La lutte contre les campagnols est un sujet de recherche principalement lié à un problème agricole, elle est également utile à la prévention de maladies parasitaires telles que l'Echinococcose alvéolaire. En effet on a pu montrer que les fluctuations de *Microtus arvalis* et *Arvicola terrestris* évoluent de façon asynchrone (Delattre P. *et al*.,1985) et assurent ainsi de façon continue une forte densité de proies potentielles pour le renard et donc le maintien d'*E multilocularis.* On note de surcroît que l'infestation des renards est plus forte lors des épisodes de fortes densités de *Microtus arvalis* et *Arvicola terrestris*. (Raoul F. *et al.,* 2003)

Différentes méthodes de luttes sont possibles :

La lutte physique : Elle consiste à piéger directement les campagnols. Cette méthode est efficace sur de petites surfaces mais problématique à l'échelle des exploitations modernes compte tenu de la main d'œuvre nécessaire. Certains essais ont tout de même été mis en place : dans le Doubs sur la commune de Charquemont, une personne a été employée pour piéger les campagnols, et éviter les départs de pullulation, une autre méthode consistait à enfouir des grillages à 50 cm de profondeur dans le sol afin d'empêcher les campagnols de pénétrer dans certains espaces restreints tels que des potagers (comm. pers. Joseph Remonnay, 2005, Président FDGON du Doubs). L'efficacité de cette méthode n'est pas démontrée.
La lutte biologique : Elle peut se faire en utilisant des agents pathogènes tels que des parasites ou des virus. Cependant cela est un risque potentiel pour d'autres espèces, dont les hommes. De plus on ne connaît pas l'efficacité d'une telle méthode. Un autre moyen serait d'utiliser les prédateurs naturels des campagnols, soit en les introduisant soit en mettant en place des moyens favorisant le développement de ceux qui sont déjà présents. (Pascal M., 1998). De plus on a pu voir que le cycle parasitaire est fortement lié à des facteurs paysagers. Par exemple, on trouve des prévalences chez l'homme plus élevées dans les cantons du Doubs où la surface en prairie permanente dépasse les 35% de la surface totale (Raoul et *al.*, 2001), ce qui est le cas de Pontarlier. Il en est de même pour la prévalence du parasite observée chez les renards. A partir de cette constatation, une idée de solution est apparue qui serait de modifier le paysage en replantant des haies. Des tentatives dans ce sens sont actuellement en cours dans le massif central.
Toutes ces méthodes sont en général assez compliquées à mettre en place, et nécessitent une main d'œuvre et un coût important. D'autre part il n'y a pas encore de résultat quant à la lutte biologique.

La méthode la plus efficace serait donc la lutte chimique. Les seuls produits autorisés sont les anticoagulants, en général on utilise la bromadiolone. Elle a cependant des effets néfastes sur les espèces non cibles. (Pascal M., 1998)

II.2.3 Les œufs :

Les œufs sont très résistants notamment en milieux froids et humides. Ils sont cependant sensibles à la sécheresse et à la chaleur. Ils résistent aux désinfectants que l'on trouve sur le marché. Selon une étude menée en Allemagne, les œufs seraient résistants plus de 100 jours en milieu naturel à des températures allant de -15 à 27°C, et jusqu'à 240 jours dans certains cas (Viet P. *et al.,*1995). Cette résistance fait que les œufs déposés grâce aux fèces de renards demeurent un réservoir important du parasite et restent dangereux pour les hôtes intermédiaires.
Ils semblent donc qu'une intervention sur les œufs ne soit pas possible à cause de leur résistance et du fait de leur large dissémination dans l'environnement.

II.2.4 Les hommes : enquêtes auprès des populations

La population joue un rôle majeur dans la réussite des actions de prévention et de contrôle des zoonoses. On ne peut en effet réduire de façon efficace le risque de transmission d'une maladie si le public méconnaît celle-ci et si elle n'est pas prévenue par les moyens qui permettent d'éviter la contamination. Ainsi il semble que l'information du public soit indispensable quelque soit la méthode choisie pour lutter contre le développement du parasite.
Le développement de stratégies pour informer le public sur les risques de l'échinococcose alvéolaire et sa prévention doit se baser sur les données scientifiques mais aussi sur la perception du problème par la population. De plus, sachant que la perception de cette maladie varie selon les régions, la communication doit naturellement s'adapter à ces changements.

Les objectifs du questionnaire sont donc de :
1) Connaître le niveau d'information de la population concernant l'Echinococcose alvéolaire.
2) Voir s'il existe des différences entre les villes de Pontarlier et d'Annemasse.
3) Déterminer des méthodes d'informations plus ou moins ciblées en fonction de la connaissance du public.

Les enquêtes auprès de la population ont été pratiquées dans la rue, les questions étant posées de vive voix. Afin d'avoir un échantillon de personnes le plus représentatif possible, ces dernières ont été interrogées dans les supermarchés et hypermarchés, dans le centre ville ainsi que sur leurs lieux de promenades. De plus, nous avons respecté au mieux les proportions d'hommes et de femmes en fonction de leur âge pour chaque ville (INSEE, recensement 1999).

Le questionnaire (annexe 6) :
La première question posée porte sur la connaissance ou non de la maladie. Les questions suivantes consistent à connaître les habitudes de la population pour savoir si celles-ci présentent des risques. Ensuite nous avons demandé aux personnes quel était à leur sens, le meilleur support d'information pour communiquer sur la maladie.

L'influence de l'âge, du sexe, de la catégorie socioprofessionnelle et du lieu de résidence des personnes sur la connaissance du parasite sont testés grâce à un modèle linéaire généralisé. Ces facteurs sont choisis car ils nous permettent d'élaborer un profil type de personne à informer en priorité.

$P = f$ (âge, sexe, catégorie socioprofessionelle, lieu de résidence) $+ \varepsilon$
P est la probabilité que l'individu interrogé connaît la maladie
F est la fonction de lien :$\ln(p/(1-p))$

III Résultats

III.1 Analyse des données

III.1.1 Le suivi des renards capturés :

Depuis le début de l'étude neuf renards ont été capturés sur la zone d'Annemasse et quatre sur celle de Pontarlier. Sur l'ensemble de ces renards, deux ont étés capturés pendant la durée du stage (1 sur Annemasse et 1 sur Pontarlier) et quatre renards sont encore suivis. Pour chaque renard on observe l'évolution du domaine de vie en fonction du nombre de sites observés. Lorsque le domaine de vie n'augmente plus on estime qu'il est totalement déterminé. (Meia J.S., 2003)

Récapitulatif des renards piégés :
Lorsque la taille du domaine de vie est inscrite en rouge c'est que le nombre de pointage permet de déterminer de façon assez précise les domaines de vie, lorsqu'il est marqué en bleu c'est que le nombre de pointage n'a pas été suffisant.

Nom du renard	Date du piégeage	Durée du suivi	Taille du domaine de vie	Commune	Milieu
Rainman	30 avril 2003	2 ans	1,68 km^2	Gaillard	périurbain
La Cruee	12 juin 2003	1 semaine	Pas de points	Cranves-Sales	
Rosy	16 juin 2003	8 mois	1,25 km^2	Cranves-sales	périurbain
Gilbert	22 juin2003	10 mois	1,45 km^2	Cranves-Sales	périurbain
Manu	23 juin 2003	7 mois	0,74 km^2	Annemasse	urbain
Le Galeux	18 février 2004	1 mois	0,38 km^2	Juvigny	périurbain
La flèche	19 février 2004	Toujours suivie		Vetraz-Monthoux	périurbain
Corlie	22 juin 2004	1 mois	0,25 km^2	Vetraz-Monthoux	périurbain
François	1 mai 2005	Toujours suivi	1,37 km^2	Cranves-Sales	périurbain

Tableau 2: récapitulatif des données sur les renards piégés et suivis sur Annemasse.

Nom du renard	Date du piégeage	Durée du suivi	Taille du domaine de vie	Lieu dit	Milieu
Jumie	21 juillet 2004	2 mois	0,13 km^2	Le larmont (Pontarlier)	périurbain
La foudre	22 juillet 2004	2 mois	0,34 km^2	La déchetterie (Pontarlier)	périurbain
Bertine	20 juillet 2004	Toujours suivi	0,82 km^2	La ferme Charpillot (pontarlier)	périurbain
Kart	22 Juillet 2005	Toujours suivi	1,19 k m^2	Le karting	Périurbain

Tableau 3: récapitulatif des données sur les renards piégés et suivis sur Pontarlier

Les domaines de vie des renards étudiés montrent qu'un seul des renards capturés sur Pontarlier et Annemasse vivait vraiment en milieu urbain (Manu, sur Annemasse, Annexe 7), les autres sont des renards périurbains qui ne s'introduisent pas vraiment en ville. En général, en Europe les domaines de vies des renards urbains sont de 0,2 et 0,5 Km^2, ceux des renards ruraux sont de 1à 2 Km^2 (Meia J.S., 2003). La taille des domaines de vie des renards d'Annemasse et de Pontarlier

correspond donc assez à des domaines vitaux de type rural (tableaux 2 et 3). Seule Jumie disposait d'un territoire très restreint de 0,13 km^2 mais il s'agissait d'une jeune renarde qui restait sûrement à proximité de son terrier et n'avait pas encore son propre territoire.

En étudiant les domaines de vie, on s'aperçoit que les renards présents sont sédentaires. Ils ont un territoire en général bien défini et ont tendance à attirer de nouveaux renards en période de reproduction plutôt que le contraire. Ainsi à chaque saison on a aperçut Rainman et Gilbert avec une femelle et La Flèche avec un mâle. Quant à Rosie on a aperçut un mâle sur son territoire avant sa mort.

III.1.2 Les transects :

La longueur totale des transects réalisés est de 23 km sur Annemasse et 27 km sur Pontarlier.

	Annemasse		*Pontarlier*	
	Arvicola terrestris,	*Microtus arvalis*	*Microtus arvalis,*	*Arvicola terrestris*
Présence	1178	126	416	116
Absence	1573	2626	1885	2185

Tableau 4 : comparaison des fréquences de présence/absence des deux espèces de campagnols sur Annemasse et Pontarlier.

On réalise un test du Khi-deux sur ces résultats (tableau 4 pour savoir qu'elle est l'espèce la plus présente sur chaque ville. Sur Annemasse le test du khi-deux est significatif ($p = 6,9.\ 10^{-244}$, dl =1), il en est de même pour Pontarlier ($p = 1,66.\ 10^{-43}$, dl=1). *Arvicola terrestris* est donc significativement plus présent que *Microtus Arvalis.*
Si on compare les deux villes on voit que Arvicola terrestris est mieux représenté sur Pontarlier que sur Annemasse ($p = 3,20.\ 10^{-79}$, dl=1). Cela correspond aux phénomènes de pullulation observés en Franche-comté et qui n'existent pas dans la périphérie d'Annemasse. Par ailleurs on n'obtient pas de résultats significatifs pour *Microtus Arvalis.*

III.1.3 Etude du parasite :

Tout au long de l'étude on a analysé les intestins des renards retrouvés morts sur le bord des routes autour d'Annemasse et de Pontarlier par la méthode de sédimentation (SCT). A Annemasse, 42 renards étaient porteurs du parasite sur 67 analysés. A Pontarlier 5 sur 8 étaient infestés. On a donc des prévalences élevées respectivement de 62,7% et 62,5,%. Certains des renards sont retrouvés à plusieurs Km de notre zone d'étude mais ils montrent tout de même la forte présence du parasite.

259 fèces ont été analysées à Annemasse sur 350 ramassées, et 81 à Pontarlier sur 250.
Le test ELISA étant très spécifique mais peu sensible, nous nous permettons dans un premier temps d'assimiler les cas douteux à des cas positifs. Les résultats ELISA ont montré la présence d'E.multilocularis sur les deux zones d'études. Sur Annemasse on trouve 18,7 % des fèces analysées qui sont infectées et sur Pontarlier 26,8 %. En milieu rural la proportion de fèces infectées est de 27,6%.
Si l'on compare les résultats du test ELISA en milieu urbain et rural grâce à un test du Khi-deux on se rend compte qu'il y a une différence significative entre les deux. Les fèces étant plus infectées en milieu rural que urbain (p=0,00239592 ; dl=1). Aucune fèces rurale de Pontarlier n'a encore été analysée, elles ne rentrent donc pas dans ce calcul. Ce résultat correspond à ceux trouvés sur Zurich où la prévalence chez le renard est plus importante en milieu rural (67 %) qu'urbain (47 %) (Hoffer S. *et al.,* 2000, Stieger C. *et al.,* 2002).

Le renard est un omnivore qui a peu d'exigences quant au choix de sa nourriture, il la choisie en fonction de sa disponibilité. La différence de prévalence des renards provient peut être du fait qu'en milieu urbain les renards se nourrissent peu de rongeurs. En effet une étude concernant le régime alimentaire des renards urbains dans la ville de Nantes à partir de l'analyse de fèces a montré que le renard se nourrit de mammifères (17,4 %), micromammifères (14,5 %), fruits (25,4 %), végétaux divers tels que les feuilles de graminées (52 % surtout à des fins purgatives), des oiseaux (16,7 %). (Richomme. 2002). Une étude similaire dans la ville de Zurich montre que la plus grande partie de la nourriture des renards urbains provient des déchets humains.

Pour chaque fèces on connaît la fraîcheur, la date et la commune de ramassage. On teste l'influence de ces facteurs sur la contamination des crottes à l'aide d'un modèle linéaire généralisé. On teste l'ensemble des échantillons (Annemasse +Pontarlier). Il en ressort que la saison et la commune de ramassage ont une influence significative. (respectivement p= 0,01, χ^2=12,75, dl=3 et p=0,01, χ^2=26,49, dl=12). Les fèces sont plus contaminées en hiver et dans la ville de Juvigny sur la zone d'Annemasse.

L'étude des fèces nous a montré que le parasite est présent dans les deux villes. A Annemasse les fèces positives sont réparties un peu partout dans le secteur d'étude. A Pontarlier, le parasite est surtout signalé dans les parties sud et sud-est de la zone. On peut penser que le parasite y est moins présent. Cependant peu de fèces ont été analysées à cet endroit. L'analyse complète des données permettra une étude plus fine de la répartition du parasite au sein des villes. Ainsi il serait intéressant de chercher s'il existe une différence de prévalence entre les zones strictement urbaine et celles situées plus en périphérie. En effet une telle répartition a été montrée sur Genève (Répérant.L., 2005)

III.2 Cartographie :

Le risque se définit en général par risque = aléas * vulnérabilité

Trois facteurs ont servi à déterminer les aléas :

- la présence du renard
- la présence du parasite
- la présence des campagnols

La vulnérabilité est déterminée par :

- Les zones de promenades des humains
- Les zones d'activités à risques (zones maraîchères, potagers, aires de pique –nique)

La première étape de la cartographie a été de construire les cartes correspondant à chaque aléa et à la vulnérabilité. Chacun des facteurs est pondéré grâce à un système de points qui nous sert ensuite à construire la carte finale représentant le risque.

III.2.1 Carte de présence des renards :

Afin de réaliser une carte de présence du renard nous avons pris en compte :

- La présence de fèces
- Les comptages de nuit
- Les renards piégés et leurs domaines de vie

Des fèces ont été trouvées sur l'ensemble des deux villes et les suivis nocturnes ont confirmé la présence des renards sur toute la zone d'étude que ce soit sur Annemasse ou Pontarlier. Seul le centre ville semble être évité par les renards. A Pontarlier, ils semblent longer les habitations sans jamais s'y introduire vraiment. A Annemasse, les renards s'introduisent plus avant dans les zones habitées cela est sûrement corrélé aux grands nombres d'espaces verts et de jardins que l'on y trouve. Ils évitent tout de même la partie la plus urbanisée au centre d'Annemasse (Annexe 7).
Les domaines de vie ayant été déterminés lors des trois dernières années, certains renards sont donc morts. On a tout de même observé d'autres renards sur ces mêmes domaines et on y a aussi trouvé des fèces. Cela peut s'expliquer par le fait que les renards ne vivent pas toujours seuls sur leur domaine de vie et même si c'est le cas, les territoires sont en général vite recolonisés (Meia J.S., 2003)

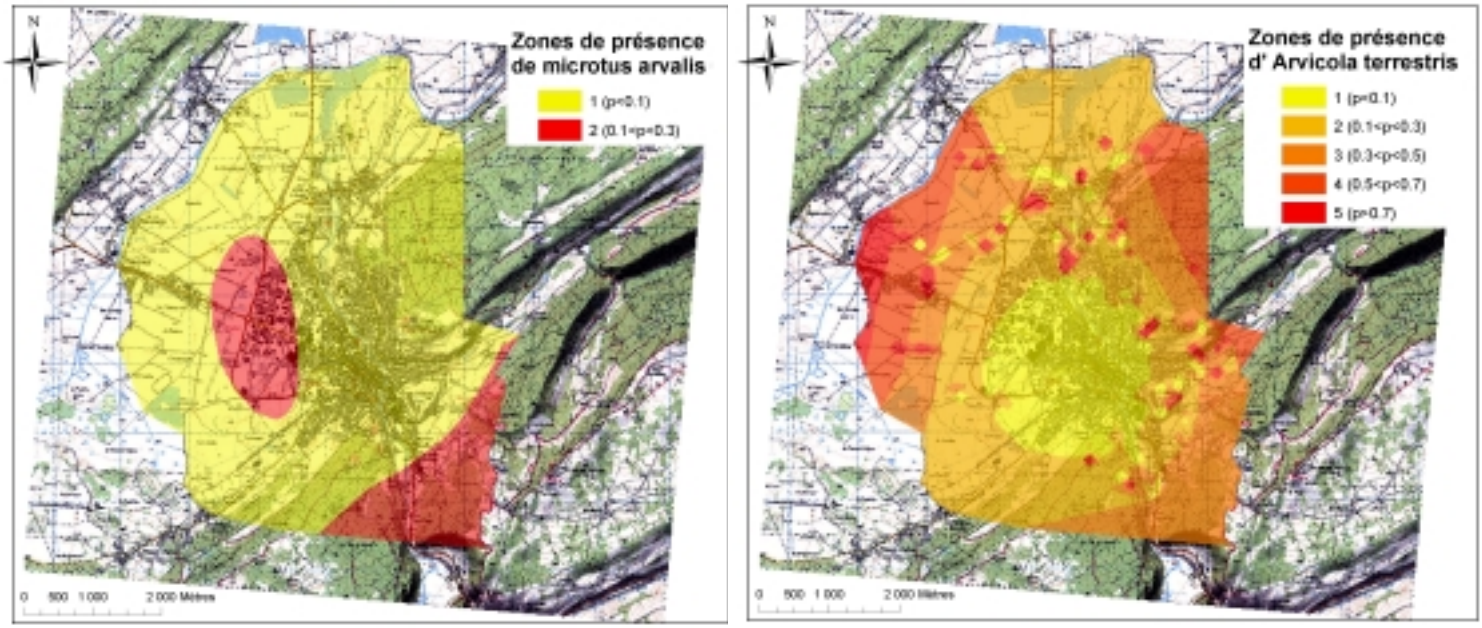


Figure 3 : carte de présence d'Arvicola terrestris (droite) et Microtus Arvalis (gauche) sur la commune de Pontarlier, à partir des probabilités de présence

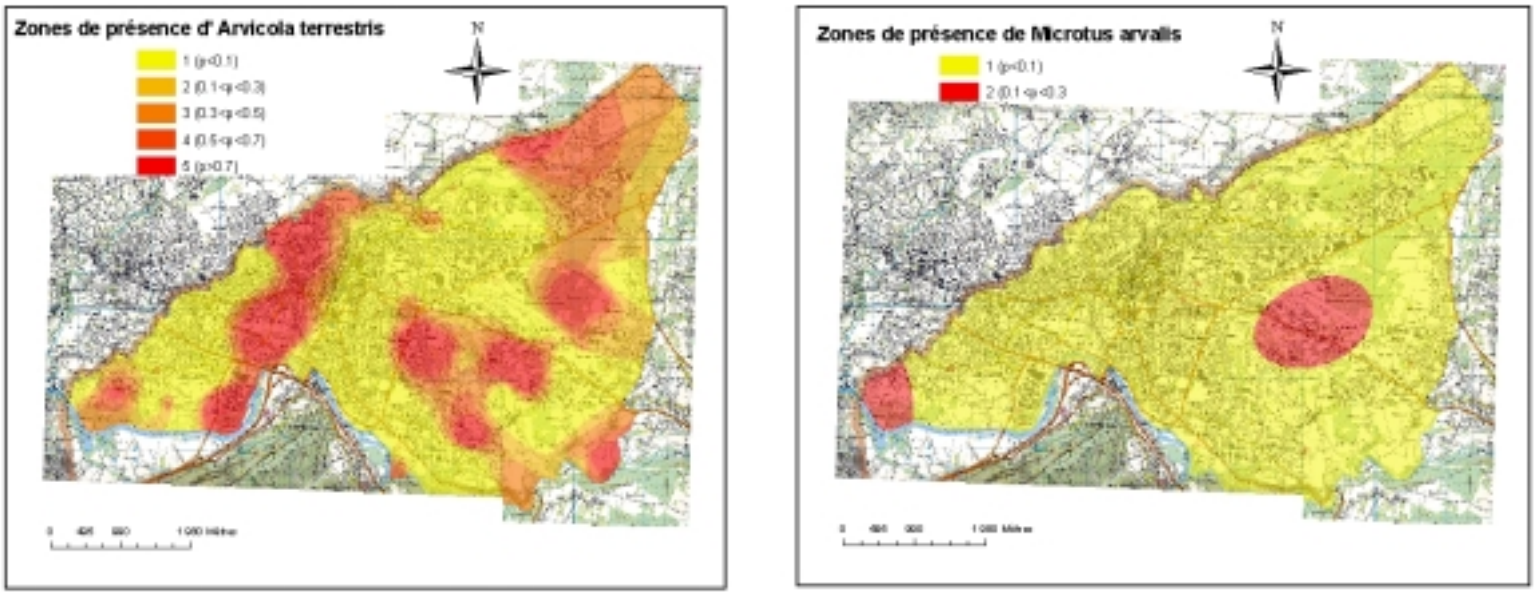


Figure 4 : carte de présence d'Arvicola terrestris (gauche) et Microtus Arvalis (droite) sur la commune d'Annemasse à partir des probabilités de présence

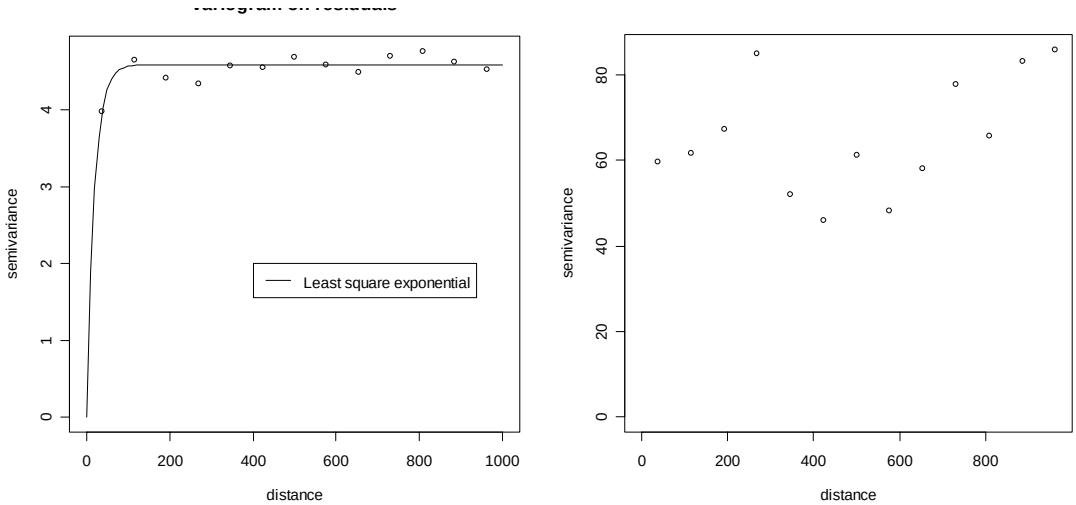
III.2.2 Carte de présence des campagnols

La carte de présence des campagnols a été réalisée à partir des transects. 27 km de transects ont été réalisés sur Pontarlier et 23 km sur Annemasse (Annexe 8).

Pontarlier :

On effectue tout d'abord une régression logistique sur les données de présence /absence des campagnols obtenues grâce aux transects. A partir de cela on obtient une surface de tendance de la présence des campagnols.

Afin d'être plus précis, on étudie la structure spatiale de la variable grâce à un variogramme. Le variogramme nous permet de décrire la façon dont se détériore l'information acquise en un point au fur et à mesure que l'on s'en éloigne. On peut ainsi estimer une propriété en un point non observé de la carte à partir d'un point observé. La structure spatiale observée va ensuite servir à affiner les résultats grâce à une procédure d'estimation : le krigeage.



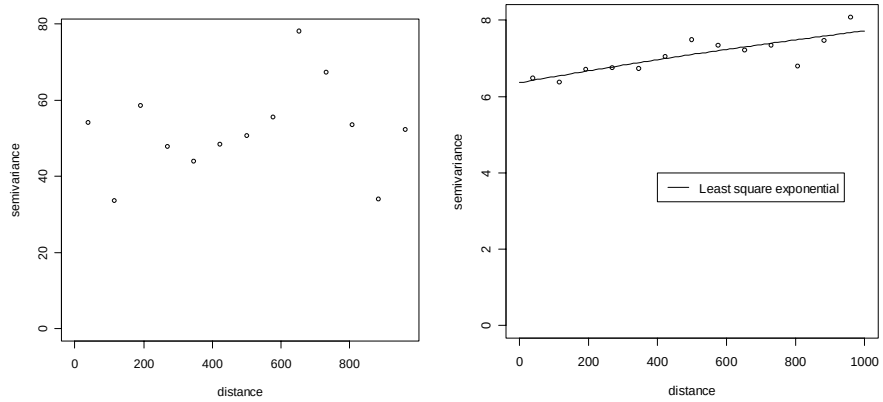
Microtus arvalis *Arvicola terrestris*

Figure 5 : variogrammes (Pontarlier)

Pour *Microtus arvalis* on n'observe pas d'autocorrélation spatiale évidente et on se contente de la surface de tendance. Pour *Arvicola terrestris* on observe une indépendance spatiale à partir de 170 m, un modèle exponentiel peut permettre d'en rendre compte (figure 5). Ce modèle nous sert à corriger les variations de la surface de tendance par les résultats du kriging sur les résidus.

Les cartes de présence des campagnols sont réalisées à partir des surfaces de tendances et des résultats du krigeage (Annexe 9). Ces cartes nous montrent, qu' *Arvicola terrestris* est de plus en plus présent au fur et a mesure que l'on s'éloigne du centre ville. Quant à *Microtus Arvalis* il est présent principalement dans deux zones en périphérie de la ville de Pontarlier (figure 3).

Annemasse ::
On effectue la même chose pour les données d'Annemasse :



Microtus arvalis *Arvicola terrestris*

Figure 6 : variogrammes (Annemasse)

Pour *Microtus arvalis* le variogramme ne montre pas d'autocorrélation spatiale évidente. Donc on se contente de la surface de tendance. Pour Arvicola terrestris l'allure du variogramme ne montre pas de pallier, on peut tout de même utiliser un modèle exponentiel. (Figure 6)

Les cartes de présence des campagnols sont réalisées à partir des surfaces de tendances et des résultats du krigeage (.annexe 10). On voit sur ces cartes qu'*Arvicola terrestris* a tendance à être présent sur des espaces ouverts tels que des prairies ou des cultures, mais aussi dans les espaces verts proches du centre ville. *Microtus arvalis* est préférentiellement présent dans deux zones qui sont peu urbanisées. (figure 4) .

III.2.3 Carte de présence et d'activité humaine :

Les zones où les personnes sont le plus susceptibles de s'infecter sont les zones de fréquentation et d'activité humaine. La carte de fréquentation a été établie à partir des questionnaires. Pour chaque ville nous avons répertorié les lieux de promenade les plus fréquentés par la population. Les promenades en centre ville n'ont pas été prises en compte car les renards n'y sont pas présents et les hommes y ont peu de chances d'être en contact avec le parasite. Nous avons ajouté à cette carte les lieux d'activité de la population humaine où il peut y avoir un risque d'infection tel que les potagers, les zones de pique-niques ou les zones maraîchères.(figure 5)

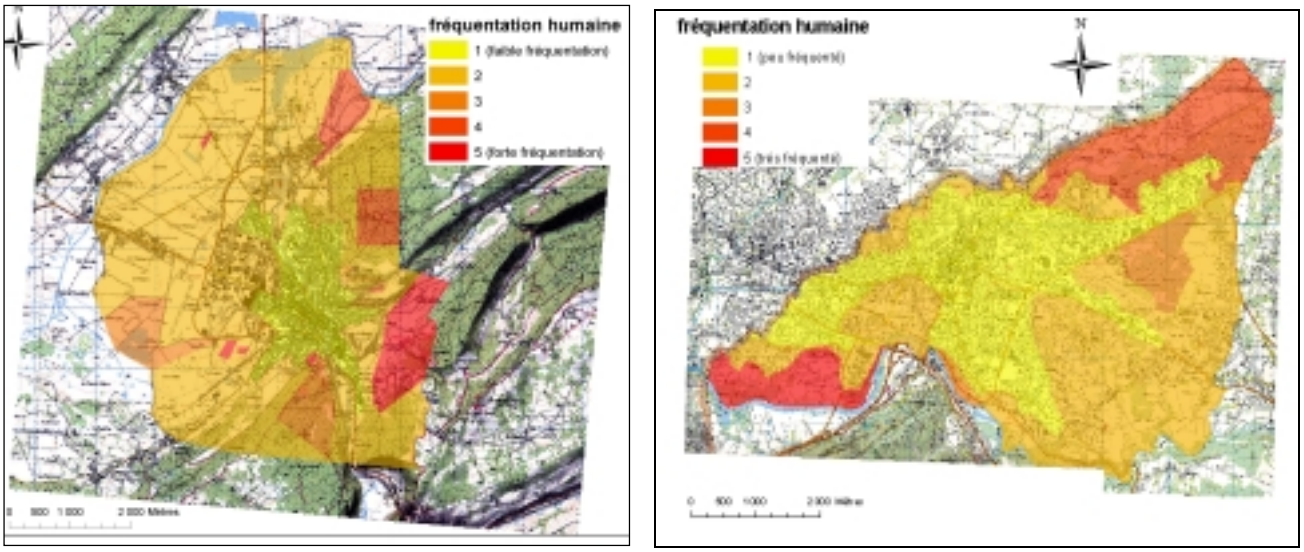


Figure 7 : Classification des sites de fréquentation humaine d'Annemasse et de Pontarlier

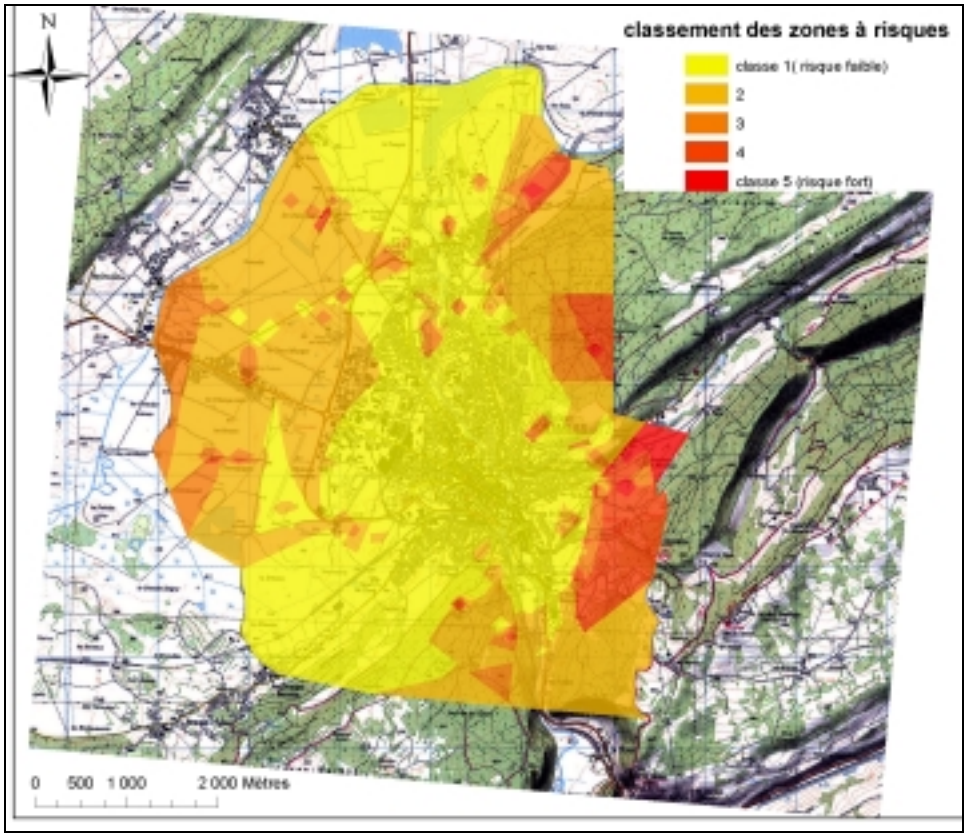


Figure 8 : Cartographie des risques de contamination pour l'homme par *E. multilocularis* sur la commune de Pontarlier

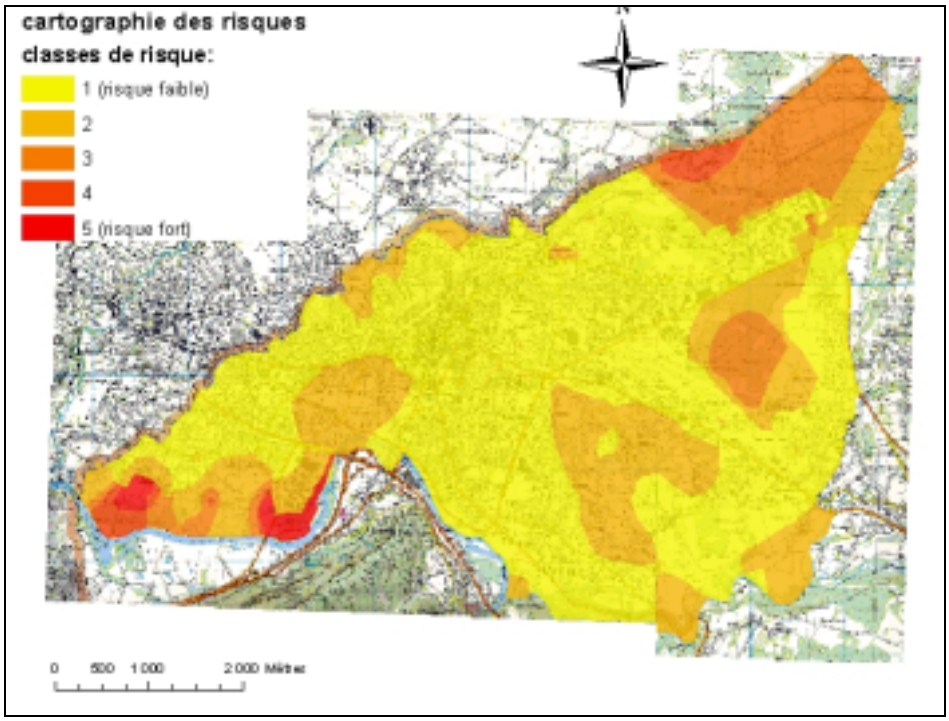


Figure 9 : Cartographie des risques de contamination pour l'homme par *E. multilocularis* sur la commune d'Annemasse

III.2.4 Cartographie finale des risques :

L'évaluation du risque sur les deux villes s'est faite en hiérarchisant et pondérant tous les facteurs employés. Pour cela nous avons attribué des points à chaque catégorie de facteurs :

Les aléas :

- présence du renard : présence = 5 points ; absence=1 points
- présence d'Arvicola terrestris : de 1 à 5 points (1 = probabilité de présence faible, 5=probabilité de présence forte)
- présence de Microtus arvalis : de 1 à 5 points (1 = probabilité de présence faible, 5=probabilité de présence forte)

La vulnérabilité :

- Zones de promenades : de 1 à 5 points (1 = peu fréquenté, 5 = très fréquenté)
- Zones d'activités à risques : 5 points

Grâce a Arcgis 9, on réalise une union des cartes de présence des campagnols et des renards, en additionnant les facteurs. On obtient une carte qui représente les aléas, pondérées de 1 à 15. On réalise ensuite une union entre cette carte et celle de la vulnérabilité pour obtenir la cartographie des risques. Cette fois on multiplie les facteurs. La carte est donc initialement pondérée de 1 à 75. Pour la simplifier on reclasse le risque en 5 classes (1= risque de contamination faible à 5= risque de contamination fort).

Les figures 8 et 9 représentent les cartes obtenues sur Annemasse et Pontarlier.

IV Proposition d'une méthode de diminution du risque

L'objectif de cette étude est d'optimiser la réduction du risque de contamination d'échinococcose alvéolaire chez l'homme. Etant proposée à des communes, cette méthode se doit d'être efficace mais à un prix raisonnable.

IV.1 Méthode de lutte physique :

IV.1.1 Méthode de lutte

La priorité est l'information sur la maladie. En effet, si les personnes sont au courant des précautions à prendre, elles ont peu de chances de se contaminer. Quand à la méthode physique de contrôle de l'Echinococcose alvéolaire il semble que la plus efficace soit, comme nous l'avons vu, la vermifugation des renards au praziquantel.
La diminution de la population des campagnols pose un problème. Une des solutions est de modifier le paysage pour retrouver un paysage de bocage favorable aux prédateurs. C'est un procédé long et coûteux, qui pourrait difficilement s'inscrire dans un programme de contrôle se pratiquant à une échelle différente. De plus, à Pontarlier, l'organisation du paysage en bocage ne se pratique pas traditionnellement ; quant à Annemasse, le paysage plutôt urbain ne permet pas réellement d'insérer facilement des haies.
Il reste la solution de la bromadiolone ainsi que du piégeage. La première a montré ses nuisances, il paraît donc difficile de conseiller l'utilisation de ce produit. Cependant étant donné qu'elle est couramment utilisée, nous pouvons proposer des périodes de traitement qui influerait sur le cycle d'*E. multilocularis.* Le piégeage, quand à lui, nécessite une organisation entre agriculteurs et avec la mairie pour engager quelqu'un qui surveillerait les départs de pullulation.
La lutte contre les campagnols n'est pas prioritaire, une vermifugation des renards suffirait à faire baisser la prévalence de ces rongeurs. Cependant cette lutte permettrait de renforcer l'efficacité de la vermifugation puisque le nombre de campagnol influe sur la prévalence du parasite chez le renard. (Raoul F. *et al.*, 2003).

La méthode de lutte comprend donc une vermifugation des renards et la mise en place de campagnes d'informations.

L'efficacité du traitement doit ensuite être vérifiée. Pour cela on doit étudier la prévalence du parasite chez le campagnol ou le renard. Une des possibilités est d'utiliser des cessions de piégeage du campagnol. On analyse alors leur foie au microscope pour voir s'il contient des lésions. Cette méthode est en même temps utile à la diminution des populations.

IV.1.2 Période de lutte

La période d'infestation privilégiée des rongeurs est la saison hivernale, d'octobre à avril (Giraudoux P., comm. Pers., 2005 ; Delattre P. *et al*., 1988). La saison aurait aussi une influence sur le taux d'infestation des renards, ceux-ci étant plus contaminés en hiver qu'en été (Hofer S. *et al*., 2000). Cela viendrait du fait que les jeunes renardeaux, à la fin du printemps, se nourrissent moins de campagnols lorsqu'ils deviennent indépendants. (Tackmann K. *et al*., 1998). D'autres parts les renards les plus contaminés sont les subadultes mâles car, de part leur dispersion, ils sont à la source de la plus grande partie de la contamination de l'environnement par les œufs du parasite. Cette dispersion se fait de septembre à janvier.(Meia J.S., 2003) .Les œufs sont aussi comme nous l'avons vu plus résistants en hiver.

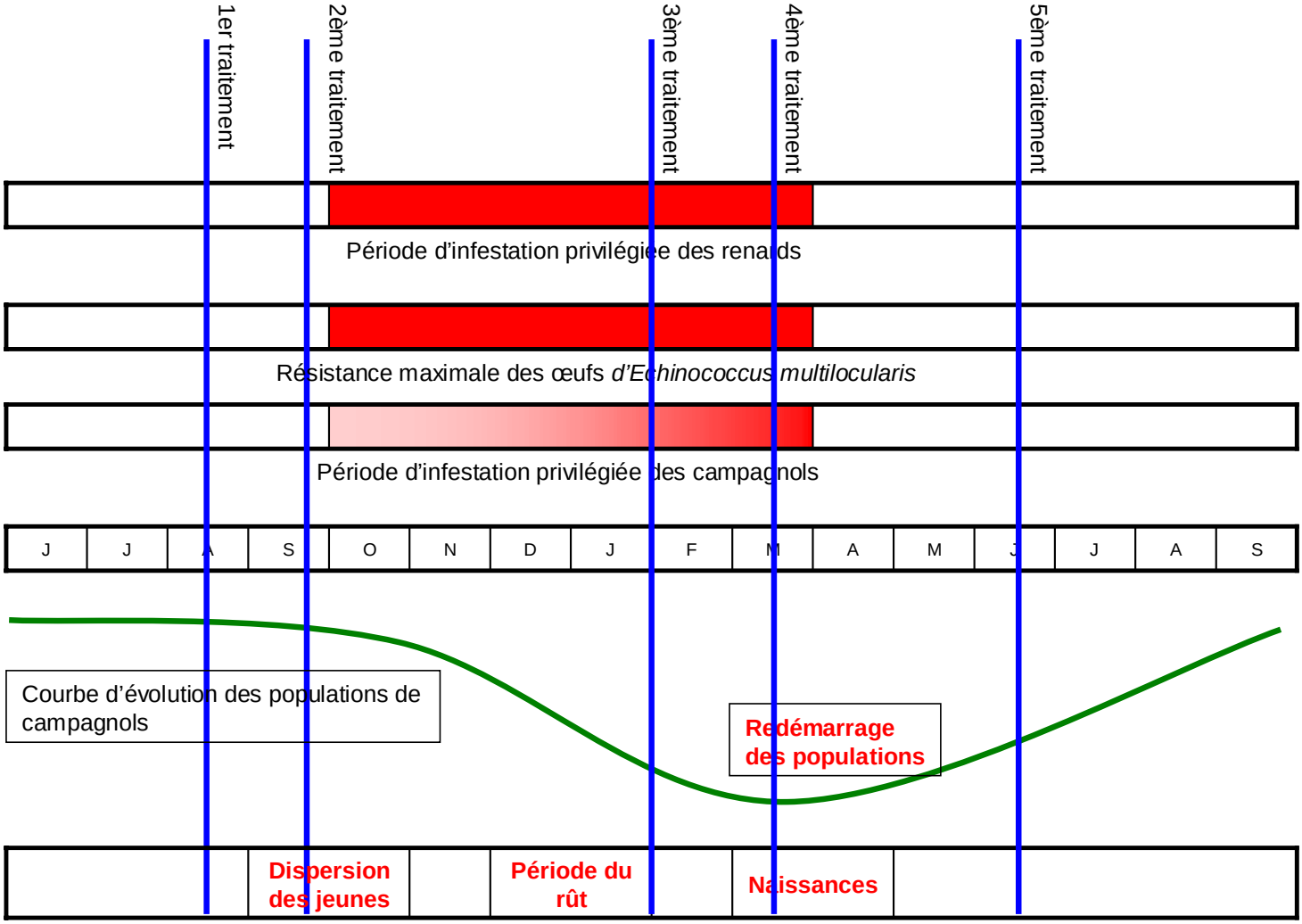


Figure 10: Périodes de traitement corrélées à la biologie des espèces participant au cycle du parasite.

La vermifugation des renards:

Il est préconisé de faire cinq traitements par an du moins dans un premier temps, afin que les renards évitent de se recontaminer entre chaque traitement. Lors des vaccinations contre la rage, il a été montré qu'avec une densité de 20 appâts au km^2 la proportion de renards qui ingèrent les appâts est supérieure à 70 % (Thevenot C., 2003) Il faut savoir que seulement la moitié des appâts distribués en milieu urbain est consommée par les renards (Hegglin D. *et al*., 2004). Ainsi en milieu péri urbain le nombre d'appâts qui a été utilisé lors d'une étude précédente est de 50 appâts par km^2 (Hegglin D. *et al*., 2003). Etant donné le coût des appâts et le fait que la population de renard est plus importante sur Pontarlier, on peut proposer une densité de 40 appâts par km^2 sur Pontarlier et 30 sur Annemasse.
Les dates de traitements sont proposées en fonction de la biologie du parasite et des hôtes : (figure 11)

1er et 2ème traitement : mi août et début octobre
Ces deux traitements rapprochés visent à diminuer la prévalence du parasite chez le renard et à empêcher leur contamination avant la période cruciale qu'est l'hiver. Le traitement d'octobre permettrait aussi de vermifuger les renards subadultes avant leur dispersion et d'éviter ainsi la propagation du parasite

3ème traitement : fin décembre – début janvier
Comme le montrent les renards étudiés, les renards urbains de la zone sont plutôt sédentaires. Lors de la période de rût ce sont les renards de l'extérieur, potentiellement plus parasités, qui ont tendance à venir. En vermifugant à cette période les renards déjà traités une première fois, on évite que ces derniers ne se réinfectent. Cela permet en même temps de traiter les nouveaux renards arrivants à la période de rut.

4ème traitement : mars –avril
Ce traitement correspond au moment où les campagnols sont le plus infectés et risquent ainsi de réinfecter les renards ; mais aussi au moment où la population de ces rongeurs augmente multipliant leur chances d'être la proie des hôtes principaux. En effet les renards étant opportunistes, ils se nourrissent des ressources les plus accessibles et abondantes. (Artois M., 1989).

5ème traitement : juin
La vermifugation de juin permettra que les renards ne se réinfectent pas avant la fin de l'été. En effet, lors de vermifugation, un grand nombre de parasite est relâché par les renards dans l'environnement créant une possibilité accrue de s'infecter pour les campagnols. D'autre part à cette époque de l'année les œufs sont moins résistants à cause de la chaleur. Au bout de 2 ans, la prévalence chez le campagnol ayant baissé on pourra penser arrêter ce traitement.

Le piégeage des campagnols :

Il pourrait démarrer juste avant le traitement au démarrage des populations. Il n'est envisageable que sur des surfaces restreintes et surtout ne semble efficace qu'en dehors des phases de pullulation. Cette méthode conviendrait bien pour le site d'étude d'annemasse.
Dans le cas où la bromadiolone est utilisée il semble que ce soit en octobre qu'elle soit le plus efficace car les animaux font des réserves à cette époque et s'infectent en transportant les grains de blé contaminés.(communications téléphoniques avec des agriculteurs).

IV.1.3 Lieu de la lutte :

Les zones de traitement proposées correspondent aux zones considérées comme les plus à risque d'après la cartographie réalisée sur chaque ville (risques 3, 4 et 5 sur les figures 8 et 9). Pour qu'une vermifugation soit efficace il faut que la surface de traitement soit supérieure à 1km^2 (Deplazes P., comm. pers. 2005). Il faut donc structurer ces zones pour répondre à ce besoin.
La distribution des appâts peut se faire à la main, cela permettra de privilégier certains endroits au sein des zones à traiter. Les lisières de cultures et les bordures des chemins vicinaux semblent être des lieux où *Microtus Arvalis* est le plus infecté (Delattre P. et al, 1988).L'étude précédente faite sur Annemasse montre que Arvicola terrestris se trouve principalement au niveau des bordures de culture (Boyer C., 2004) ; sur Pontarlier, c'est au niveau des prairies de fauche (Raton V., 2004). La lutte contre la circulation du parasite doit donc y être privilégiée. On peut distribuer plus d'appâts sur ces zones ainsi que sur les prairies où l'on observe des pullulations de campagnols. On peut en effet penser que les renards viennent s'y nourrir. D'autre part, il a été montré que les renards ont tendance à prendre rapidement les appâts posés sur des tas de fumiers (Hegglin D. *et al., 20004*).

IV.1.4 Coût de la vermifugation :

La vermifugation des renards représente un coût important pour des communes telles que Pontarlier et Annemasse. Nous avons donc essayé de les réduire au maximum sans nuire à l'efficacité du traitement.

Tableau 5 : Estimation du coût pour la vermifugation des renards à la main sur Pontarlier et Annemasse

	Annemasse	Pontarlier
Coûts des appâts :		
Prix d'un appât	0.50€	0.50€
Nombre d'appâts /km^2	30	40
Coûts des appâts / km^2	15€	20€
Coût annuel des appâts (5 campagnes de traitement)/ Km2	75€	100€
Temps de travail		
Temps de distribution des appâts / km^2 (pour 1 campagne)	2 heures	2 heures
Temps de distribution annuel/ km^2 (5campagnes)	10 heures	10 heures
Estimation du coût pour Annemasse et Pontarlier		
Surface de traitement	5 km^2	7 km^2
Coûts des appâts pour toute la surface de traitement	375€	700€
Temps de distribution annuel	50 heures	70 heures
Coûts horaires de la main d'oeuvre	8,05€	8,05€
Coûts annuels de la main d'oeuvre	402,5€	563,5€
Total des coûts pour une année	777,5	1263,5
Frais de gestion (5 %)	38,87€	63,2€
Coût total	**816,37€**	**1326,7€**

Le coût minimum de la vermifugation proposée est de 816 € sur Annemasse et 1327 € sur Pontarlier (tableau 5). Ce traitement permettrait d'être efficace sur des secteurs très précis. Bien que l'on ne prenne pas en compte le coût des campagnes d'information, le prix reste très raisonnable lorsque l'on sait qu'un patient atteint de l'échinococcose nécessite 5 000 à 15 000 € par an pour se faire soigner.

IV.2 Information du public :

IV.2.1 Enquêtes

Le nombre d'enquêtes réalisées est de146 à Annemasse et de 148 à Pontarlier. La proportion de femme (53,6%) est légèrement plus élevée que celle des hommes.

Connaissance à propos de l'Echinococcose alvéolaire :
A la question : « Connaissez vous l'Echinococcose alvéolaire que l'on appelle aussi la maladie du renard ?», 135 des 294 personnes interrogées ont répondu oui (45,9 %).
On peut voir que la population de Pontarlier connaît relativement bien la maladie comparée à celle d'Annemasse (70,5 % des personnes interrogées à Pontarlier contre seulement 21,6 % à Annemasse). Lors du projet Echinorisk (2004) une étude similaire a été réalisée. Sur 500 personnes interrogées sur l'ensemble de la France, 17,6 % connaissaient la maladie. Pontarlier semble donc très informé par rapport au reste de la France. On peut comparer son taux de connaissance à celui de la Suisse ou de l'Allemagne (respectivement 69,4 % et 62,6 %).

Nous avons testé l'influence de l'âge, du sexe, de la catégorie professionnelle et de la commune dans laquelle les gens habitent sur la connaissance de l'échinococcose. Ce test a été fait grâce à un modèle linéaire généralisé.
Sur Annemasse, on voit qu'aucun de ces facteurs n'a une influence significative. Sur Pontarlier le facteur âge influence la connaissance des personnes interrogées. ($p = 7.394e-06$; $\chi^2=29.119$; dl=4) L'emploi, le sexe et la commune n'ont cependant pas d'importance dans la connaissance de la maladie (respectivement $p =0,407$, $\chi^2= 0.688$, dl=1 ; $p =0.202$, $\chi^2=1.627$, dl=1 ; $p =0.082$, $\chi^2=6,713$, dl=3).

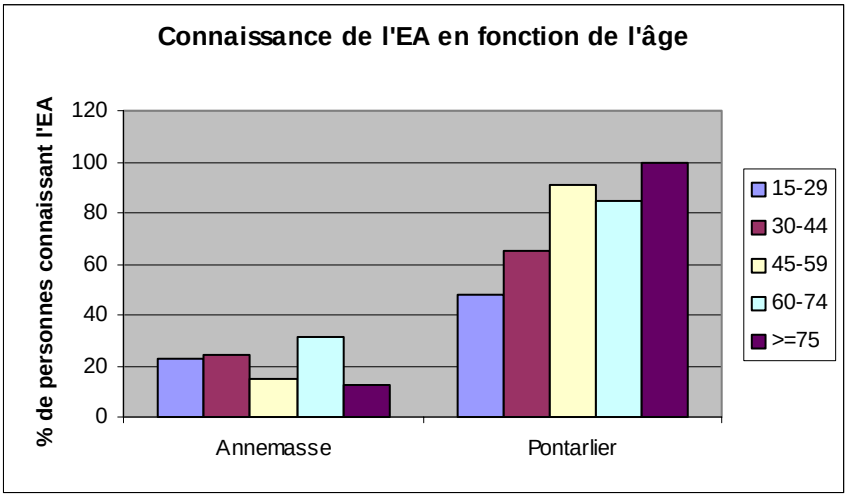


Figure 11: Conaissance de l'échincoccose alvéolaire en fonction de l'âge

D'après l'enquête, sur Pontarlier, ce sont les personnes les plus âgées qui connaissent la maladie (plus de 80% des gens de plus de 45 ans) (figure 11). A Annemasse aucune classe d'âge ne se démarque vraiment. Les personnes les plus au courant ont entre 60 et 74 ans (31,5 %) et celles qui le sont le moins ont plus de 75 ans (12,5 %), cependant seulement 8 personnes de plus de 75 ans ont été interrogées.

Les comportements à risques :

Le parasite se transmet à l'homme principalement par la nourriture (baies et pissenlits souillés ainsi que les produits du jardin) et par contact direct avec des hôtes principaux qui transportent des œufs sur leur pelage et les disséminent (principalement les carnivores domestiques). Nous avons cherché à savoir si beaucoup de personnes avaient des comportements à risque sur Annemasse et Pontarlier.

A la question :« Cueillez vous des baies sauvages ou des pissenlits ? », 50,7 % de la population d'Annemasse et 47,3% de celle de Pontarlier ont répondu oui. En général les personnes qui font cette cueillette lavent leurs aliments (Annemasse : 93%, Pontarlier : 100%) mais peu les font cuire (Annemasse : 9%, Pontarlier17,3%)

Le parasite pouvant se transmettre par les carnivores domestiques, une des questions posées est : « avez-vous des animaux domestiques et sont-ils vermifugés ? ». Il s'avère que 92,3% des chiens sont vermifugés sur Pontarlier, ils ne sont que 56,7% sur Annemasse. Cela correspond assez bien à ce que nous ont dit les vétérinaires que nous avons rencontrés. Sur Pontarlier nous avons pu interroger 3 des quatre vétérinaires de la ville, ils nous ont confirmé que tous leurs chiens et chats étaient vermifugés. Par contre à Annemasse nous avons rencontré 3 vétérinaires dont un nous a dit qu'il ne vermifugait pas tous les chiens, les autres le faisaient automatiquement mais ne connaissaient pas bien la maladie et ne savaient pas que la maladie est présente dans leur ville.

Les personnes connaissant la maladie ne prennent pas toutes des précautions. Ainsi 39,8% des Pontissaliens connaissant la maladie déclarent que cela n'a eu aucune influence sur leurs habitudes, il en est de même pour 43,7% de la population d'Annemasse. Sur les personnes qui disent avoir changé leurs habitudes, certaines conservent des comportements à risques : elles ont des potagers non clôturés, dans lesquels des renards peuvent s'introduire (sur 9 personnes qui ont un potager, seulement 4 l'ont clôturé à Annemasse et 27 sur 39 à Pontarlier), D'autres se contentent de laver leurs aliments sans les cuire, ce qui ne détruit pas le parasite (21 personnes des 29 qui font de la cueillette font cuire leurs aliments sur Pontarlier, 7 sur 9 sur Annemasse).

Les meilleurs moyens d'informations

Nous avons cherché à savoir quel serait le meilleur moyen de communication pour informer la population sur l'échinococcose. Pour cela nous avons demandé aux gens : « quel est pour vous le moyen de communication le plus efficace pour vous informer sur l'échinococcose ? »
Les résultats sont répertoriés dans le tableau suivant :

Tableau 6: les supports de communication les plus efficaces informer les gens sur l'échinococcose

	Annemasse (en nombre de personnes)	Pontarlier (en nombre de personnes)	Total (294 personnes)
Télévision	56	37	93
Article dans le journal (local, national ou gratuit)	32	52	84
Affiche dans les lieux publics et mise en place de panneaux d'information sur les lieux de promenades	15	21	36
Tracts distribués en ville ou dans les boites aux lettres	21	11	32
Ecole	8	20	28
Bouche à oreille	9	5	14
médecins	5	3	8
Réunions publiques	3	3	6
Internet	2	3	5
Radio	4	4	8

Les réponses qui reviennent le plus souvent sont la télévision, les journaux, l'information à l'aide d'affiches de panneaux et de tracts et l'information dans les écoles (tableau 6).

IV.2.2 Campagne d'Information :

A Annemasse, un pourcentage très fort de la population ne connaît pas la maladie. Il est donc indispensable, étant donné la présence du parasite dans cette ville, de mettre en place une campagne d'information susceptible de toucher l'ensemble de la population. Comme nous l'avons indiqué précédemment Les personnes interrogées nous ont parlé en priorité des supports d'informations tels que les journaux et la télévision. Cette dernière est cependant peu accessible à l'échelle de notre étude. D'autre part il semble que les articles parus dans les quotidiens n'aient pas eu l'impact attendu. Cependant, aucun n'a été publié dans la presse gratuite, ce qui aurait sûrement touché un public différent et plus vaste. Une autre possibilité est de mettre en place des panneaux dans des lieux de contamination potentielle. Ce système permettrait de mieux cibler le public sur le site et peut-être de mieux le sensibiliser. D'autre part, une stratégie en association avec les vétérinaires serait utile à Annemasse car beaucoup de chiens n'y sont pas vermifugés.

A Pontarlier la grande priorité serait d'informer les jeunes. Une campagne d'information dans les écoles permettrait de sensibiliser les enfants de manière ludique à la «maladie du renard » en insistant sur la prévention. Par exemple, le lavage des mains après avoir touché des animaux ou avoir manipulé de la terre est tout particulièrement important à signaler pour des enfants. Il faut aussi leur expliquer qu'il ne faut pas manger de baies (sauf en confiture) ou de pissenlits. A leur tour les enfants pourraient informer leurs parents.

La campagne d'information consisterait donc dans les deux villes en une information grâce aux journaux régionaux et gratuits qui se continuerait par une campagne de prévention dans les écoles de Pontarlier. Quant à Annemasse, en plus des articles, nous pensons qu'il vaut mieux commencer par toucher un public plus sensible tel que les promeneurs.

V Discussion

V.1 La méthode utilisée

Dans l'étude menée nous n'avons étudié que les deux campagnols (Arvicola terrestris et Microtus Arvalis) ainsi que le renard (*Vulpes vulpes*). Or il a été démontré qu'il existe de nombreux autres hôtes du parasite. Ainsi, en Chine on a découvert 30 espèces de petits mammifères incluant les campagnols, les souris, les hamsters, les gerbilles, les écureuils etc…, susceptibles d'être des hôtes intermédiaires. (Vuitton D. A. *et al.*, 2003). En France, il existe six espèces de campagnol chez qui on a découvert le parasite dont *Arvicola terrestris* et *Microtus Arvalis.* (Viel J. F. *et al*, 1999).Nous avons étudié celles qui interviennent le plus dans l'accomplissement du cycle parasitaire en France, si on voulait être très précis, il faudrait prendre en compte l'ensemble des hôtes du parasite. Cependant cela ne correspond pas aux objectifs de notre cartographie.

Le chat et le chien sont aussi des hôtes principaux de E. multilocularis, il serait intéressant de mener une étude sur ces animaux, en analysant leurs fèces grâce aux tests ELISA.
En effet on a retrouvé chez les chiens des pourcentages de population porteuse du parasite allant de 0, 3% à 12 % dans des régions de très forte endémie (en suisse, aux alentours de Fribourg) (Eckert J. et Deplazes P., 1999). La capacité de dissémination du parasite par les chats est quant à elle assez faible. Cela vient du fait que le ténia se développe plus lentement et produit moins d'œufs que chez d'autres animaux. Cependant une étude en France faite sur 81 chats domestiques morts ou euthanasiés a montré que trois des chats étaient infectés. (Petavy A.F. *et al*., 2000).
En France et dans beaucoup d'autres endroits en Europe, la population travaillant dans les villes habite souvent dans les zones rurales. Les animaux domestiques peuvent alors être proches, d'un côté des humains et de l'autre, d'hôtes intermédiaires infectés ; ce qui représente un risque supplémentaire. (Petavy A.F. *et al*., 2000).
En effet, ces animaux, partagent la vie des humains et peuvent donc facilement transmettre le parasite quand ils sont infectés. L'animal en faisant sa toilette dépose des œufs sur sa fourrure. Lorsque le chien lèche son maître, ou se fait caresser, il lui transmet les œufs et celui-ci risque ensuite de les ingérer.

V.2 L'analyse des données et la cartographie

<u>Le test ELISA</u>

Pour les charges inférieures à 200 E. multilocularis, la sensibilité du test ELISA est seulement de 29.4%. Or sur les 47 renards porteurs du parasite découverts grâce à la méthode de sédimentation et de comptage, 36 étaient porteurs de moins de 100 parasites. Ainsi beaucoup d'échantillons qui se sont révélés négatifs au test, sont sûrement des positifs. Il sera donc sûrement nécessaire de repasser au moins une partie de ces échantillons en PCR.

<u>La cartographie :</u>

Les lieux de promenades de la population on été définis grâce au questionnaire que nous avons effectué. M. Bourliot, (responsable du service technique à la mairie de Pontarlier) a confirmé ces zones sur Pontarlier. Cependant un grand nombre de personnes se promène en dehors de ce site, notamment dans les montagnes en périphérie. Ces personnes ainsi que leurs animaux domestiques sont donc susceptibles de se contaminer dans d'autres lieux et de ramener le parasite sur la zone d'étude. C'est une facette du risque que nous n'avons pas prise en compte. Une campagne d'information efficace peut tout de même réduire l'effet de ces promenades.

La carte représentant la présence des campagnols a été réalisée à partir des courbes d'isoprobabilité issues des surfaces de tendance et du krigeage. Or, certaines parties de la carte ne contenaient pas d'information. Nous avons dû extrapoler les données. Il serait donc nécessaire de réaliser de nouveaux transects à des endroits ou nous manquons de données.

L'information du public :
Peu de personnes connaissent la maladie sur Annemasse et beaucoup de gens peuvent encore être informés sur Pontarlier. Il ne s'agit cependant pas de créer une psychose. Il faut que les gens gardent à l'esprit que la maladie est grave mais qu'elle peut être facilement évitée. Dans un même temps il faut faire disparaître de fausses idées, potentiellement dangereuses et fortement répandues. Ainsi, il ne suffit pas de laver les fruits et légumes même avec ajout de vinaigre. Le seul moyen de détruire l'œuf est de cuire les aliments.

V.3 Méthode de réduction du risque

La méthode proposée pour diminuer le risque d'échinococcose alvéolaire se base sur la vermifugation des renards. Décrochant le ver mais n'étant pas ovicide, un grand nombre d'œufs se retrouvent relâchés d'un seul coup dans l'environnement, ce qui renforce dans un premier temps le pouvoir infectant du parasite. D'autre part on ne connaît pas les effets secondaires d'un tel déparasitage sur l'environnement que ce soit à court ou à moyen terme. (Petavy A.F. in Gottscheck D., 2002). C'est une des raisons pour lesquelles nous ne proposons pas une vermifugation de l'ensemble du site mais seulement des zones à plus haut risque de contamination. De plus cela réduit les coûts et le projet reste donc abordable pour les communes.

Les modalités de transmission de la maladie à l'homme ne sont pas bien connues. Aucune corrélation directe entre les densités de population des renards et la forme humaine de la maladie n'a pu être établie. Ainsi, en Suisse, il n'y a pas d'augmentation des cas humains malgré la forte augmentation des populations de renard. (Deplazes P. *et al*., 2002). Cependant, La recherche du parasite sur la population de Gansu en Chine a montré que 4,1% de la population humaine étudiée était atteinte par l'Echinococcose (Craig P.S. *et al*., 2000). Les personnes ayant été testées ont rempli un questionnaire. Il en ressort que la transmission du parasite à l'homme sur le territoire de Gansu se fait par les chiens chez qui on décèle une forte prévalence.
De plus la maladie étant en général diagnostiquée tardivement nous n'avons peut être pas le recul nécessaire pour savoir si les hautes prévalences du parasite en milieu urbain et l'augmentation des populations de renards ont eu une incidence sur la contamination humaine.

Ainsi on ignore s'il existe un seuil de prévalence chez les hôtes en deçà duquel, le risque de transmission du parasite à l'homme serait réellement diminué.

V.4 Perspectives

Avant toute chose il faut finir d'analyser les fèces grâce au test ELISA et si besoin, faire entrer les résultats obtenus dans la cartographie des risques. Ensuite il faudrait soumettre le plan de contrôle aux communes concernées. Si celui ci est accepté, on pourra le mettre en place et tester son efficacité. Cela permettrait ensuite d'exporter la méthode de contrôle sur d'autres villes en zones de haute endémie

VI Conclusion

L'échinococcose alvéolaire est une maladie peu connue du public, surtout en France. C'est pourtant une maladie très dangereuse voire mortelle. De nombreuses recherches ont été menées à son sujet. Elles ont permis notamment de connaître un grand nombre d'hôtes intervenant dans le cycle du parasite. De grand progrès ont aussi été fait dans le diagnostic de la maladie et son traitement. Ils restent cependant très coûteux et ne permettent pas toujours de se débarrasser du parasite.

L'étude menée a permis de confirmer la présence du parasite et de ses hôtes au sein des agglomérations d'Annemasse et de Pontarlier ce qui permet à *E. multilocularis* de réaliser son cycle dans ces villes. A partir des cartes de risque nous avons pu cibler les lieux dans lesquels il faudrait intervenir en priorité.
La méthode de réduction du risque proposée fait intervenir en priorité une campagne d'information sur la maladie mais aussi une vermifugation par voie orale des renards. Une vermifugation mensuelle des renards sur l'ensemble de la zone d'étude aurait pu être choisie. Nous avons préféré raisonner notre lutte que ce soit du point de vue des surfaces et des périodes d'actions. Cette méthode implique tout de même une action prolongée sur plusieurs années.

Le travail effectué est à l'échelle de quelques communes. La population étant très mobile, il serait intéressant d'informer les gens à une plus grande échelle. Cela permettrait de diminuer le risque de contamination pour les personnes qui se rendent en zones de haute endémie. On s'aperçoit d'ailleurs que la France est un des pays les plus touchés d'Europe et pourtant le moins bien informé.

Même s'il semble impossible de se débarrasser du parasite, nous avons cherché à maintenir le taux de contamination de l'environnement bas, principalement aux endroits où l'homme est susceptible de se contaminer. On peut tout de même penser que la véritable solution serait de trouver un traitement curatif pour l'homme.

Bibliographie

Artois M., 1989. Prédation des rongeurs par le renard roux (*vulpes vulpes*) en Lorraine. Gibier *Faune Sauvage*, 6, 279-294

Boucher J.M., Vuitton D., Cliquet F., 2001. Echinococcose alvéolaire : une zoonose en extension. Le point vétérinaire, **220,** 46-49**.**

Boyer C., 2004. Identification des zones à risque de contamination humaine par Echinococcus multilocularis, par l'étude des hôtes porteurs : renard roux (*vulpes vulpes*) et campagnol des champs et terrestre (***Microtus arvalis*** et *Arvicola terrestris*. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'agronomie approfondie, spécialisation génie de l'environnement. ENSA Rennes. 47p.

Bresson-Hadni S., Piarroux R., Bartholomot B., Miguet J. P., Mantion G., Vuitton D.A., 2005. Echinococcose alvéolaire, *EMC-Hépatho-gastroentérologie*. In press.

Chardon A.C., Thouret J.C., 1999. Cartographie de la vulnérabilité d'une population citadine face aux risques naturels : le cas de manizales. *Map monde* 4, 37-40.

Contat F., Petavy A.F., Deblock S., Euzeby J., 1983. Contribution à l'étude épidémiologique de deux types de foyers français d'Echinococcose alvéolaire*. Sci, Vet Med Comp.* 85 (2).

Contesse P., Hegglin D., Gloor S., Bontadina F., Deplazes P., 2004. The diet of urban foxes (vulpes vulpes) and the availability of anthropogénic food in the city of Zurich, Switzerland. *Mammalian Biology*, **69**, 81-95.

Craig P. S., Giraudoux P., Shi D., Bartholomot B., Barnish G., Delattre P., Quere J. P., Harraga S., Bao G., Wang Y., *et al.,* 2000. An epidemiological and ecological study of human alveolar echinococcosis transmission in south Gansu, China, *Acta Tropica***, 77**, 167-177.

Delattre P., Duplantier J.M., Fichet-Calvet E., Giraudoux P. et le Réseau « Population –Paysages » et centre collaborateur pour la prévention et le traitement des échinococcoses humaines, 1998. Pullulation de rongeurs, agriculture et santé publique. *Cahiers Agricultures*, 7, 285-98

Delattre P., Giraudoux P., Baudry J., Quéré J.P., Fichet E., 1996. Effect of landscape structure on Common Vole (*Microtus Arvalis*) distribution and abundance at several space scales. *Landscape Ecology*, 11, (5), 279-288.

Delattre P., Giraudoux P., Pascal M., 1991. L'échinococcose alvéolaire, *La Recherche.* 22, (230), 294-303.

Delattre P., Pascal M., Damange J. P., 1985. Vers une stratégie d'étude épidémiologique de l'échinococcose alvéolaire. A propos de cas d'infestation observés chez *Microtus arvalis* (P.) dans le Doubs (France). *Ann. Parasitol. Hum. Comp*., 60 (4), 1-17.

Delattre P., Pascal M., Le Pesteur M.H., Giraudoux, P., et Damange, J-P., 1988. Caractéristiques écologiques et épidémiologiques de l'Echinococcus multilocularis au cours d'un cycle complet des populations d'un hôte intermédiaire (Microtus arvalis). *Canadian journal of Zoology*, 66, 2740-2750.

Deplazes P., Gloor S., Stieger C., Hegglin D., Urban transmission of *Echinococcus multilocularis*. In: Craig P., Pawlowski Z., 2002. Cestode Zoonoses: Echinococcosis and Cysticercosis; 2002: IOS Press, Amsterdam, Netherlands; 287-297.

Deplazes P., Hegglin D,. Gloor S., Roming T., 2004. Wilderness in the city : urbanization of *Echinococcus multilocularis*. *TRENDS in Parasitology*, **20.**

Eckert J., 2003. Predictive values and quality control of techniques for the diagnosis of *Echinococcus multilocularis* in definitive hosts. *Acta Tropica*, **85**, 157-163.

Eckert J., Deplazes P., 1999. Alveolar Echinococcosis in Humans : the current situation in central Europe and the need for countermeasures. *Parasitolol. Today* **15**, 315-319.

Eckert J., Gemmell M. A., Meslin F.X., Pawlowski Z.S., 2001. WHOE/OIE Manual on echinococcosis in humans and animals: a pulic health problem of global concern. Office International des Epizooties and World Health Organization, Paris, 265p.

Eckert, J., Conraths, F.J., Tackmann, K., 2000. Echinococcosis: an emerging or re-emerging zoonosis. Int. *J. Parasitol*. 30, 1283-1294.

Giraudoux P., Pradier B., Delattre P., Deblay S., Salvi D., Defaut R., 1995. Estimation of water Vole abundance by using surface indices. *Acta theriologica,* **40** (1), 77-96.

Gloor S., Bontadina F., Hegglin D., Deplazes P., Breitenmoser U., 2001. The rise of urban fox populations in Switzerland. *Mammalian Biology*, **66**, 155-164.

Gottscheck D., 2002. Echinococcose alvéolaire: recherche et propositions de moyens de contrôle sur le terrain. Mémoire de fin d'études. E.S.I.T.P.A Rouen. 56 p.

Harris S., Rayner J.M.V., 1986. A Discriminant analysis of the current distribution of urban fox (Vulpes Vulpes) in Britain. *J. Anim. Ecol*. **55,** 605-611.

Hegglin D., Bontadina F., Gloor S., Deplazes P., Müller U., Breitenmoser U., Deplazes P., 2004. Baiting red foxes in urban area: a camera trap study. *Journal of wildlife management*, **68** (4): 1010-1017.

Hegglin D., Ward P I., 2003 Anthelmintic baiting of foxes against urban contamination with *Echinococcus multilocularis*. Emerg. Infect. Dis. **9**,1266–1272.

Hoffer 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 zürich, Switzerland, *Parasitology*, **120**, 135-142.

Laforge M.L., Gilot B., Doche B., Deblock., Pétavy A.F., 1992. Urbanisation et populations de microtides dans le foyer Haut-Savoyard d'échinococcose alvéolaire (Alpes françaises du Nord) : l'exemple de la Roche-sur-Foron, Revue suisse Zool., **99**, 377-394.

Meia J.S., 2003. Le renard. Delachaux et Niestlé, 180 p.

Meylan A., 1977. Le campagnol terrestre. *Arvicola terrestris* (L) : biologie de la forme fouisseuse et méthodes de lutte. Revue suisse agricole, 8 (4), 178-187.

Pascal M., 1998. Lutte chimique, campagnol terrestre, bavures et états d'âmes : mise au point. *Le courrier de l'environnement.* **35**.

Petavy A. F., Tenora F., Deblock S., Sergent V., 1999. Echinococcus multilocularis in domestic cats in France . Apotential risk factor for alveolar hydatid disease contamination in humans. *veterinary parasitology***, 87,** 151-156.

Petavy A.F., Deblock S., Contat F., Gilot B., 1985. Le renard et ses helminthes en France, Revue Ecologique (Terre et Vie), 40, 231-238.

Quality of life and management of living resources programme (1998-2002), (EchinoRisk). Final report. 2004.

Quéré J.P., Raoul F., Giraudoux P., Delattre P., 2000, An index method of estimating relative population densities of the common vole (*Microtus arvalis*) at landscape scale, *Rev. Ecol*, 55, 25-32.

Raoul F., Michelat D., Ordinaire M., Décoté Y., Aubert M., Delattre P., Deplazes P., Giraudoux P., 2003. *Echinococcus multilocularis* : secondary poisoning of fox population during a vole outbreak reduces environmental contamination in a high endemicity area. *Int. J. Parasitolol*, **33**, 945-954.

Raton V, 2004, L'échinococcose alvéolaire en milieu urbain : Mise en place d'une étude épidémiologique sur Pontarlier. **Isara**lyon, 78p.

Raucsh R.L., Wilson J.F., Schantz P.M., 1990. A programme to reduce the risk of infection by *Echinococcus multilocularis*: the use of praziquantel to control the metacestode in a village in the hyperendemic region of Alaska. Annals of Tropical Medecine and Parasitology, 84 (3), 239-250.

Reperant L.A., 2005. Ecologie parasitaire d'*Echinococcus multilocularis* et autres helminthes du système renard roux-rongeurs en milieu urbain et péri-urbain : implications zoonotiques dans le canton de Genève, Suisse. Thèse pour obtenir le grade de docteur vétérinaire, Université Claude Bernard Lyon I, 103 pages

Richomme C., 2002. Etude du renard roux, *vulpes vulpes* dans la ville de Nantes : régime alimentaire et helminthologie intestinale. Faculté de médecine de Nantes. 89p.

Romig T., Spread of *Echinococcus multilocularis* in Europe? In Craig P., Pawlowski Z., 2002. Cestode Zoonoses : Echinococcosis and Cysticercosis. IOS Press, Amsterdam, Netherlands. 65-80.

Schelling U., Franck W., Will R., Romig T., Lucius R., 1997. Chemotherapy with praziquentel has the potential to reduce the prevalence of Echinococcus multilocularis in wild foxes (*Vulpes vulpes*). Annals of Tropical Medecine and Parasitology, 91 (2), 179-186.

Sigaud F., 2003. L'échinococcose alvéolaire en milieu urbain : définition d'une stratégie d'étude au travers de l'exemple de l'agglomération d'Annemasse. Thèse pour obtenir le grade de docteur vétérinaire, Université Claude Bernard Lyon I, 107p.

Stieger C., Hegglin D., Schwarzenbach S., Mathis A., Deplazes P., 2002. Spatial and temporal aspects of urban transmission of *Echinococcus multilocularis*. *Parasitology* **124**, 631-640.

Tackmann K., Löschner U., Mix H., Staubach C., Thulke H., Ziller M., Conraths F.J., 2001. A field study to control *Echinococcus multilocularis* infections of the red fox (*Vulpes vulpes*) in an endemic focus. Epidem. Infect., 127, 577-587.

Thevenot C., 2003. L'entente interdépartementale de lutte contre la rage et les autres zoonoses : son histoire, ses actions. Thèse pour le doctorat vétérinaire. Faculté de médecine de créteil. 147p.

Thomson P.C., Marlow N.J., Rose K., Kok N.E., 2000. The effectiveness of a large scale baiting campaign and an evaluation of a buffer zone strategy for fox control. Wildlife Research, 27, 465-472.

Tsukada H., Hamazaki K., Ganzorig S., Iwaki T., Konno K., Lapaga J.T., 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 distribued around fox breeding dens in Hokkaido, Japan. Parasitology, 125, 119-129.

Veit P., Bilger B., Schad V., Schäfer J., Franck W., Lucius R., 1995. Influence of environmental factors on the infectivity of *Echinococcus multilocularis* eggs, *parasitology*, **110**, 79-86.

Viel J. F., Giraudoux P, Abrial V., Bresson-Hadni S., 1999. Water Vole (*Arvicola Terrestris* Schermann) density as risk factor for human alveolar échinococcosis, *The American Society of Tropical Medecine and Hygiene*, **61,** (4), 559- 565.

Vuitton D.A, Bresson-Hadni S., Liance M., Meyer J.P., Giraudoux P., Lenys D., 1990. L'échinococcose alvéolaire humaine. Hasard épidémiologique ou fatalité immunologique. *Gastroenterol Clin Biol*, 124-130

Vuitton, D. A., Zhou H., Bresson-hadni S., Wang Q., Piarroux M., Raoul F., Giraudoux P., 2003. Epidemiology of alveolar echinococcosis with particular references to China and Europe, *Parasitology*, **127**, 87–107.

Site internet :
Registre européen de l'échinococcose alvéolaire. http://www.eurechinoreg.org

Liste des tableaux

Tableaux 1: récapitulatif des actions de contrôle d'E.multilocularis menées par vermifugation .....

Tableau 2: récapitulatif des données sur les renards piégés et suivis sur Annemasse. .....

Tableau 3: récapitulatif des données sur les renards piégés et suivis sur Pontarlier .....

Tableau 4 : comparaison des fréquences de présence/absence des deux espèces de campagnols sur Annemasse et Pontarlier. .....

Tableau 5 : Estimation du coût pour la vermifugation des renards à la main sur Pontarlier et Annemasse.....

Tableau 6: les supports de communication les plus efficaces informer les gens sur l'échinococcose...

Liste des figures

Figure 1 : évolution de l'aire de répartition du parasite en Europe entre 1990 et 1999 .....

Figure 2: Cycle du parasite *Echinococcus multilocularis* .....

Figure 3 : carte de présence d'Arvicola terrestris (droite) et Microtus Arvalis (gauche) sur la commune de Pontarlier, à partir des probabilités de présence .....

Figure 4 : carte de présence d'Arvicola terrestris (gauche) et Microtus Arvalis (droite) sur la commune d'Annemasse à partir des probabilités de présence .....

Figure 5 : variogrammes (Pontarlier) .....

Figure 6 : variogrammes (Annemasse) .....

Figure 7 : Classification des sites de fréquentation humaine d'Annemasse et de Pontarlier .....

Figure 8 : Cartographie des risques de contamination pour l'homme par *E. multilocularis* sur la commune de Pontarlier.....

Figure 9 : Cartographie des risques de contamination pour l'homme par *E. multilocularis* sur la commune d'Annemasse .....

Figure 10: Périodes de traitement corrélées à la biologie des espèces participant au cycle du parasite.....

Figure 11: Conaissance de l'échincoccose alvéolaire en fonction de l'âge .....

Annexes

Annexe 1 : présentation des sites d'études

Annexe 3 : protocole du test ELISA.

Annexe 4 : fiche servant au suivi des renards

Annexe 5 : fiche utilisée pour les transects campagnols

Annexe 6: présentation du questionnaire

Annexe 7 : localisation des données relatives aux renards (suivis, fèces et comptages)

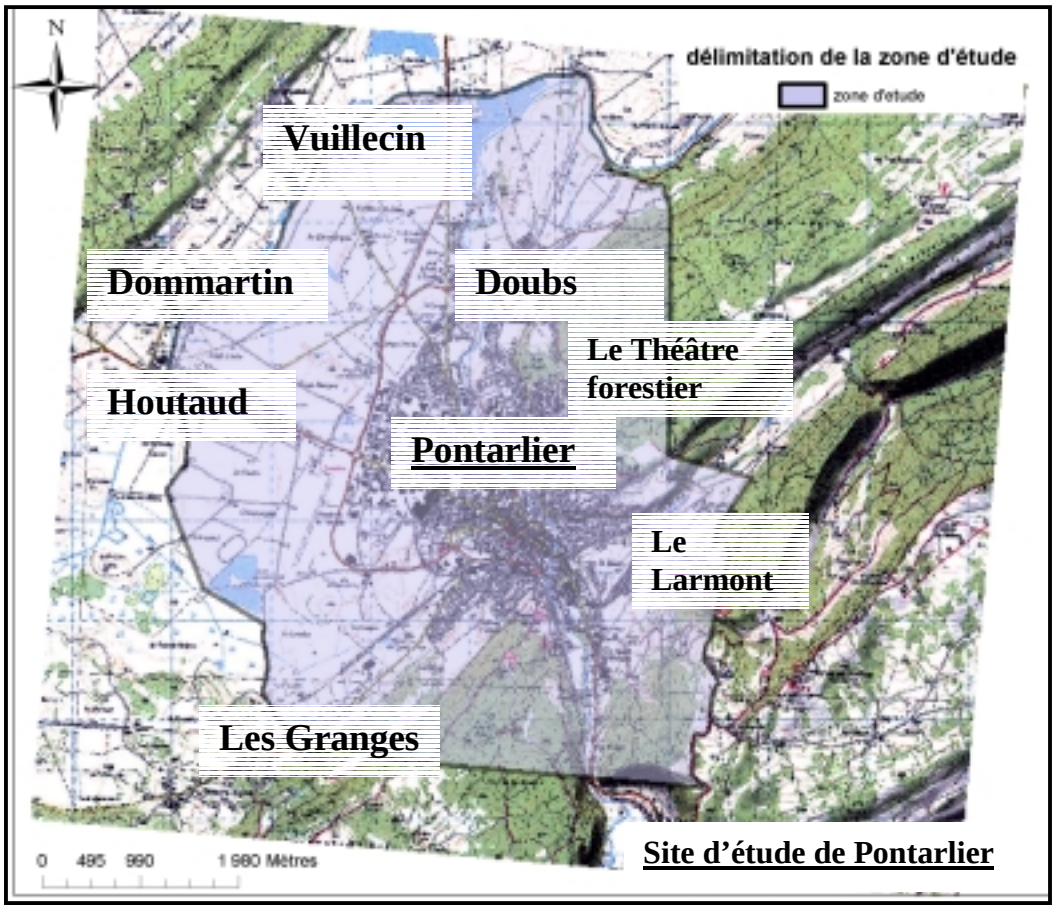
Annexe n°8 : localisation des transects réalisés

Annexe 9 : estimation de la présence des campagnols sur Pontarlier

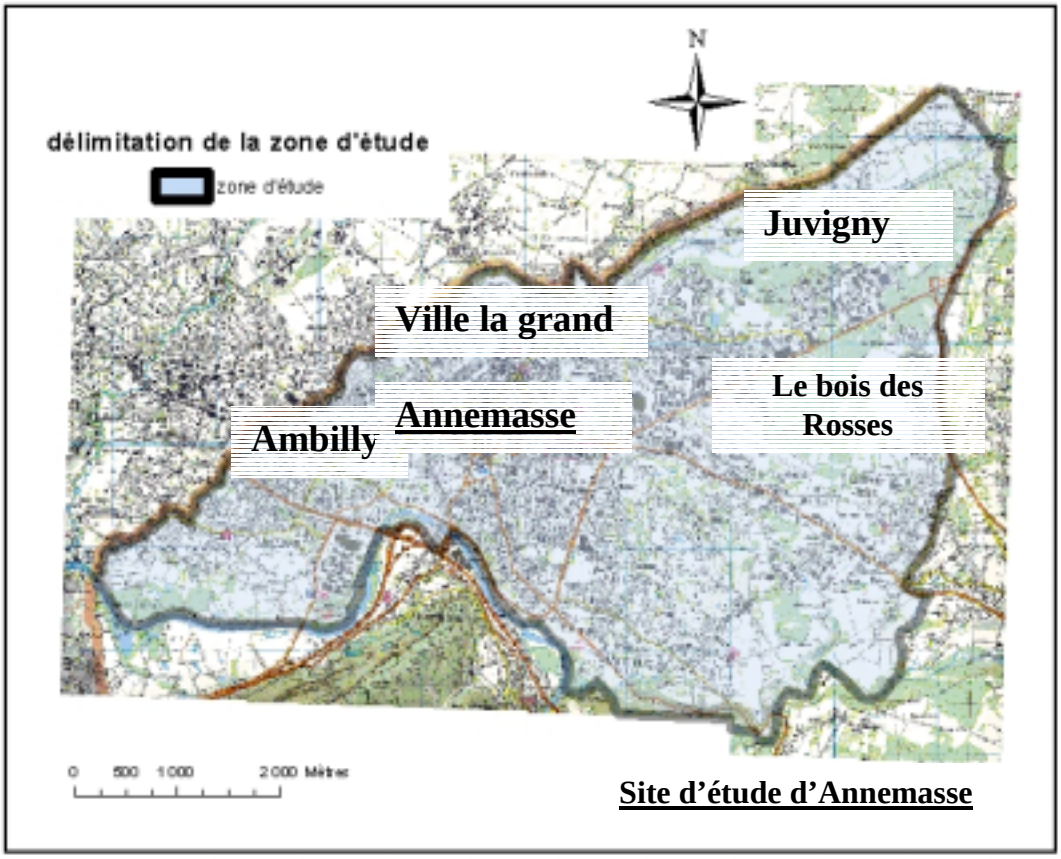
Annexe 10 : estimation de la présence des campagnols sur Annemasse

Annexe 11 : résultats des tests ELISA

Annexe 1 : présentation des sites d'études



Site d'étude de Pontarlier



Site d'étude d'Annemasse

Annexe 2 : tableau utilisé lors du ramassage des fèces

						UTM*1000		
N°	DATE	COMMUNE	HABITAT	STRUCTURE	FRAIS	X	Y	REM

Annexe 3 : Protocole du test ELISA.

ECHINOTEST

Résumé du protocole

Avant la première mise en œuvre du test, il est vivement recommandé de lire l'ensemble du mode opératoire.

1	**Préparation des réactifs**	Equilibrer à leur température optimale le nombre de microplaques et les quantités adéquates de réactifs que l'on désire utiliser. Préparer le volume nécessaire de solution de lavage et de dilution à partir du liquide CHEKIT-10x-concentré. Préparer le volume nécessaire de solution de dilution des échantillons à partir de la solution 10x concentrée		
2	**Préparation des échantillons**	Diluer les échantillons de selles au **1:4** (g:ml) avec la solution de dilution des échantillons (p.ex. **1 gramme de selles + 3 ml de solution de dilution des échantillons** préparée selon A.4). Homogénéiser la suspension en basculant la tube préalablement bouché avec une feuille de paraffine pendant 15 minutes ou en agitant la tube 3 à 5 fois utilisant un agitateur. Centrifuger les échantillons de selles ainsi dilués durant 10 minutes à 3000 g et prélever le surnageant. Ce surnageant peut être conservé à -20°C pour une analyse ultérieure.		
3	**Dilution des échantillons et des témoins**	Distribuer 90 µl de solution de dilution des échantillons (préparée selon A.4) dans chaque cupule prévue pour les échantillons et les contrôles. Ajouter 10 µl d'échantillons (surnageants préparés selon A.5) ou de contrôle dans les cupules respectives. Dilution finale = **1:10**. Agiter brièvement la microplaque pour homogénéiser les échantillons (l'utilisation d'un agitateur de microplaque est recommandé).		
4	**Incubation des échantillons**	Couvrir la microplaque et incuber pendant 90 minutes en chambre humide à température ambiante (+18°C à +25°C)		
5	**Lavage**	**6** x 300 µl de solution lavage CHEKIT.		
6	**Distribution du conjugué**	Distribuer 100 µl de conjugué CHEKIT-Anti-Echinococcus prêt à l'emploi, non dilué, dans chaque cupule.		
7	**Incubation du conjugué**	Couvrir la microplaque et incuber pendant 90 minutes en chambre humide à température ambiante (+18°C à +25°C)		
8	**Lavage**	**6** x 300 µl de solution lavage CHEKIT.		
9	**Distribution du substrat**	100 µl de solution de substrat CHEKIT-TMB		
10	**Incubation du substrat**	15 minutes (± 5 minutes).		
11	**Arrêt de la réaction colorimétrique**	Distribuer 100 µl de solution d'arrêt CHEKIT-TMB dans chaque cupule		
12	**Interprétation**	< 30 %	30% – 40 %	> 40 %
		négatif	douteux	positif

Bommeli DIAGNOSTICS

Dr. Bommeli AG
Stationsstrasse 12 CH-3097 Liebefeld-Bern
Tel. +41 31 970 62 60 Fax +41 31 970 62 79 • bommeli.com

IDEXX LABORATORIES

IDEXX Laboratories B.V., Koolhovenlaan 20,
1119 NE Schiphol-Rijk, Nederland
Tel. 00800 72743399 • +31 206552300
Fax. 00800 4339 9329 • +31 206552333 • idexx.com
© 2005 IDEXX Laboratories, Inc. All rights reserved

Annexe 4 : Fiche servant au suivi des renards

			Lambert II étendu					
POINTAGE	DATE	HEURE	X	Y	ACTIVITE	SITES	METEO	REMARQUE

Annexe 5 : Fiche utilisée pour les transects campagnols

Date : Place : Length (map) :

UTM coordinates Tile : North/South : East/West :

Form number

Mat.	Parcels	Dist		Mat.	Parcels	Dist	

Remarks

© Réseau Populations et paysage

Annexe 6: Présentation du questionnaire

Secteur professionnel ?
Age ?
Lieu de résidence ?

- **connaissance de la maladie**

Est ce que vous connaissez l'échinococcose alvéolaire ?

Si oui comment avez-vous connu la maladie ?

Est ce que la connaissance de la maladie a eu des conséquences sur vos habitudes ?

- **Connaître les lieux de fréquentation de la population**

Quels lieux de promenade fréquentez vous (parc urbain, prairie, chemin de randonnée…) ?

Avec quelle fréquence ?

- **Connaître les habitudes de la population**

Est ce qu'il vous arrive de cueillir des aliments (baies, pissenlits,…) ?

Possédez-vous un potager ? Est-il clôturé ?
Ou mangez-vous des aliments provenant d'un potager d'amis ou de parents?

Comment consommez vous ces aliments ? (Lavage, cuisson, prise en hauteur, dégustation sur place)

- **Possession d'un animal domestique**

Possédez vous un animal domestique (chien ou chat) ?
Si oui, est ce que vous le vermifugez régulièrement?

- **Information sur les renards**

Est ce que vous avez déjà vu des renards? Si oui où ? Connaissance de terrier ?
Est ce que vous pensez qu'il y en a près des villes ?

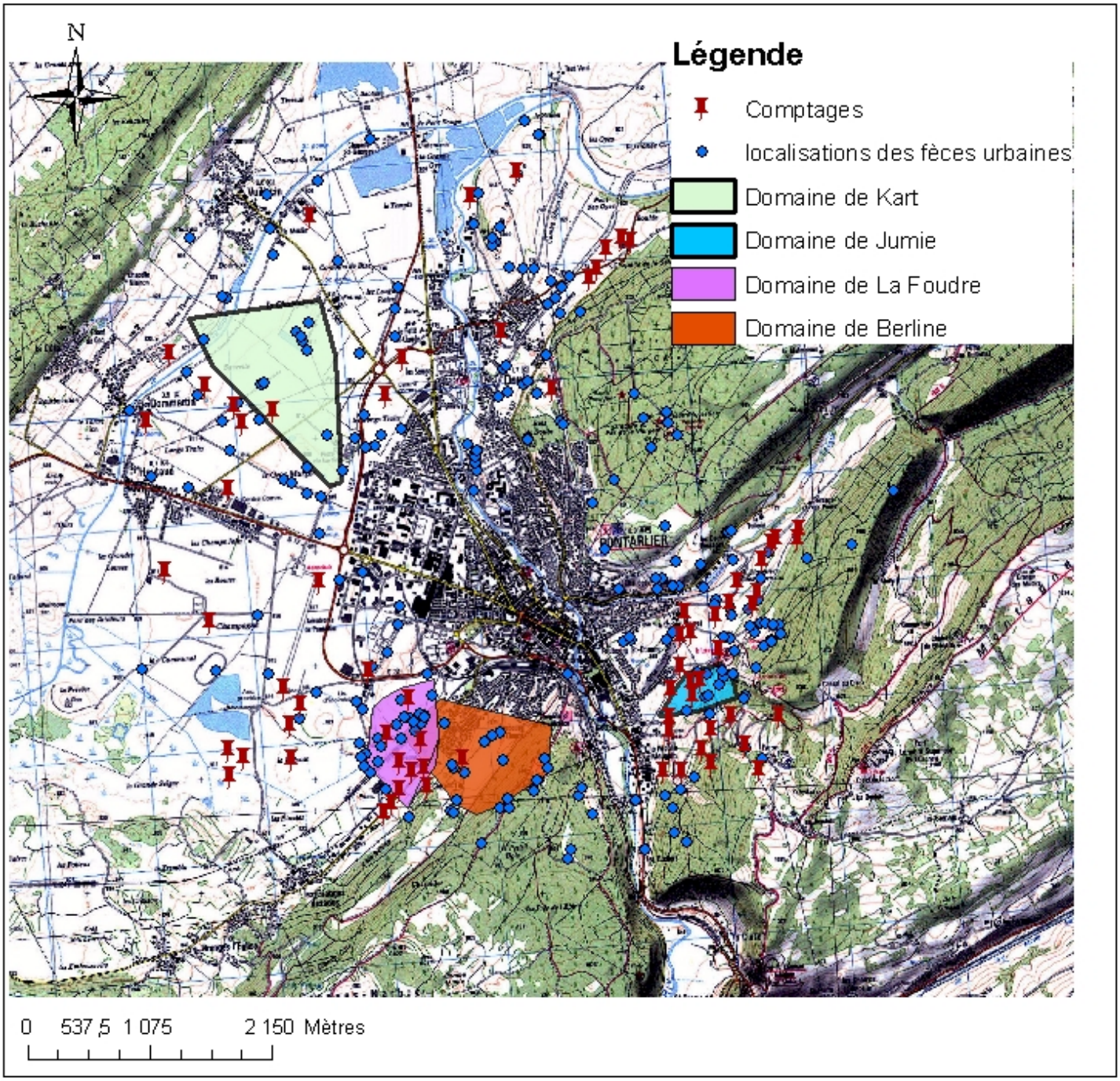
Qu'est ce que vous pensez des renards ? Nuisible, attachant, indifférent ?

- **Mise en place d'une campagne d'information**

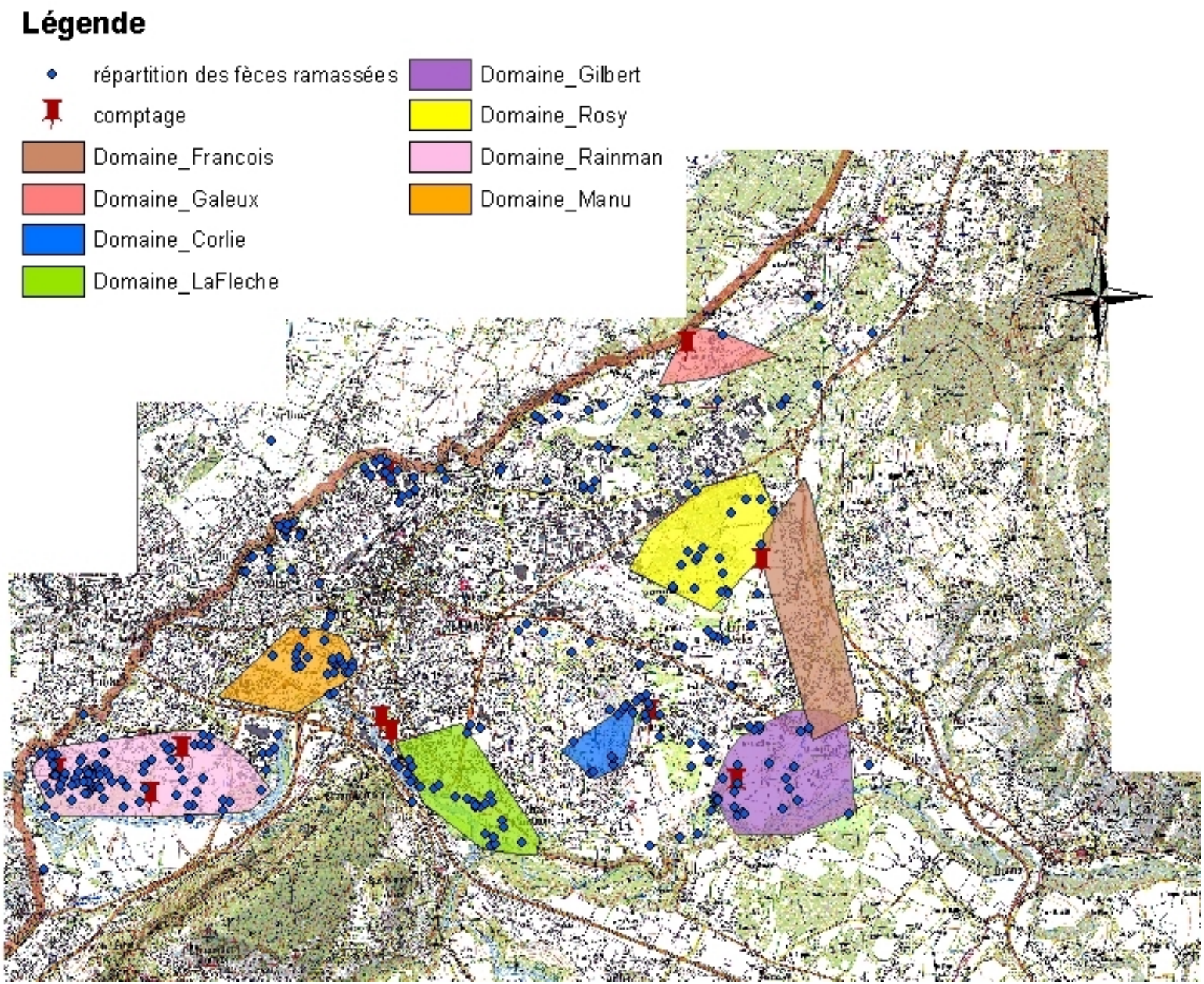
Nous devons mettre en place une campagne d'information, quel serait le support d'information qui vous toucherait le plus ?

Annexe 7 : localisation des données relatives aux renards (suivis, fèces et comptages)

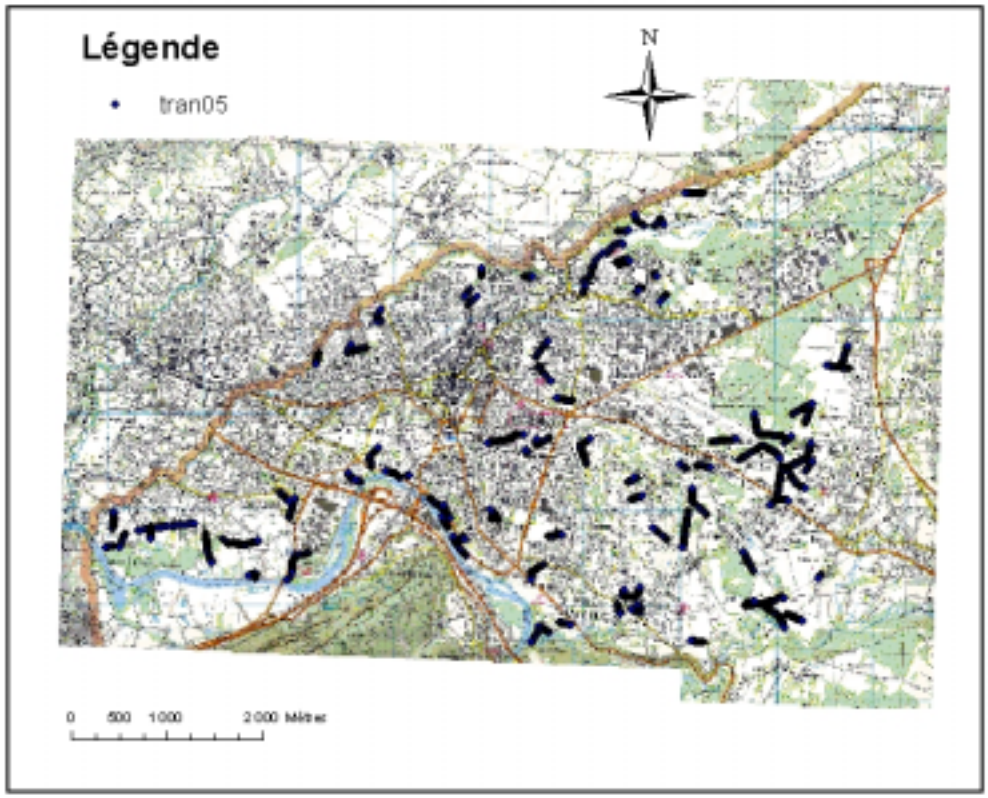
Site de Pontarlier :

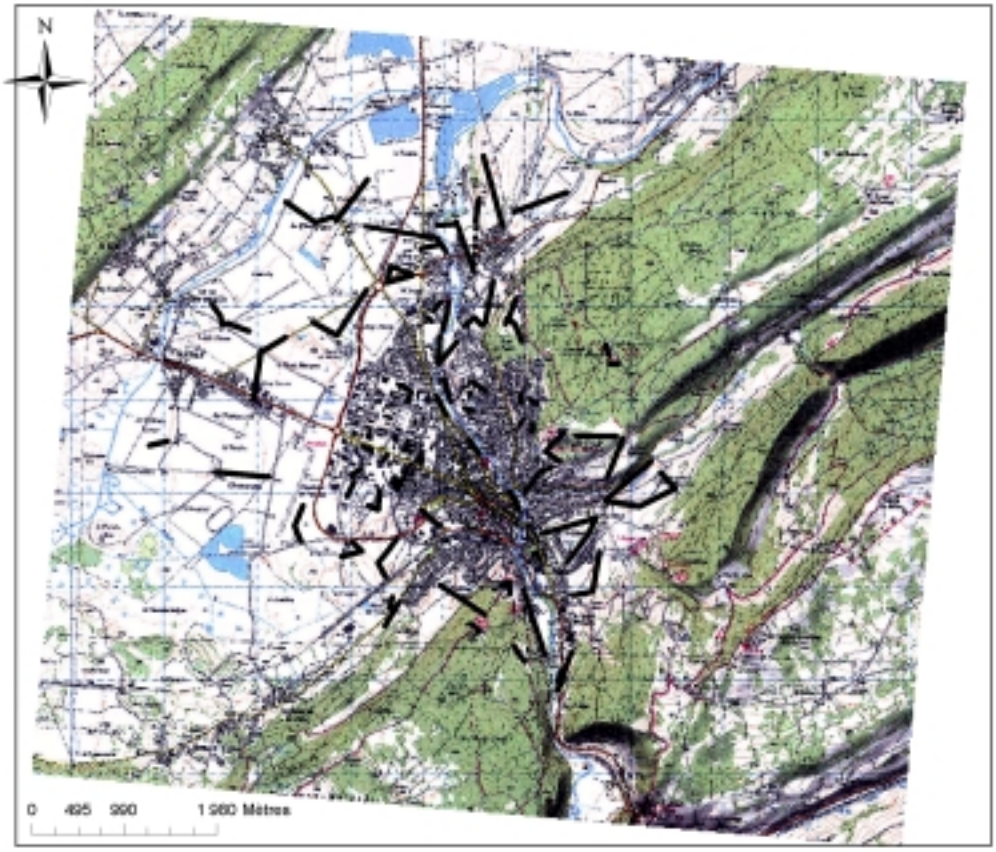


Site d'Annemasse :

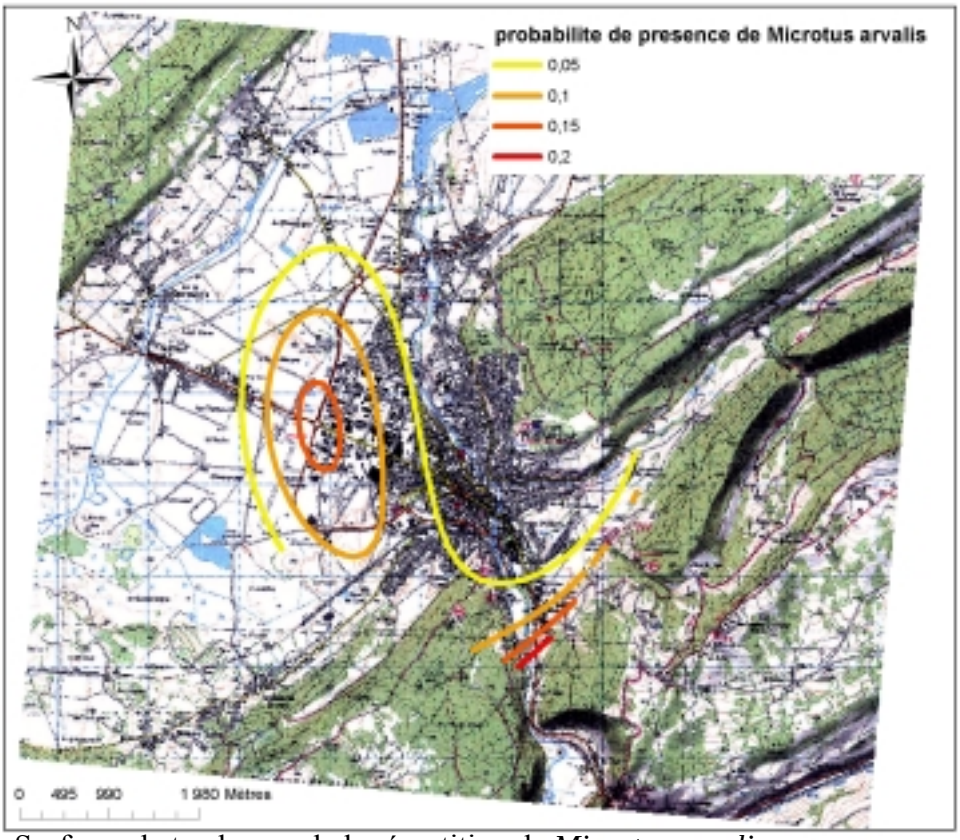


Annexe n°8 : localisation des transects réalisés

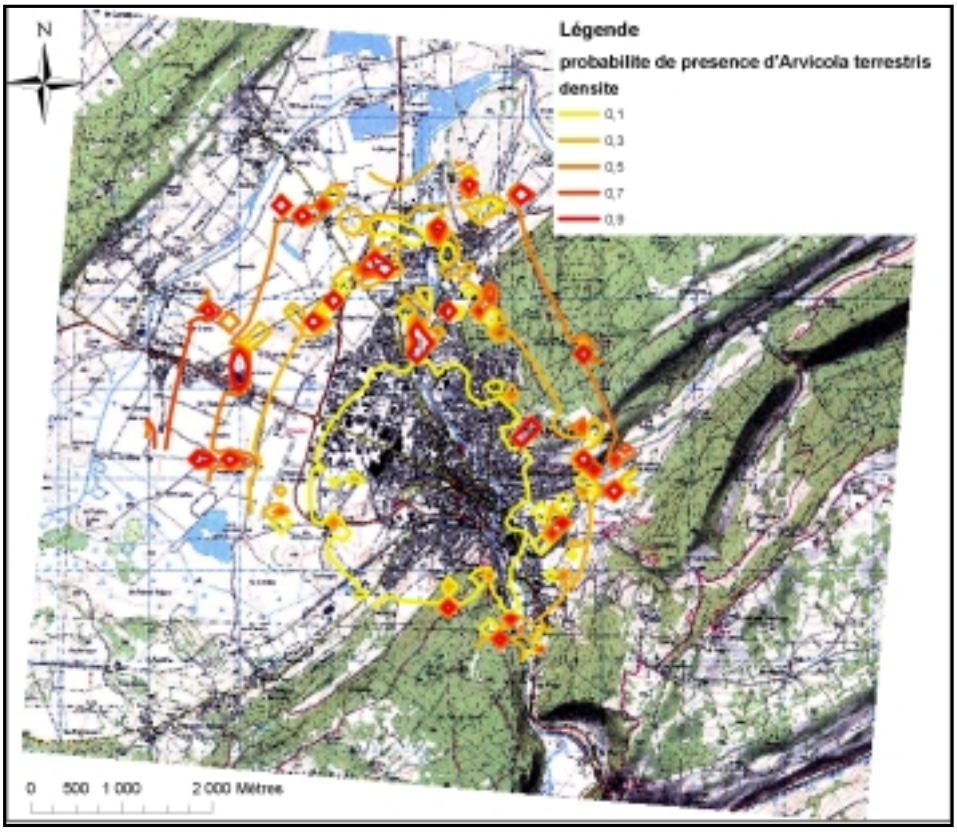




Annexe 9 : estimation de la présence des campagnols sur Pontarlier

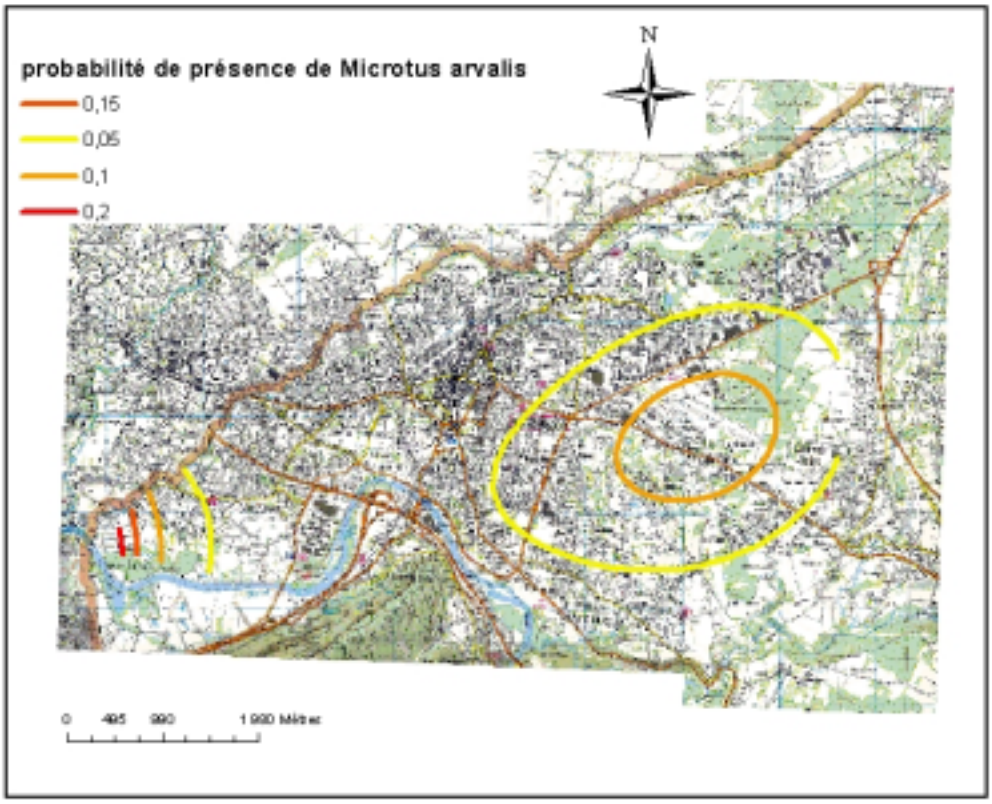


Surfaces de tendances de la répartition de *Microtus arvalis*

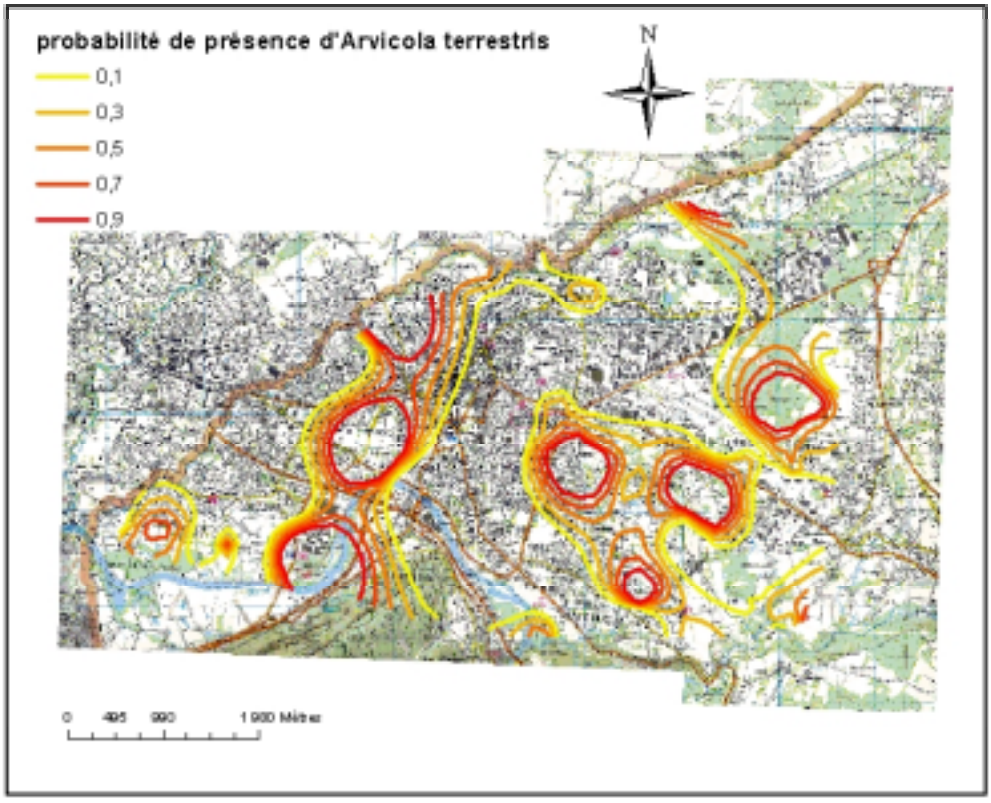


Estimation des zones de présence de Arvicola terrestris grâce au krigeage

Annexe 10 : estimation de la présence des campagnols sur Annemasse



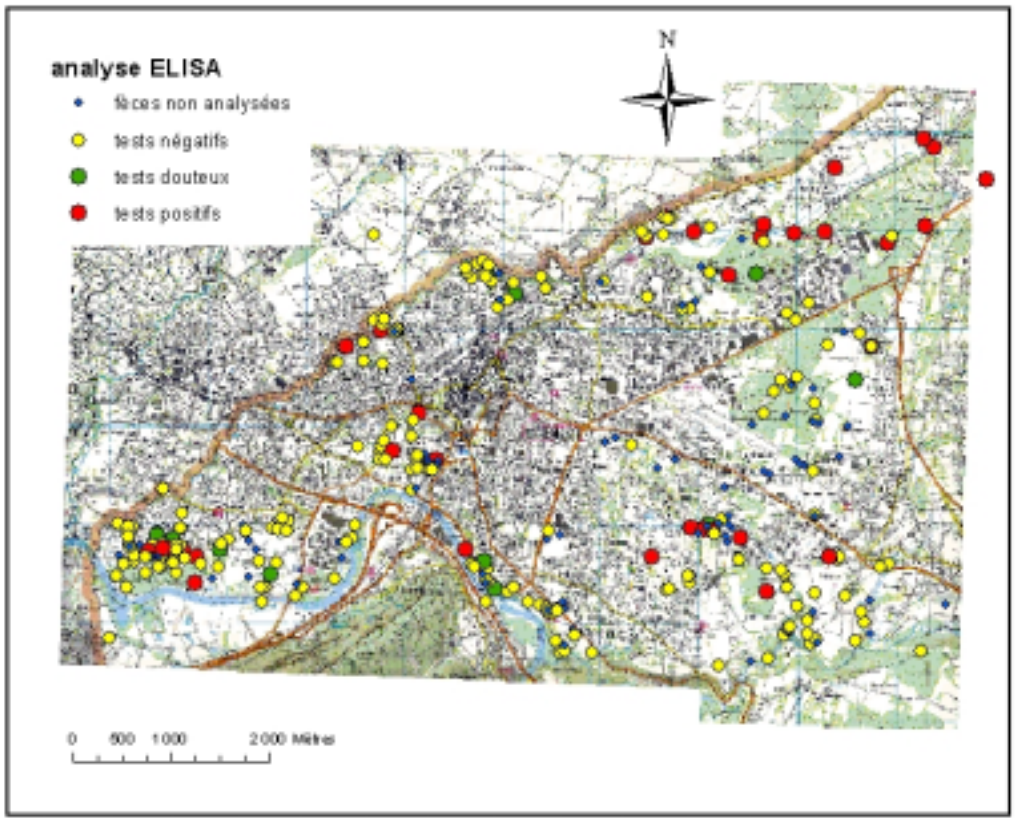
Surfaces de tendances de la répartition de *Microtus arvalis*



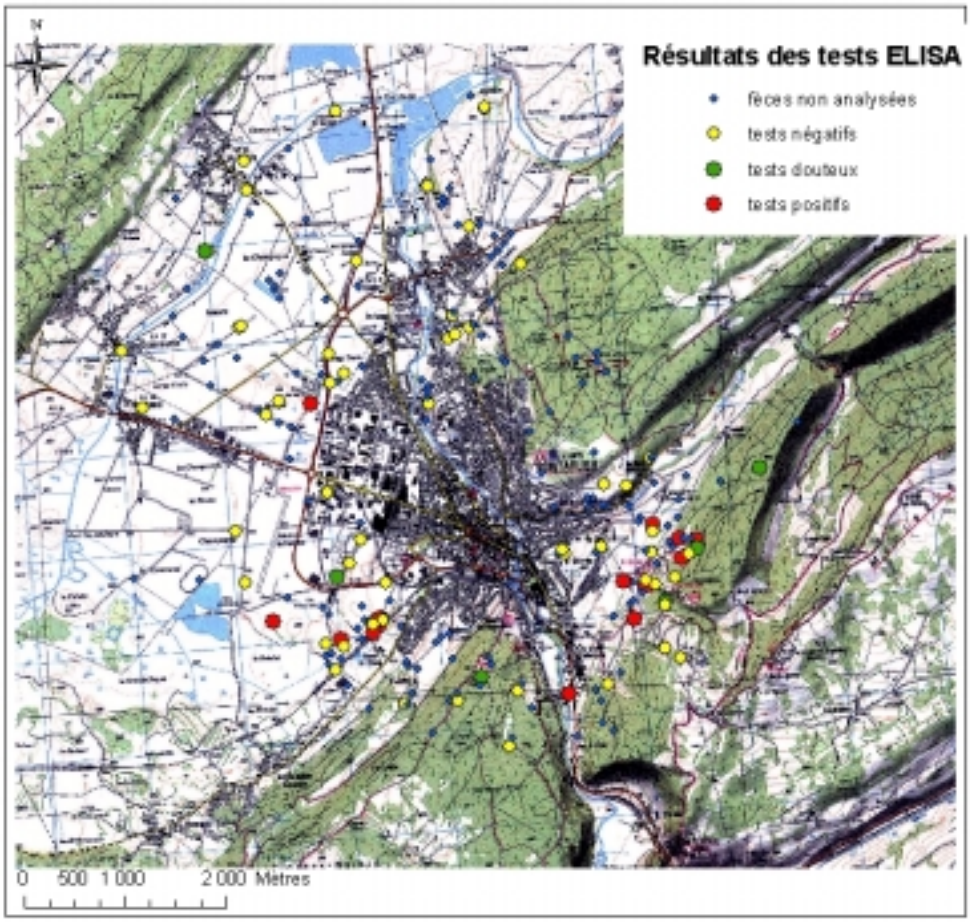
Estimation des zones de présence de Arvicola terrestris grace au krigeage

Annexe 11 : résultats des test ELISA

Annemasse:



Pontarlier :



Spécialisation : Génie de l'Environnement

Option : Présevation et aménagement des milieux - écologie quantitative.

Enseignant Responsable de l'option :
M. Didier Le Coeur.....

Cadre réservé à la Bibliothèque Centrale

Auteur: Emeline Crouzil

Organisme d'accueil : : Entente interdépartementale de lutte contre la Rage et les autres Zoonoses (ERZ)

Adresse :

Domaine de Pixéricourt/ BP 43/ 54220 MALZEVILLE

Nombre de pages : annexe(s) :

Année de soutenance :

Responsable scientifique (maître de stage) :
Benoît COMBES

Enseignant responsable du stage : Manuel Plantegenest

Titre : ELABORATION ET PROPOSITION D'UN PLAN DE DIMINUTION DU RISQUE DE CONTAMINATION HUMAINE PAR ECHINOCOCCUS MULTILOCULARIS SUR DEUX COMMUNES EN ZONE D'ENDEMIE : Annemasse (74) et Pontarlier (25)

Résumé : L'échinococcose alvéolaire est une maladie due au stade larvaire du cestode Echinococcus multilocularis. En Europe le cycle naturel de *E. multilocularis* a, la plupart du temps, le renard roux (Vulpes vulpes) comme hôte principal et un rongeur pour hôte intermédiaire. Depuis quelques années on observe une augmentation des populations de renards en milieu urbain, permettant au parasite de réaliser son cycle à l'intérieur de la ville. Cette proximité pourrait représenter un risque accru pour les populations humaines.
L'objectif de l'étude est d'identifier les zones à risques de transmission du parasite a Annemasse (74) et Pontarlier (25) puis d'établir sur ces zones un plan de diminution du risque. La cartographie des risques a été établie à partir d'un suivi de renards par radio-pistage et de l'analyse des fèces de renards sur la zone d'étude. Pour établir la cartographie nous avons suivi des renards par radiopistage et recherché le parasite dans leurs fèces grâce au test ELISA (Bommeli diagnostic). Les populations de campagnols ont été évaluées grâce à des indices de présence.
Une enquête publique montre que la maladie est peu connue sur les territoires étudiés alors que le parasite est présent dans les deux villes. La carte permet de déterminer des zones où le risque de transmission du parasite est élevé. C'est sur ces zones qu'une vermifugation des renards au praziquantel ainsi qu'une campagne d'information de la population ont été proposées.

Abstract : Aveolar echincoccosis is caused by the larva of the cestode *Echinococcus multocularis*. In European countries, it is typically perpetuated in a cycle with red foxes (Vulpes vulpes) as definitive hosts and rodents as intermediate hosts. In recent years, a distinct increase of the red fox was observed in urban area and allows an urban parasite cycle. The presence of foxes in close neighbourhood of people increased the risk for alveolar echinococcosis.
The aim of this paper is to identify high risk areas in Annemasse and Pontarlier and to propose control measures focused on these areas.
In order to built the risk map, faecal samples of foxes were collected and investigated by a coproantigen ELISA. We studied fox by radiotracking and voles abundance (Arvicola terrestris and Microtus arvalis) by using surface indices.
A public survey was used to know Human's knowledge about Alveolar echinococcosis.
The parasite is present in the two towns. A cartography of the risk zones was built and we proposed to bait foxes on very high risk areas. In the same time, it's important to do an information campaign.

Mots clés : *Echinococcus multilocularis, Vulpes vulpes, Microtus arvalis, Arvicola terrestris,* vermifugation, cartographie des risques.

Diffusion
non limitée

Diffusion du mémoire

Préciser les limites de la confidentialité (1) :

Confidentialité absolue : non

Résumé diffusable : non

Consultation : ❑sur place ❑reproduction ❑prêt

durée de la confidentialité :

Personne et/ou organisme à contacter :

Nom : Benoît COMBES

Adresse : Entente interdépartementale de lutte contre la Rage et les autres Zoonoses (ERZ)

Domaine de Pixéricourt/ BP 43/ 54220 MALZEVILLE

Tél. : 03 83 29 07 79 fax : 03 83 20 93 28

Le Responsable Scientifique (signature) : L'auteur (signature) :

Les membres du Jury:

Benoît Combes, directeur de l'ERZ

Manuel Plantegenest : Enseignent responsable du stage, Agrocampus Rennes

Jacques Haury : Président du Jury, Agrocampus Rennes

Alain. Butet : Membre extérieur du Jury, Université de Rennes 1

(1) L'administration et les différents documentations de l'ENSAR s'engagent à respecter cette éventuelle confidentialité.