

Université de Montréal

PRÉVENTION DE LA MALADIE DE LYME :
FACTEURS SOCIAUX ET PRIORISATION DES INTERVENTIONS

Par Cécile Aenishaenslin

Département de pathologie et microbiologie
Faculté de médecine vétérinaire

Thèse présentée à la Faculté de médecine vétérinaire
en vue de l'obtention du grade de
philosophiae doctor (Ph.D.)
en sciences vétérinaires
option épidémiologie

Septembre 2015

©Cécile Aenishaenslin2015

Résumé

La maladie de Lyme est la maladie vectorielle la plus fréquente dans les pays tempérés et est en émergence dans plusieurs régions du monde. Plusieurs stratégies de prévention existent et comprennent des interventions qui visent les individus, comme le port de vêtements protecteurs, et d'autres qui sont implantées au niveau collectif, dont des interventions de contrôle des tiques dans l'environnement. L'efficacité de ces stratégies peut être influencée par divers facteurs, dont des facteurs sociaux tels que les connaissances, les perceptions et les comportements de la population ciblée. Elles peuvent également avoir des impacts parallèles non désirés, par exemple sur l'environnement et l'économie, et ces derniers peuvent s'opposer aux bénéfices des interventions jusqu'à remettre en cause la pertinence de leur mise en œuvre. Aussi, ces facteurs sociaux et les impacts des interventions sont susceptibles de varier selon la population ciblée et en fonction du contexte épidémiologique et social. L'objectif de cette thèse était donc d'étudier les principaux facteurs sociaux et enjeux d'importance à considérer pour évaluer l'efficacité et prioriser des interventions de prévention pour la maladie de Lyme dans deux populations exposées à des contextes différents, notamment en ce qui concerne leur situation épidémiologique, soient au Québec, où l'incidence de la maladie de Lyme est faible mais en émergence, et en Suisse, où elle est élevée et endémique depuis plus de trois décennies. L'approche choisie et le devis général de l'étude sont basés sur deux modèles théoriques principaux, soient le modèle des croyances relatives à la santé et celui de l'aide à la décision multicritère.

Dans un premier temps, les facteurs associés à la perception du risque pour la maladie de Lyme, c'est-à-dire l'évaluation cognitive d'une personne face au risque auquel elle fait face, ont été étudiés. Les résultats suggèrent que les facteurs significatifs sont différents dans les deux régions à l'étude. Ensuite, l'impact des connaissances, de l'exposition, et des perceptions sur l'adoption de comportements préventifs individuels et sur l'acceptabilité des interventions de contrôle des tiques (acaricides, modifications de l'habitat, contrôle des cervidés) a été comparé. Les résultats suggèrent que l'impact des facteurs varierait en fonction du type du comportement et des interventions, mais que la perception de l'efficacité est un facteur commun fortement associé à ces deux aspects, et pourrait être un facteur-clé à cibler lors de

campagnes de communication. Les résultats montrent également que les enjeux relatifs aux interventions de contrôle des tiques tels que perçus par la population générale seraient communs dans les deux contextes de l'étude, et partagés par les intervenants impliqués dans la prévention de la maladie de Lyme.

Finalement, un modèle d'analyse multicritère a été développé à l'aide d'une approche participative pour le contexte du Québec puis adapté pour le contexte suisse et a permis d'évaluer et de prioriser les interventions préventives selon les différentes perspectives des intervenants. Les rangements produits par les modèles au Québec et en Suisse ont priorisé les interventions qui ciblent principalement les populations humaines, devant les interventions de contrôle des tiques. L'application de l'aide à la décision multicritère dans le contexte de la prévention de la maladie de Lyme a permis de développer un modèle décisionnel polyvalent et adaptable à différents contextes, dont la situation épidémiologique. Ces travaux démontrent que cette approche peut intégrer de façon rigoureuse et transparente les multiples perspectives des intervenants et les enjeux de la prévention relatifs à la santé publique, à la santé animale et environnementale, aux impacts sociaux, ainsi qu'aux considérations économiques, opérationnelles et stratégiques. L'utilisation de ces modèles en santé publique favoriserait l'adoption d'une approche « Une seule santé » pour la prévention de la maladie de Lyme et des zoonoses en général.

Mots-clés : maladie de Lyme, prévention, facteurs sociaux, perception du risque, comportements préventifs, acceptabilité, priorisation des interventions, contrôle des tiques, aide à la décision multicritère, analyse multicritère, Québec, Suisse, « Une seule santé »

Summary

Lyme disease is the most common vector-borne disease in temperate countries and is emerging in many parts of the world. Several prevention strategies exist and include strategies at the individual level, such as wearing protective clothing, and at the population level, including tick control interventions in the environment. The effectiveness of these strategies can be influenced by various factors, including social factors such as knowledge, perceptions and behaviors of the target population, and by their potential impacts on various sectors such as on the environment and on the economy. Also, these social factors and impacts are likely to vary according to the epidemiological and social context of the target population. The objective of this thesis was to study the main social factors and issues of importance to consider for the prioritization of preventive interventions for Lyme disease in two populations living in different contexts, particularly with regard to their epidemiological situation, that is in Quebec, where the incidence of Lyme disease is low, but emerging, and Switzerland, where it is high and has been endemic for more than three decades. The approach and the design of this study were based on two main theoretical models, namely the Health Belief Model and the multicriteria decision analysis approach.

Factors associated with risk perception, that is the cognitive assessment of a person facing a risk, for Lyme disease were studied initially in the target populations. The results suggest that factors significantly associated with a high level of risk perception are different in the two regions. Then, the impact of knowledge on Lyme disease, exposure, perceptions on the adoption of individual preventive behavior and on the acceptability of tick control interventions were compared. The data suggest that the impact of these factors varies according to the type of behavior and interventions, but that the perception of efficacy is a common factor strongly associated with both aspects, and could be targeted in communication campaigns. The results also show that issues related to tick control interventions as perceived by the participants are common in both contexts, and shared by the stakeholders involved in the prevention of Lyme disease.

Finally, a multi-criteria analysis model was developed using a participatory approach for the Quebec context, adapted to the Swiss context and allowed to prioritize preventive interventions according to different stakeholder perspectives. Rankings produced by these models prioritized interventions that primarily target human populations in preference to tick control interventions. Applying the multi-criteria decision analysis approach in the context of Lyme disease prevention led to the development of a versatile decision model that can be adapted to different contexts, including the epidemiological situation. These studies show that this approach can offer a rigorous and transparent way to integrate the multiple perspectives of stakeholders and issues of prevention including those relating to public health, animal and environmental health, social impacts, as well as economic, operational and strategic considerations. Their use in public health practices could facilitate the adoption of a practical and applied "One health" approach to Lyme disease and other zoonosis prevention.

Keywords: Lyme disease, prevention, social factors, risk perception, acceptability, prioritization of interventions, tick control, Multi-criteria decision analysis, MCDA, Quebec, Switzerland, "One health"

Table des matières

| | |
|--|------|
| Résumé | ii |
| Summary | iv |
| Table des matières..... | vi |
| Liste des tableaux | ix |
| Liste des figures | xiii |
| Liste des sigles et des abréviations..... | xii |
| Remerciements..... | xvii |
| | |
| Introduction | 1 |
| | |
| Objectifs et approche conceptuelle..... | 4 |
| | |
| CHAPITRE 1 : Recension des écrits..... | 8 |
| 1. Épidémiologie de la maladie de Lyme | 8 |
| 2. Prévention de la maladie de Lyme..... | 18 |
| 3. Comportements relatifs à la santé et perception du risque..... | 34 |
| 4. Planification et priorisation d'interventions en santé publique | 40 |
| | |
| CHAPITRE 2: From Lyme disease emergence to endemicity: a cross-sectional comparative study of risk perceptions in different populations | 48 |
| Abstract..... | 49 |
| Background | 50 |
| Methods..... | 52 |
| Results..... | 55 |
| Discussion | 64 |
| Conclusion..... | 69 |
| Competing interests..... | 69 |
| Authors' contributions..... | 69 |
| Acknowledgements | 70 |
| References | 70 |

| | |
|--|-----|
| CHAPITRE 3: Factors associated with preventive behaviors regarding Lyme disease in Canada and Switzerland: a comparative study..... | 76 |
| Abstract..... | 77 |
| Background | 78 |
| Methods..... | 80 |
| Results..... | 82 |
| Discussion | 89 |
| Conclusion..... | 93 |
| Competing interests..... | 93 |
| Authors' contributions..... | 93 |
| Acknowledgements | 94 |
| References | 94 |
| | |
| CHAPITRE 4: Acceptability of tick control interventions to prevent Lyme disease in Switzerland and Canada: a mixed-method study..... | 98 |
| Abstract..... | 99 |
| Background | 100 |
| Methods..... | 102 |
| Results..... | 105 |
| Discussion | 110 |
| Conclusion..... | 114 |
| Competing interests..... | 114 |
| Authors' contributions..... | 114 |
| Acknowledgements | 115 |
| References | 115 |
| | |
| CHAPITRE 5: Multi-criteria decision analysis as an innovative approach to managing zoonoses: results from a study on Lyme disease in Canada..... | 119 |
| Abstract..... | 120 |
| Background | 121 |
| Methods..... | 123 |
| Results..... | 128 |
| Discussion | 140 |
| Conclusion..... | 146 |
| Competing interests..... | 147 |
| Authors' contributions..... | 147 |

| | |
|--|-----|
| Acknowledgements | 147 |
| References | 147 |
| | |
| CHAPITRE 6: Adaptation and evaluation of a multi-criteria decision analysis model for Lyme disease prevention..... | 152 |
| Abstract..... | 153 |
| Background | 154 |
| Material and methods | 156 |
| Results..... | 159 |
| Conclusion..... | 175 |
| Competing interests..... | 175 |
| Authors' contributions..... | 175 |
| Acknowledgements | 176 |
| References | 176 |
| | |
| Discussion générale | 180 |
| Contributions et impacts des principaux résultats pour la pratique de la santé publique ... | 181 |
| L'apport de l'analyse multicritère pour évaluer et prioriser les interventions | 187 |
| Intérêt de l'approche comparative internationale | 190 |
| Complémentarité des méthodes utilisées..... | 196 |
| Limites de l'étude | 200 |
| Futures perspectives de recherche..... | 209 |
| | |
| Conclusions | 214 |
| | |
| Références | 215 |
| | |
| Annexe 1 : Questionnaire (Volet Québécois) | xix |
| Annexe 2 : Questionnaire (Volet Suisse)..... | xxx |

Liste des tableaux

| | |
|--|-----|
| Tableau I. Résumé de l'efficacité des comportements préventifs pour prévenir la maladie de Lyme selon six études cas-témoin..... | 25 |
| Tableau II. Résumé des principales études relatives aux facteurs associés aux comportements préventifs pour la maladie de Lyme..... | 29 |
| Tableau III. Sociodemographic description of the 814 participants by study region..... | 56 |
| Tableau IV. Descriptive analysis of past history with LD, exposure, knowledge and perceptions per region..... | 58 |
| Tableau V. Comparison of mean scores and modes for seven perception's dimensions between the general population and their regional experts..... | 61 |
| Tableau VI. Exploratory factor analysis of the perception variables..... | 63 |
| Tableau VII. Determinants of LD risk perception..... | 64 |
| Tableau VIII. Factors associated with general preventive behavior score (GPB) and with three specific preventive behaviors against LD..... | 83 |
| Tableau IX. Proportions of reported adoption of LD preventive behaviors by region, gender, age groups and level of exposure..... | 84 |
| Tableau X. Factors associated with high acceptability (scores of 4 or 5) of <i>landscaping, acaricide, rodent vaccination and fencing</i> | 107 |
| Tableau XI. Distribution of participants by region for the five FGD..... | 108 |
| Tableau XII. Composition of the stakeholder group | 128 |
| Tableau XIII. Criteria and measurement scales used in the surveillance (SURV) and control (CONT) models..... | 130 |
| Tableau XIV. Performance matrices for the surveillance (SURV) and control (CONT) models..... | 132 |
| Tableau XV. Stakeholder weights (S1 to S8) under the emergence (EM) and the epidemic scenario (EP) for the surveillance (SURV) and control (CONT) models..... | 133 |
| Tableau XVI. Group ranking of interventions for the surveillance (SURV) and control (CONT) models..... | 135 |

| | |
|---|-----|
| Tableau XVII. Individual scores and ranking of interventions under the emergence scenario in the control (CONT) model for two stakeholders showing distinctive positions in the GAIA decision map (stakeholder 6 (S6) and stakeholder 8 (S8))..... | 137 |
| Table XVIII. Example of a sensitivity analysis using stakeholder 8 (S8) weightings..... | 140 |
| Table XIX. Alignment of Canadian National Collaboration Centre for Health Public Policy dimensions with criteria identified in the study..... | 141 |
| Table XX. Composition of the Swiss stakeholder group..... | 158 |
| Table XXI. Original and new criteria included in the Swiss model..... | 161 |
| Table XXII. Measurement units for all selected criteria..... | 162 |
| Table XXIII. Swiss modifications made to the original list of proposed interventions..... | 163 |
| Table XXIV. Performance matrix of the model adapted for Switzerland..... | 165 |
| Table XXV. Stakeholder weights by category and for criteria..... | 166 |
| Table XXVI. Group ranking of interventions under scenario A (all criteria) and B (Swiss criteria removed and weights normalized for all stakeholders)..... | 168 |
| Tableau XXVII. Principales contributions à l'avancement des connaissances..... | 186 |
| Tableau XXVIII. Résumé des comparaisons entre le Québec et la Suisse..... | 193 |
| Tableau XIX. Liens entre les différentes approches méthodologiques utilisées, les différentes perspectives et le niveau de complexité..... | 199 |

Liste des figures

| | |
|---|-----|
| Figure 1. Schéma conceptuel des principaux éléments étudiés..... | 7 |
| Figure 2. Principales stratégies de prévention de la maladie de Lyme..... | 19 |
| Figure 3. Modèle des croyances relatives à la santé..... | 35 |
| Figure 4. Étapes de l'ADMC, approche conceptuelle adaptée à la maladie de Lyme et forces potentielles de l'outil..... | 47 |
| Figure 5. Distribution of high levels of knowledge, perceived individual susceptibility, perceived regional susceptibility, perceived severity and feeling of worry in both regions, according to gender and age groups..... | 59 |
| Figure 6. Distribution of global preventive behavior scores (GPB) by region..... | 86 |
| Figure 7. Perceived efficacy and proportion of adoption of five preventive measures against Lyme disease by region..... | 87 |
| Figure 8. Proportions of respondents with high acceptability (scores of 4 or 5) for eight tick control interventions against LD in Neuchâtel (n=413) and Montérégie (n=401)..... | 106 |
| Figure 9. MCDA general steps and outcomes..... | 125 |
| Figure 10. GAIA decision map for CONT model under the emergence scenario..... | 136 |
| Figure 11. Six intervention profiles for the control (CONT) model under the “emergence scenario”..... | 139 |
| Figure 12. Distribution of weights for Swiss (dark lines. n=9) and Quebec (dotted lines. n=8) stakeholders for the 12 original criteria..... | 167 |
| Figure 13. Effect of Swiss criteria removal on intervention..... | 169 |
| Figure 14. GAIA decision maps for (A) the 9 Swiss stakeholders (S1 to S9) considering all criteria, interventions and weighting schemes (Delta=95.1%, meaning that 95.1% of the information is conserved in the two-dimensional figure) and (B) the 8 Quebec stakeholders (S1 to S8) as computed in Aenishaenslin et Al. 2013..... | 171 |

Liste des sigles et des abréviations

§CAN: Dollar canadien

95%CI: Intervalle de confiance à 95% (*95% confidence interval*)

ADMC: Aide à la décision multicritère

AEC: Critère de santé animale et environnementale (*Animal and environmental health criteria*)

AEC1: Impact sur l'habitat (*Impact on habitat*)

AEC2: Impact sur la faune (*Impact on wildlife*)

B.afzelii: Borrelia afzelii

B.garinii: Borrelia garinii

Borrelia burgdorferi s.l.: Borrelia burgdorferi sensu lato

Borrelia burgdorferi s.s.: Borrelia burgdorferi sensu stricto

CAC: Connaissances, attitudes et comportements

CDC: *Centers for Disease Control and Prevention*

CHF: Francs suisses

COMM model: Modèle ADMC pour les stratégies de communication (*MCDCA model for preventive communication strategies*)

CONT model: Modèle ADMC pour les stratégies de contrôle (*MCDCA model for control strategies*)

CONT0: Statu quo/stratégie de communication préventive de base) (*Status quo/basic preventive communication strategy*)

CONT10: Exclusion des personnes des zones à haut risque (*Excluding people from high-risk public areas*)

CONT11: Vaccination humaine (*Human vaccination*)

CONT12: Rendre disponibles des cliniques spéciales pour le diagnostic et le traitement de la ML (*Making available special Lyme disease diagnostic/treatment clinics*)

CONT1a: Application d'acaricides à petite échelle (*Small scale acaricide application*)

CONT1b: Application d'acaricides à grande échelle (*Large scale acaricide application*)

CONT2: Application de produits desséchants/savons insecticides (*Application of desiccants/insecticidal soap*)

CONT3a: Modification de l'habitat à petite échelle (*Small scale landscaping*)

CONT3b: Modification de l'habitat à grande échelle (*Large scale landscaping*)

CONT4: Système '4-poster' (*'4-poster' device*)

CONT5: Stations d'administration d'ivermectin dans la nourriture pour les cervidés (*Feed-administered ivermectin to deer at bait stations*)

CONT6a: Chasse des cervidés (*Deer hunting*)

CONT6b: Abattage des cervidés (*Deer culling*)

CONT7: Exclusion des cervidés par des barrières (*Exclusion of deer by fencing*)

CONT8: Système 'Damminix' (*'Damminix' device*)

CONT9: Boîtes à appâts pour application passive de fipronil aux rongeurs (*Bait boxes to deliver a passive application of fipronil to rodents*)

DEET: *N,N*-diéthyl-3-méthylbenzamide

EFA: Analyse factorielle exploratoire (*Exploratory factor analysis*)

EM: Scénario d'émergence (*Emergence scenario*)

EP: Scénario épidémique (*Epidemic scenario*)

FGD: Groupe de discussion (*Focus group discussion*)

GAIA: *Geometrical Analysis for Interactive Aid*

GPB: Indice global des comportements préventifs (*Global preventive behavior score*)

I. hexagonus: Ixodes hexagonus

I. pacificus: Ixodes pacificus

I. uriae: Ixodes uriae

I. ricinus: Ixodes ricinus

I. scapularis: Ixodes scapularis

IC95%: Intervalle de confiance à 95%

INSPQ: Institut national de santé publique du Québec

INT0: Statu quo (*Status quo*)

INT1: Réduction de la fréquentation des zones à haut risque par les personnes (*Reduction of human visits to high-risk public areas*)

INT10: Chasse des cervidés (*Deer hunting*)

INT11: Exclusion des cervidés par des barrières (*Exclusion of deer by fencing*)

INT12: Système 'Damminix' (*'Damminix' device*)

INT2: Vaccination humaine (*Human vaccination*)

INT3: Campagnes de communication à grande échelle (*Large communication campaign*)

INT4: Rendre disponibles des cliniques spéciales pour le diagnostic des cas complexes (*Making available special clinics for diagnosis of complex cases*)

INT5: Rendre disponibles des cliniques spéciales pour le traitement des cas complexes (*Making available special clinics for complex LD cases management*)

INT6: Sessions de formation continue pour les médecins (*Learning sessions for physicians*)

- INT7: Application d'acaricides à petite échelle (*Small scale acaricide application*)
- INT8: Modification de l'habitat à petite échelle (*Small scale landscaping*)
- INT9: Système '4-poster' (*'4-poster' device*)
- LD: Maladie de Lyme (*Lyme disease*)
- MCD: Aide à la décision multicritère (*Multicriteria decision analysis*)
- ML: Maladie de Lyme
- OFSP: Office fédéral suisse de la santé publique
- OR: Rapport de cote (*Odds ratio*)
- PHC: Critères de santé publique (*Public health criteria*)
- PHC1: Réduction de l'incidence des cas humains (*Reduction in incidence of human cases*)
- PHC2: Réduction du risque entomologique (*Reduction in entomological risk*)
- PHC3: Impacts des effets indésirables sur la santé (*Impacts of adverse health effects*)
- PHC4: Réduction de l'incidence des cas humains de ML disséminée (*Reduction in incidence of disseminated LD human cases*)
- S: Intervenant (*Stakeholder*)
- SEC: Critères stratégiques, économiques et opérationnels (*Strategic, economic and operational impact criteria*)
- SEC1: Coût pour le secteur public (*Cost to the public sector*)
- SEC2: Coût pour le secteur privé (*Cost to the private sector*)
- SEC3: Délai avant l'apparition de résultats (*Delay before results*)
- SEC4: Complexité (*Complexity*)
- SEC5: Impact sur la crédibilité de l'organisation (*Impact on organisation's credibility*)
- SEC6: Durabilité de l'effet (*Sustainability of effect*)
- SEC7: Niveau de cohérence avec les stratégies européennes (*Level of coherence with the European strategies*)
- SIC: Critères relatifs aux impacts sociaux (*Social impact criteria*)
- SIC1: Niveau d'acceptabilité sociale (*Level of public acceptance*)
- SIC2: Proportion de la population qui bénéficie de l'intervention (*Proportion of population benefitting from intervention*)
- SIC3: Niveau de sensibilisation de la population (*Level of public awareness*)
- SUC: Critères relatifs à la surveillance (*Surveillance criteria*)
- SUC1: Détection des zones où les populations de tiques sont présentes (*Detection of zones where tick populations are present*)
- SUC2: Identification des zones où les populations de tiques sont établies (*Identification of zones where tick populations are established*)
- SUC3: Identification des zones endémiques pour la ML (*Identification of Lyme endemic zones*)

SUC4: Qualité des données (*Quality of data*)

SURV model: Modèle ADMC pour les stratégies de surveillance (*MCDCA model for surveillance strategies*)

SURV1a: Surveillance passive des vecteurs trouvés sur les humains (*Passive surveillance of vectors found on humans*)

SURV1b: Surveillance passive des vecteurs trouvés sur les animaux (*Passive surveillance of vectors found on animals*)

SURV2a: Surveillance active des vecteurs par l'utilisation de la flanelle ou du drapeau (*Active surveillance of vectors by flagging or dragging*)

SURV2b: Surveillance active des vecteurs par la trappe de petits rongeurs (*Active surveillance of vectors by trapping of small rodents*)

SURV2c: Surveillance active des vecteurs provenant des cervidés chassés (*Active surveillance of vectors from hunted deer*)

SURV3a: Surveillance passive des cas de séropositivité à *B. burgdorferi* chez les animaux financée par les propriétaires (*Passive surveillance of domestic animals seropositive cases of B. burgdorferi funded by the animal owners*)

SURV3b: Surveillance passive des cas de séropositivité à *B. burgdorferi* chez les animaux financée par le secteur public (*Passive surveillance of domestic animals seropositive cases of B. burgdorferi funded by the public sector*)

SURV3c : Surveillance passive des cas de séropositivité à *B. burgdorferi* chez les animaux financée par les propriétaires (*Passive surveillance of domestic animals seropositive cases of B. burgdorferi funded by the public sector*)

SURV4: Surveillance active des cas de ML chez les animaux domestiques (*Active surveillance of cases of Lyme disease in domestic animals*)

SURV5: Surveillance passive des cas suspects et confirmés de ML chez les humains (*Passive surveillance of suspected and confirmed cases of Lyme disease in humans*)

SURV6: Surveillance sentinelle des cas suspects chez les humains (*Sentinel surveillance of suspected cases in humans*)

TBE: Encéphalite transmise par les tiques (*Tick-borne encephalitis*)

TBEV: Virus de l'encéphalite transmise par les tiques (*Tick-borne encephalitis virus*)

WNV: Virus du nil occidental (*West Nile virus*)

À mes enfants

« The sheer diversity of elements and interactions requires a plurality of perspectives... Not only can complex systems be described from a variety of perspectives, but new properties emerge into view as one considers these systems at different scales. »

David Waltner-Toews

« La vie, c'est comme une bicyclette.
Il faut avancer pour ne pas perdre l'équilibre »

Albert Einstein

Remerciements

Derrière cette thèse, il y a une histoire collective. Cette section sera trop courte pour souligner l'apport de tous ces êtres humains qui m'ont entourée pendant ces années de doctorat et sans qui, ce périple n'aurait pas été aussi agréable. Ne seront nommés ici qu'une petite partie de ceux et celles qui méritent des remerciements...

Je remercie mon directeur Pascal Michel, sans qui toute cette aventure n'aurait pu se réaliser. Merci pour l'inspiration, les discussions, et ton support pendant toutes ces années. Un grand merci à André Ravel, mon codirecteur. Merci pour ta rigueur et ton esprit critique en tout temps!

Un merci très spécial à Lise Gern, qui, de l'autre côté de l'océan et sans me connaître, a accepté de s'impliquer dans ce projet. Merci Lise de ton accueil à Neuchâtel, de m'avoir fait découvrir ta relation avec la recherche et l'importance des pauses café pour nourrir nos esprits et nos discussions! Merci à tous les collègues et amis de l'Université de Neuchâtel et tout particulièrement à Caroline Burri, qui m'a épaulée dans toutes mes démarches en Suisse.

Merci à Denise Bélanger, sans qui il est certain que je n'aurais jamais entrepris ce projet. Merci pour tout Denise et surtout d'avoir rendu possible plusieurs de mes idées un peu folles, bien au-delà de ce doctorat!

Merci à Jean-Philippe Waaub et toute l'équipe du Consortium Lyme-MCDA pour cette expérience enrichissante qui m'a plongée dans la transdisciplinarité!

Merci à François Milord, qui a suivi le projet depuis le début et m'a accueillie à la DSP en Montérégie pendant une année.

Merci à tous les collègues du GREZOSP, spécialement à Valérie pour toutes nos discussions et pour avoir relu mes textes en anglais même dans les moments de débordement, à Kathleen qui m'a sans doute épargné plusieurs heures de thérapie, à Catherine, Audrey et Jean-Philippe pour leur présence et leur écoute.

Merci à tous les collègues du programme 4P pour les débats engagés. Ma vision de la santé publique ne serait pas ce qu'elle est sans vous.

Je tiens aussi à remercier tous les organismes qui ont contribué au financement de ma formation et de ce projet, soient le Fonds de recherche du Québec pour la santé, le programme 4P, l'Agence de la santé publique du Canada, l'Université de Montréal, le Ministère de l'Éducation des loisirs et du Sport du Québec et les Offices Jeunesses du Québec.

Et surtout....

Un chaleureux merci à mes amis et ma famille car ils sont là, me soutiennent et m'inspirent, tout simplement. Alex, Juliette et Steph, merci de m'avoir permis de décrocher en moyenne une soirée par semaine. Merci à mes parents, Nicole et Alfred, pour leur soutien inconditionnel partout et tout le temps. Merci à Dave de me ramener sur terre au quotidien. Merci de m'accompagner dans toutes ces aventures, tu es le pilier de mon équilibre et ton énergie nous porte toujours plus loin. Merci à Xavier et Sasha de m'aider à me reconnecter avec l'essentiel. Vos idées et vos rêves d'enfants me donnent des ailes. Tout cela est pour vous.

Introduction

Fortement influencées par les bouleversements globaux comme la mondialisation des échanges, l'urbanisation et les changements du climat, les zoonoses, c'est-à-dire les maladies qui se transmettent des animaux aux êtres humains et vice-versa, présentent une menace grandissante pour la santé à l'échelle mondiale. Actuellement, les zoonoses représentent plus de 60% des maladies infectieuses émergentes et engendrent environ un milliard de malades chaque année (Jones, Patel et al. 2008; Karesh, Dobson et al. 2012). Parmi celles-ci, on retrouve la rage, l'influenza aviaire, le syndrome respiratoire aigu sévère, et l'Ébola, des zoonoses grandement médiatisées qui ont eu des répercussions importantes et multisectorielles sur tous les continents.

Certaines caractéristiques communes complexifient et rendent difficile la prévention des zoonoses. Par exemple, leur cycle de transmission implique souvent un ou plusieurs réservoirs sauvages, rendant l'éradication ou le confinement de l'infection difficile. D'autre part, de par cette nature à l'interface homme-animal-environnement, les interventions mises en œuvre pour les prévenir et les contrôler peuvent avoir des impacts environnementaux, économiques ou sociaux non-recherchés qui peuvent nuire à leurs bénéfices. Par exemple, une intervention ciblant les populations animales qui pourrait être efficace pour réduire l'incidence d'une maladie zoonotique, peut être perçue comme inacceptable aux yeux de la population, ou encore les coûts liés à son implantation peuvent être très importants. Tout au long de cette thèse, nous référerons à ces impacts parallèles et multidisciplinaires comme aux « enjeux » de la prévention. Aussi, comprendre les dynamiques de transmission de ces maladies et planifier une réponse conséquente pour les prévenir nécessite une approche systémique qui convient aux problématiques complexes. Dans le domaine de la santé publique vétérinaire, on réfère parfois à cette approche sous le terme d'« Une seule santé ». « Une seule santé », en anglais « One health », reconnaît le lien intime entre l'humain, l'animal et la santé des écosystèmes et propose une approche internationale, interdisciplinaire et intersectorielle de la surveillance, la prévention, le contrôle et l'atténuation des maladies émergentes ou ré-émergentes (Zinsstag, Schelling et al. 2005). Cette approche peut être conçue comme la valeur ajoutée qui découle de

ces collaborations, tant au niveau des santés humaines, animales et de l'environnement, qu'au niveau de l'efficacité économique des actions intégrées (Zinsstag, Waltner-Toews et al. 2015).

Présentement, au Canada, l'émergence de la maladie de Lyme, une zoonose transmise à l'être humain par une piqûre de tique infectée à partir d'un réservoir animal, est un bon exemple de problématique à l'interface homme-animal-environnement. L'incidence de cette maladie est actuellement faible, avec 1 cas par 100 000 habitants en 2013 (Ogden, Koffi et al. 2014), lorsqu'on la compare à celles de certaines zones endémiques de la côte est des États-Unis ou de l'Europe qui peuvent atteindre 100 à 150 cas par 100 000 habitants (Altpeter, Zimmermann et al. 2013; Bockenstedt and Wormser 2014). Cependant, selon certains scénarios prédictifs, le nombre de cas au Canada pourrait atteindre 8000 cas humains en 2050, principalement dans le Sud-Est et le Centre-Sud du pays (Ogden, Artsob et al. 2008; Ogden, Bigras-Poulin et al. 2008; Ogden, Lindsay et al. 2008; Ogden, Bouchard et al. 2010). Actuellement, au Québec, les interventions visant la prévention de la maladie de Lyme sont majoritairement restreintes à la diffusion d'information à la population et aux professionnels de la santé à l'échelle régionale, et ce uniquement dans les régions principalement affectées, par le biais des sites internet du réseau de santé publique ou de communiqués ponctuels. Avec la progression de cette maladie, les autorités de santé publique devront planifier une réponse concertée à cette problématique et prioriser des interventions de prévention à l'échelle de la province. Or la complexité de cette maladie et des enjeux liés à sa prévention rend la tâche ardue.

Les travaux de recherche récents concernant la maladie de Lyme au Canada se sont principalement concentrés sur l'évaluation des risques écologiques, et notamment sur le développement de modèles visant à prédire l'évolution de la maladie en réponse aux changements climatiques. Ces études sont cruciales pour comprendre la progression de la maladie en territoire canadien et dans le monde et pour soulever l'attention des autorités de santé publique à cet effet. Cependant, à ce jour, d'autres éléments d'importance tels que les facteurs sociaux et les enjeux multidisciplinaires propres à la prévention de cette maladie n'ont pas été aussi largement documentés. Le besoin de renforcer les connaissances concernant les facteurs sociaux motivant ou limitant l'adoption de comportements préventifs et l'acceptabilité d'interventions de contrôle des tiques dans l'environnement chez les populations humaines a notamment été souligné par Rebecca Eisen et ses collègues du Center for Disease Control and Prevention (CDC) dans une revue récente visant à comprendre pourquoi l'incidence de la

maladie de Lyme est toujours en augmentation dans le monde malgré trois décennies de recherche sur l'efficacité de stratégies de prévention (Eisen, Piesman et al. 2012). Aussi, le même groupe de chercheurs a également reconnu l'urgent besoin de développer des moyens permettant une meilleure utilisation des connaissances issues de la modélisation par les décideurs pour faciliter la prévention des maladies vectorielles (Eisen and Eisen 2011).

Globalement, les facteurs sociaux ayant un impact sur l'incidence des zoonoses et sur l'efficacité des interventions préventives sont jusqu'à présent peu compris, alors qu'il est reconnu que leur impact sur l'émergence et la prévention de ces maladies serait important (Karesh, Dobson et al. 2012). Ainsi, en s'inspirant de modèles théoriques issus des sciences sociales, dont le modèle des croyances relatives à la santé (*Health Belief Model*) qui place la perception du risque et des mesures de prévention au centre de l'efficacité de programmes préventifs, cette thèse s'intéresse aux facteurs sociaux cruciaux que sont les connaissances, perceptions et comportements de la population face à la maladie et à sa prévention, et à l'intégration des enjeux multidisciplinaires de la prévention pour évaluer et prioriser des interventions. Les travaux présentés s'inscrivent ainsi dans les domaines de l'épidémiologie sociale et de la recherche interventionnelle en santé publique vétérinaire. Ils visent à offrir aux intervenants de la santé publique du Québec et d'ailleurs de nouvelles connaissances et de nouveaux outils favorisant une pratique de la santé publique basée sur des données probantes en ce qui concerne l'analyse de risque et la prévention de la maladie de Lyme, en accord avec l'approche « Une seule santé ».

Objectifs et approche conceptuelle

Une approche comparative entre la Suisse et le Québec a été choisie pour réaliser les travaux de cette thèse. La maladie de Lyme est endémique en Suisse depuis plus de trois décennies et son incidence est parmi les plus élevées des pays européens. Ainsi, en plus de présenter des différences sur le plan socio-culturel, son profil épidémiologique diffère de celui du Québec, où la maladie est en émergence, confinée à certaines régions du sud-est de la province et où l'incidence est encore faible. L'objectif d'adopter cette approche comparative est double. D'une part, elle offre l'opportunité d'explorer si les relations entre les facteurs sociaux et les comportements et perceptions, ainsi que les enjeux de la décision, sont similaires dans des contextes épidémiologiques et socio-culturels différents. D'autre part, bien que les différences entre la Suisse et le Québec soient évidemment plus nombreuses et complexes que la situation épidémiologique de la maladie de Lyme, il est tout de même intéressant, voire inspirant, pour une région en émergence comme le Québec, d'observer comment d'autres, riches d'une expérience de plus longue date, répondent à cette problématique.

Basés sur les modèles théoriques étudiant les comportements de santé, dont le modèle des croyances relatives à la santé, et celui de l'aide à la décision multicritère (ADMC), ces travaux étudient dans un premier temps les facteurs associés à la perception du risque pour la maladie de Lyme au sein des populations cibles (CHAPITRE 2) et la relation entre les connaissances, l'exposition, les perceptions et l'adoption de comportements préventifs individuels (CHAPITRE 3). En second lieu, on s'intéresse à l'acceptabilité des interventions de contrôle des tiques qui pourraient être implantées au Québec et en Suisse et aux enjeux limitant leur acceptabilité aux yeux de ces populations (CHAPITRE 4). Finalement, les enjeux multidisciplinaires liés à la prévention de la maladie de Lyme, c'est-à-dire les impacts parallèles que peuvent avoir les interventions en plus de leur efficacité à réduire l'incidence de la maladie, sont intégrés dans un modèle d'analyse multicritère qui permettra d'évaluer et de prioriser des interventions dans le contexte du Québec (CHAPITRES 5), un modèle qui est ensuite adapté au contexte suisse (CHAPITRE 6).

Les objectifs spécifiques sont :

1. Mesurer et comparer la perception du risque relatif à la maladie de Lyme et les facteurs qui y sont associés entre les deux populations à l'étude;
2. Mesurer et comparer l'adoption des comportements préventifs face à la maladie de Lyme et les facteurs associés à ces comportements entre les deux populations à l'étude;
3. Mesurer et comparer l'acceptabilité de différentes interventions de contrôle des tiques entre les deux populations et décrire les enjeux perçus par la population générale qui pourraient expliquer la faible acceptabilité de certaines interventions;
4. Développer un modèle d'aide à la décision multicritère permettant d'évaluer et de prioriser les interventions de prévention de la maladie de Lyme au Québec;
5. Adapter et évaluer le modèle québécois pour la priorisation des interventions relatives à la maladie de Lyme en Suisse.

Le devis général des études qui composent cette thèse est transversal et s'intéresse à la population générale et aux intervenants des régions à l'étude. Pour l'atteinte des trois premiers objectifs, les populations à l'étude sont la population résidente de la région de la Montérégie, au Québec, qui est la région où se retrouve le plus grand nombre de cas de maladie de Lyme dans la province (incidence en 2012 de 0,5 cas par 100 000 habitants (Ferrouillet, Lambert et al. 2012)), et le canton de Neuchâtel, en Suisse, un canton qui a une incidence pour la maladie de Lyme au-dessus de la moyenne du pays (49 à 95 cas par 100 000 habitants (Nahimana, Gern et al. 2000; Moosmann, Brossard et al. 2012)). Pour ces trois premiers objectifs, la collecte des données s'est réalisée simultanément dans les deux régions sur une période de trois semaines (en 2012). Les deux derniers objectifs ont fait appel au cadre théorique particulier qu'est l'aide à la décision multicritère, dont l'approche sera décrite de façon plus détaillée dans les chapitres 4 et 5. Les travaux relatifs à ces deux objectifs se sont déroulés sur une période de quatre ans (de 2010 à 2014).

Un schéma conceptuel des relations entre les principaux éléments étudiés est présenté à la figure 1. Dans le cadre de cette étude, la population cible désigne l'ensemble des personnes qui sont potentiellement exposées et qui bénéficient des interventions de prévention de la maladie de Lyme. Les intervenants désignent les personnes qui représentent une organisation ou un groupe ayant des responsabilités directes concernant la mise en place d'interventions pour la

maladie de Lyme ou ayant des intérêts en lien avec la mise en place de ces programmes. Ils peuvent inclure des décideurs et des représentants des organisations gouvernementales impliquées dans la gestion du risque, des experts, des professionnels de la santé touchés par les interventions, des représentants des organisations non gouvernementales ou de la société civile comme des associations de malades, d'utilisateurs du territoire touché par les interventions ou des sociétés d'assurances. Les intervenants représentent les intérêts d'un groupe, et non leurs intérêts personnels.

Le protocole de recherche utilisé pour l'ensemble de cette thèse a été revu et accepté par le comité d'éthique de la recherche en santé de l'Université de Montréal.

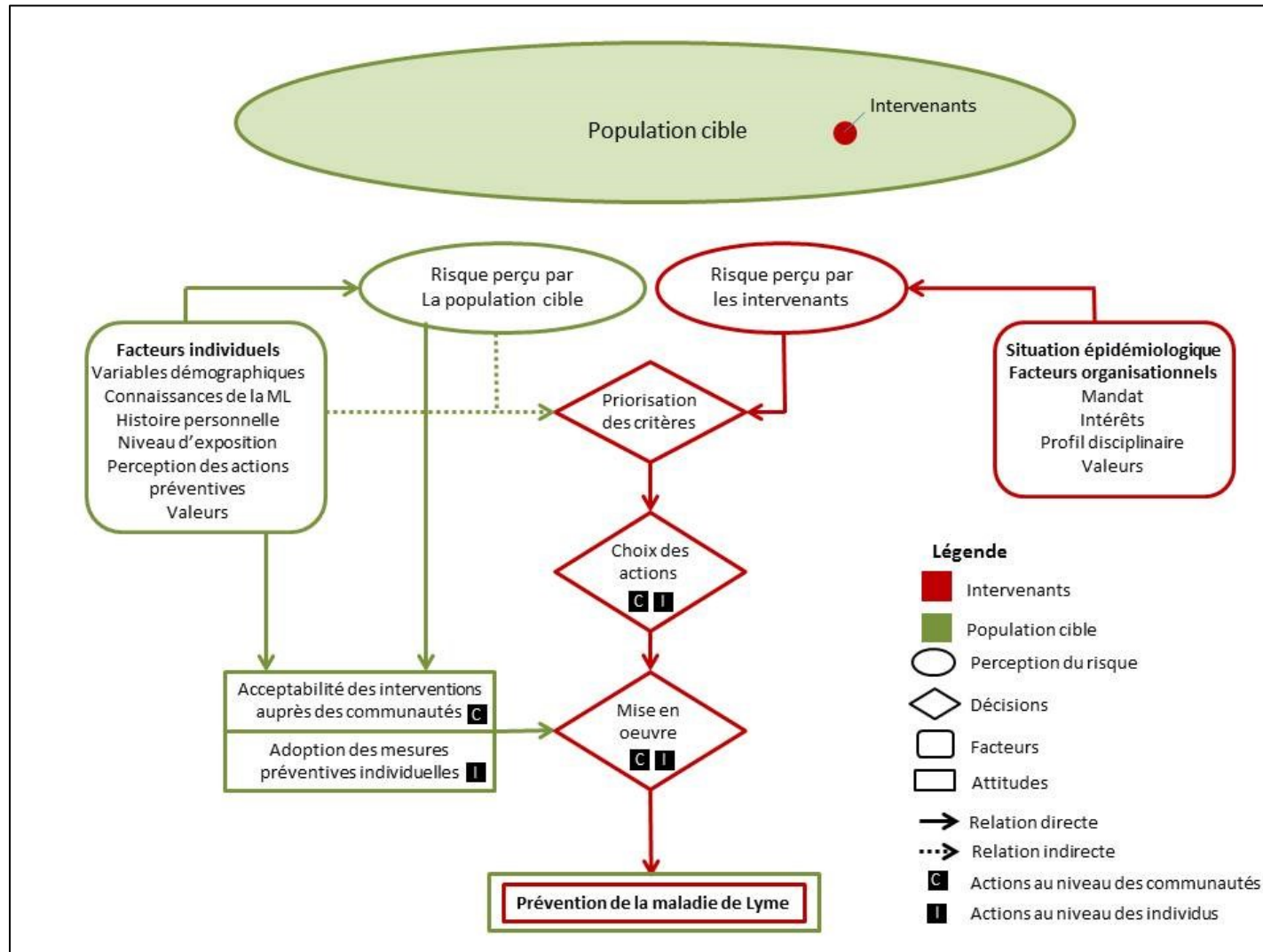


Figure 1. Schéma conceptuel des principaux éléments étudiés

Recension des écrits

La maladie de Lyme, ou borréliose de Lyme, est la maladie vectorielle la plus fréquemment rapportée dans les pays tempérés. Transmise par une piqûre de tique, elle peut affecter l'être humain et de nombreuses espèces animales. Son écologie est complexe et varie entre l'Amérique du Nord et l'Europe, de même que ses manifestations cliniques. Aussi, la littérature scientifique sur ce sujet est abondante. La première partie de ce chapitre a pour objectif de présenter l'état des connaissances scientifiques actuelles relatives à la maladie de Lyme qui sont nécessaires pour une bonne compréhension de l'importance de la maladie, ainsi que des dynamiques et des enjeux relatifs à la prévention de cette maladie en Amérique du Nord et en Europe, qui est le thème central de cette thèse. La deuxième partie présente les concepts, théories et méthodes qui ont servi de fondements à ces travaux.

1. Épidémiologie de la maladie de Lyme

a. Agents étiologiques

La maladie de Lyme est causée par une bactérie du complexe d'espèces appelé *Borrelia burgdorferi* sensu lato (s.l.) en l'honneur de Wilhelm Burgdorfer qui l'a identifié formellement pour la première fois au début des années 80 (Burgdorfer, Barbour et al. 1982). Ce complexe regroupe des espèces de bactéries de la famille des spirochètes qui sont transmises par des tiques. Il comprend actuellement une vingtaine d'espèces (ou géno-espèces) identifiées (la dernière a été découverte en 2012) (Margos, Hojgaard et al. 2010; Ivanova, Tomova et al. 2014; Ogden, Feil et al. 2015), mais seulement cinq d'entre elles sont responsables de la plupart des cas de maladie de Lyme chez l'être humain : *Borrelia burgdorferi* sensu stricto (s.s.), *Borrelia afzelii*, *Borrelia garinii*, *Borrelia spielmani* et *Borrelia bavarensis* (Stanek, Wormser et al. 2012).

En Amérique du Nord, seule *Borrelia burgdorferi* sensu stricto a été rapportée jusqu'à présent (Stanek, Wormser et al. 2012). En Europe, ce sont *Borrelia afzelii* et *Borrelia garinii* qui sont responsables de la plupart des cas humains, bien que d'autres espèces soient occasionnellement impliquées (WHO 2006).

b. Distribution géographique et émergence

La distribution géographique de la maladie de Lyme correspond globalement à celle des régions tempérées à travers le monde (Kurtenbach, Hanincova et al. 2006). Aux États-Unis, la maladie de Lyme a été formellement diagnostiquée pour la première fois à la fin des années 1970 au Connecticut. Actuellement, environ 30 000 cas humains sont rapportés chaque année aux États-Unis, pour une incidence annuelle moyenne estimée en 2013 à 8,6 cas/ 100 000 habitants (Bockenstedt and Wormser 2014). Une récente publication du CDC rapporte que le nombre de cas dans ce pays serait plutôt de l'ordre de 300 000 cas par année (CDC 2013). Plus de 95% de ces cas proviennent de 13 États situés dans le nord-est du pays : Connecticut, Delaware, Maine, Maryland, Massachusetts, Minnesota, New Hampshire, New Jersey, New York, Pennsylvanie, Vermont, Virginie et Wisconsin (Bockenstedt and Wormser 2014). Dans ces États, l'incidence en 2013 se situait entre 11,2 (Virginie) et 107,6 cas/ 100 000 habitants (Vermont).

En Europe, des manifestations compatibles avec la maladie de Lyme ont été décrites il y a plus d'un siècle et on y retrouve actuellement entre 65 500 et 85 000 cas rapportés annuellement (WHO 2006; Rizzoli, Hauffe et al. 2011). Ce nombre de cas est probablement fortement sous-estimé, étant donné que les réglementations et les méthodes de surveillance des cas varient grandement entre les pays. Bien que la maladie de Lyme ne soit plus à déclaration obligatoire en Suisse depuis 2003 (Paridaen, Janson et al. 2011), ce pays serait le troisième pays européen ayant la plus haute incidence de maladie de Lyme derrière l'Autriche et la Slovaquie avec 83 cas par 100 000 habitants lorsqu'évalué en 2010. Une étude plus récente rapporte une incidence annuelle moyenne de 131 cas par 100 000 habitants entre 2008 et 2011 (Altpeter, Zimmermann et al. 2013).

Au Canada, la maladie de Lyme est considérée en émergence. Le nombre de cas humains confirmés est passé de 40 en 2004 à 315 en 2012 (incidence moyenne au Canada est de 1 cas par 100 000 habitants) (Ogden, Koffi et al. 2014). Cette hausse du nombre de cas rapportés peut être en partie due à une meilleure sensibilisation des professionnels de la santé de

première ligne, mais pourrait également être due à une combinaison de facteurs environnementaux à l'échelle locale et globale, dont les changements climatiques (Ogden, St-Onge et al. 2008; Leger, Vourc'h et al. 2013; Ogden, Radojevic et al. 2014). Aussi, une étude ayant modélisé le déplacement des populations de tiques vectrices *Ixodes scapularis* au Canada a estimé que ces dernières envahissaient les territoires canadiens vers le nord à une vitesse de 33 à 55 km par année (Leighton, Koffi et al. 2012). En 2013, 22 zones au Canada étaient considérées comme endémiques (connues ou présumées) pour la maladie de Lyme, c'est-à-dire que la transmission de l'agent *Borrelia burgdorferi* s.s. par des populations résidentes de tiques vectrices a pu être confirmée (Ogden, Koffi et al. 2014). Ces zones sont situées au sud du Manitoba, au sud et au sud-est de l'Ontario, au sud du Québec, au sud du Nouveau-Brunswick et dans certaines zones de la Nouvelle-Écosse (Ogden, Koffi et al. 2014). Au Québec, les premiers cas humains déclarés de maladie de Lyme acquis dans la province ont été confirmés en 2008. En 2013, 141 cas étaient rapportés dans la province (Gaulin, Leblanc et al. 2014).

Il n'y a pas qu'au Canada où l'incidence de la maladie de Lyme est hausse. Son incidence aurait également augmenté dans au moins neuf pays européens depuis les dix dernières années (Hofhuis, van der Giessen et al. 2006; Rizzoli, Hauffe et al. 2011). Le vecteur principal européen de la maladie de Lyme, *I. ricinus*, a aussi étendu son territoire en Europe vers le nord, et également vers des régions situées à des altitudes plus élevée (Medlock, Hansford et al. 2013). Une étude menée en Suède a notamment montré que l'expansion vers le nord des tiques entre les années 1980 et 1995 pourrait être expliquée par un climat plus doux (Lindgren, Talleklint et al. 2000). Les causes de ces changements sont vraisemblablement multifactorielles et interreliées. Elles comprennent les changements climatiques, des changements dans la distribution des hôtes des tiques vectrices (particulièrement les cervidés), des changements écologiques au niveau des habitats et des changements anthropogéniques (Medlock, Hansford et al. 2013; Ogden, Mechai et al. 2013). De plus, en plus d'affecter les territoires endémiques, les changements climatiques risquent également de prolonger la période à risque pendant laquelle les tiques sont actives et cherchent à prendre leurs repas de sang, dans les régions qui sont déjà endémiques à ce jour, comme le suggère une étude réalisée aux États-Unis (Monaghan, Moore et al. 2015).

c. Réservoirs

Les principaux réservoirs de *B. burgdorferi* s.l. sont les petits mammifères et certaines espèces d'oiseaux. Bien que la bactérie ait été identifiée chez de nombreuses espèces animales, seulement quelques dizaines d'entre elles sont actuellement reconnues comme des réservoirs compétents, c'est-à-dire qu'elles contribuent à l'infection d'une proportion significative de tiques qui se nourrissent sur elle et jouent un rôle important dans le maintien du cycle d'infection des tiques (Piesman and Gern 2004). En Amérique du Nord, il semble que les petits rongeurs soient clairement les principaux réservoirs, notamment la souris à pattes blanches (*Peromyscus leucopus*) et d'autres espèces de rats et de campagnols qui peuvent jouer un rôle prédominant dans les régions où la souris à pattes blanches est absente (Smith, Rand et al. 1993). En Europe, le nombre d'espèces impliquées serait plus diversifié, incluant quelques douzaines d'espèces de petits rongeurs, mais également d'autres comme le hérisson (*Erinaceus europaeus*) (Gray, Kahl et al. 1994; Liebisch, Finkbeiner-Weber et al. 1996; Gern, Rouvinez et al. 1997) et les lagomorphes (Talleklint and Jaenson 1993; Jaenson and Talleklint 1996). Il est cependant important de souligner que bien qu'il ait été démontré que ces dernières pouvaient être infectées par *B. burgdorferi* s.l., leur compétence en tant que réservoir contribuant substantiellement à l'infection des tiques n'est pas si claire (Piesman and Gern 2004). L'éco-épidémiologie de cette maladie est complexe, et le rôle des réservoirs peut être différent en fonction de l'espèce bactérienne du complexe *B. burgdorferi* s.l. en cause. Par exemple, certaines études suggèrent que *B. garinii* serait associé majoritairement à des oiseaux migrateurs (Olsen, Duffy et al. 1995), alors que le réservoir de *B. burgdorferi* s.s. serait plutôt les petits rongeurs.

d. Vecteurs

Les vecteurs de la maladie de Lyme sont les tiques appartenant au genre *Ixodes*. En Amérique du Nord, deux espèces sont reconnues comme étant les vecteurs principaux de *B. burgdorferi* s.l. : *Ixodes scapularis* sur la côte est des États-Unis et du Canada (vecteur principal en Amérique du Nord), et *Ixodes pacificus* sur la côte ouest de ces deux pays (Ogden, Lindsay et al. 2009; Stanek, Wormser et al. 2012). En Europe, trois espèces principales jouent ce rôle : *Ixodes ricinus* (vecteur principal en Europe), *Ixodes hexagonus* et *Ixodes uriae* (Piesman and Gern 2004). En Asie, *Ixodes persulcatus* est la principale espèce en cause (Aleksseev, Dubinina et al. 2001; Stanek, Wormser et al. 2012).

Les tiques du genre *Ixodes* se développent en trois stades sur une période de deux ans, soient la larve, la nymphe et l'adulte, lesquels se nourrissent sur différentes espèces animales. Chaque tique prendra un seul repas de sang à chaque stade de développement. Les nymphes préféreront des hôtes de petite taille comme les petits rongeurs, et les adultes des hôtes de plus grande taille. La tique *I. scapularis* adulte a comme hôte principal le cerf de Virginie, d'où son nom commun de tique du chevreuil. Cette espèce joue un rôle majeur pour le maintien des populations de tiques de cette espèce dans une région donnée, et donc dans l'écologie de la maladie de Lyme en Amérique du Nord. Les cervidés ont également un rôle à jouer dans le maintien des populations d'*Ixodes ricinus* en Europe, mais l'importance de ce rôle n'est pas bien décrit, et de nombreuses espèces y contribueraient également (au moins 237 espèces animales seraient impliquées) (Gern 2008).

I. hexagonus et *I. uriae* sont des espèces de tiques nidicoles, c'est-à-dire qu'elles vivent avec leurs hôtes principaux dans le nid de celui-ci ou tout près (Piesman and Gern 2004). *I. hexagonus* est associé principalement aux carnivores et *I. uriae* aux oiseaux marins (Olsen, Jaenson et al. 1993; Gern, Rouvinez et al. 1997). Ces espèces ont moins de chance d'entrer en contact avec l'être humain, ce qui explique qu'elles soient moins souvent associées à l'infection. Au contraire, *I. ricinus*, *I. scapularis* et *I. pacificus* sont des tiques non-nidicoles, c'est-à-dire qu'elles attendent leur hôte sur la végétation basse (Gern 2008). Ces dernières ont ainsi plus de chance d'entrer en contact avec des hôtes accidentels comme l'être humain. Bien qu'elles puissent être retrouvées dans des environnements diversifiés (Piesman and Spielman 1979), *I. ricinus* et *I. scapularis* vivent généralement dans les régions boisées où les taux d'humidité sont assez élevés (plus de 80% d'humidité) étant donné qu'elles sont très sensibles à la dessiccation (Stafford 1994; Randolph, Green et al. 2000). La litière de feuille qui se trouve au sol dans les forêts feuillues matures les protège de la dessiccation et de la neige.

Les tiques vectrices s'infectent lorsqu'elles prennent un repas de sang sur un hôte infecté par la bactérie *B. burgdorferi* s.l., qui peut ensuite être transmise oralement par la salive infectée de la tique lors du repas de sang suivant. Ce sont donc principalement les larves et les nymphes qui maintiennent le cycle d'infection dans les populations d'hôtes réservoirs, étant donné que les tiques adultes se nourrissent plutôt sur des espèces de grande taille comme les cervidés, qui ne sont pas des réservoirs compétents (Thompson, Spielman et al. 2001; Gern 2008). Des études ont montré que *I. scapularis* devait être attaché sur son hôte pendant plus de 24h pour pouvoir transmettre *B. burgdorferi* s.s. (Piesman, Mather et al. 1987; des Vignes,

Piesman et al. 2001). La durée d'attachement nécessaire semble toutefois varier en fonction de l'espèce de *Borrelia* en cause pour la transmission de l'infection par *I. ricinus*, et il semblerait que *B. afzelii* peut être transmise plus rapidement que *B. burgdorferi* s.s. Une étude a notamment montré que 33% des souris avaient été infectées en moins de 48h par *B. afzelii* alors qu'aucune n'avait été infectée par *B. burgdorferi* s.s. (Crippa, Rais et al. 2002).

e. Portrait clinique chez l'être humain

Chez l'être humain, la maladie de Lyme peut évoluer en trois stades, bien que ces stades puissent se chevaucher et que différentes nomenclatures existent pour décrire l'évolution de la maladie (Stanek, Wormser et al. 2012; Bockenstedt and Wormser 2014). Il est important de noter que les différentes espèces bactériennes du complexe *Borrelia burgdorferi* s.l. peuvent engendrer des portraits cliniques différents. Par exemple, *B. afzelii* induit principalement des signes dermatologiques et *B. garinii* des signes neurologiques (Stanek and Strle 2008).

De façon générale, le premier stade, ou infection localisée, cause une lésion cutanée typique en forme de cible d'au moins 5 cm de diamètre et connue sous le terme d'érythème migrans. Cette lésion est présente chez environ 80% des personnes infectées bien qu'elle puisse passer inaperçue (Steere 2001; Steere, Dhar et al. 2003). Cette lésion indolore se développe au site de la piqûre de la tique en 3 à 30 jours (Murray and Shapiro 2010), et prend habituellement de l'expansion. Une manifestation cutanée plus rare est le lymphocytome, un nodule rougeâtre qui peut se développer sur l'oreille, le mamelon ou le scrotum (Stanek, Wormser et al. 2012). À ce stade, les personnes développent également des signes non spécifiques comme de la fièvre, de la fatigue, des maux de tête, des douleurs musculaires et articulaires (Bockenstedt and Wormser 2014).

Le deuxième stade de la maladie, ou maladie de Lyme disséminée, est secondaire à l'invasion des différents systèmes par la bactérie, et se manifeste notamment par des signes neurologiques, cardiaques, articulaires et cutanés. Au niveau cutané, l'érythème migrans peut se multiplier en plusieurs lésions (Stanek, Wormser et al. 2012). Les manifestations neurologiques les plus fréquemment rapportées sont des neuropathies des nerfs crâniens et des radiculopathies, parfois accompagnés de méningite, et plus rarement d'encéphalomyélite et de polyneuropathie axonale (Bockenstedt and Wormser 2014). On réfère à ces conditions comme la neuroborréliose. Ces signes sont associés en particulier à l'infection par *B. garinii* (Stanek and Strle 2008). Au niveau cardiaque, des manifestations sévères peuvent se

manifester (1% des cas rapportés au *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC)). Les blocs atrio-ventriculaires sont les signes les plus fréquents (Bockenstedt and Wormser 2014), mais des morts soudaines ont également été rapportées (CDC 2013).

Le troisième stade, ou maladie de Lyme tardive, résulte de l'aggravation de l'infection systémique et peut persister (Bockenstedt and Wormser 2014). L'arthrite est la manifestation la plus courante (60% des personnes infectées non-traitées (Bockenstedt and Wormser 2014)) et serait due à la réponse auto-immune associée à l'infection par *B. burgdorferi* s.s. (Stanek and Strle 2009). Au niveau cutané, l'acrodermatite chronique atrophiante (appelée aussi maladie de Pick-Herxheimer) peut se manifester à ce stade et consiste en des lésions rougeâtres ou violacées accompagnées d'un amincissement de la peau, affectant principalement le dos des mains, des coudes, des genoux et des chevilles (Stanek, Wormser et al. 2012).

Un débat existe sur l'existence d'une forme chronique de la maladie de Lyme. Aux États-Unis, les scientifiques semblent maintenant reconnaître l'existence d'un syndrome, appelé le syndrome post-traitement de la maladie de Lyme, qui se manifeste par de la fatigue, de la dépression, des douleurs musculo-squelettiques et des problèmes cognitifs qui persistent pour plus de six mois (Wormser, Dattwyler et al. 2006). Une étude réalisée en Suède a rapporté que 13% des personnes infectées traitées avaient manifesté des signes compatibles avec ce syndrome (Henningsson, Malmvall et al. 2010). Un traitement tardif suite à l'infection serait un facteur prédisposant à ce syndrome dont la pathogenèse est encore mal connue. Certains ont suggéré que la réponse immunitaire et inflammatoire pourrait être en cause (Parthasarathy, Fevrier et al. 2013), mais les preuves scientifiques ne sont pas suffisantes à ce jour pour conclure.

f. Facteurs de risque

Certains facteurs de risque ont été associés avec une plus grande probabilité de contracter la maladie de Lyme. Ces facteurs sont principalement des comportements ou activités qui favorisent une exposition aux piqûres de tiques. La fréquentation de parcs (Smith, Wileyto et al. 2001) et la pratique d'activités extérieures dans une zone à risque, comme le jardinage (Smith, Wileyto et al. 2001) et toutes autres activités engendrant un contact prolongé avec la végétation (Orloski, Campbell et al. 1998; Finch, Al-Damluji et al. 2014), ont été associés avec une sérologie positive pour *B. burgdorferi* s.l. dans des études cas-témoins. Habiter en milieu rural ou à proximité d'un boisé (Smith, Wileyto et al. 2001), ou encore avoir

observé des cerfs sur la propriété (Orloski, Campbell et al. 1998; Smith, Wileyto et al. 2001) ont également été identifiés comme des facteurs associés. Dans le même ordre d'idée, les travailleurs extérieurs sont considérés comme un groupe à risque pour la maladie de Lyme. Plusieurs études se sont intéressées au risque occupationnel des travailleurs extérieurs et forestiers et ont montré que le risque d'avoir une sérologie positive était plus élevé chez ces travailleurs (Piacentino and Schwartz 2002; Richard and Oppliger 2015).

Le risque associé à la maladie de Lyme varierait également selon l'âge et le genre, bien que peu d'études aient spécifiquement mesuré ces associations. De façon générale, il y aurait une association positive entre l'âge et avoir une sérologie positive pour la maladie de Lyme (Smith, Wileyto et al. 2001; Finch, Al-Damluji et al. 2014; Wilhelmsson, Fryland et al. 2015). Concernant le genre, les associations varient selon les études. Par exemple, les hommes étaient plus à risque que les femmes d'être séropositifs dans une étude en Allemagne (Dehnert et al. 2012) et de devenir séropositifs dans une étude prospective réalisée en Suède (Wilhelmsson, Fryland et al. 2015), mais une autre étude réalisée dans le même pays avait plutôt identifié les femmes de certains groupes d'âge (40 ans et plus) comme ayant un risque plus élevé de développer la maladie de Lyme (Bennet, Stjernberg et al. 2007). Au Canada, de 2009 à 2012, il y avait plus d'hommes que de femmes (56% vs 44%) parmi les cas rapportés et la catégorie d'âge regroupant le plus de cas était les 55-74 ans (Agence de la santé publique du Canada 2015). Ces différences impliquant le genre et l'âge pourraient s'expliquer par des différences au niveau des comportements à risque. Plusieurs études ont montré que les comportements à risque et les comportements préventifs, et donc l'exposition aux piqûres de tiques, variaient en fonction de ces facteurs. Ces observations sont résumées au tableau II de la section suivante (Efficacité des mesures préventives individuelles).

g. Diagnostic

La maladie de Lyme devrait être envisagée chez les personnes présentant un érythème migrans, bien que cette lésion ne soit pas pathognomonique (aussi observé avec la maladie nommée '*Southern Tick-Associated Rash Illness*' et transmise par une piqûre de la tique étoilée américaine, *Amblyomma americanum*)(Bockenstedt and Wormser 2014). La méthode de choix présentement recommandée au Canada et aux États-Unis pour le diagnostic en laboratoire est l'analyse sérologique en deux temps : une épreuve immunoenzymatique d'une sensibilité élevée (EIA) suivie, en présence d'un résultat positif ou indéterminé, d'un test par transfert

Western d'une spécificité élevée comme test de confirmation (Lindsay, Bernat et al. 2014). En Europe, les recommandations pour le diagnostic en laboratoire ne sont pas homogènes dans tous les pays. En fait, l'utilisation de tests sérologiques est compliquée par la présence de différentes espèces de *Borrelia* sp., ce qui fait que le type de test et l'interprétation doivent être faits en fonction des caractéristiques locales de la maladie de Lyme dans une région (Robertson, Guy et al. 2000).

h. Traitement

B. burgdorferi s.l. est habituellement sensible aux tétracyclines, à la plupart des pénicillines, aux céphalosporines de deuxième et troisième génération et aux macrolides. La doxycycline est le traitement de choix au Canada et est habituellement très efficace. Le traitement antibiotique est recommandé surtout aux premiers stades de la maladie, mais aussi en cas d'arthrite au troisième stade (Wormser, Dattwyler et al. 2006). Selon les symptômes qu'elles manifestent, les personnes infectées pourront recevoir des traitements complémentaires.

Dans les cas de personnes ayant une histoire et des signes compatibles avec le syndrome post-traitement de la maladie de Lyme, l'état actuel des connaissances scientifiques n'a pas démontré la pertinence de poursuivre un traitement antibiotique à long terme (Wormser, Dattwyler et al. 2006; Stanek, Wormser et al. 2012). Les études rapportent une réponse inefficace, légère ou seulement à court terme de cette approche thérapeutique (Klempner, Hu et al. 2001; Kaplan, Trevino et al. 2003; Krupp, Hyman et al. 2003). Il est ainsi actuellement accepté que des traitements de soutien sont les plus appropriés dans ces cas (Wormser, Dattwyler et al. 2006).

i. La maladie de Lyme chez les animaux

Les espèces animales qui jouent un rôle de réservoir ne développent habituellement pas de signes cliniques suite à l'infection. L'état actuel des connaissances ne permet pas de savoir précisément si certaines autres espèces sauvages sont susceptibles de développer des signes cliniques suite à une infection. Chez les animaux domestiques, plusieurs espèces peuvent contracter la maladie de Lyme. Des cas ont été rapportés chez les chats, les chevaux, les moutons et les vaches, mais les chiens sont l'espèce où la maladie est la plus fréquemment rapportée, quoique 95% des infections demeureraient asymptomatiques (Littman, Goldstein et al. 2006). Les signes cliniques chez le chien sont de la fièvre, une perte d'appétit, de la

léthargie, et des boiteries alternantes (polyarthrite). La néphrite aiguë est la complication la plus redoutée (Littman, Goldstein et al. 2006).

2. Prévention de la maladie de Lyme

Les stratégies de prévention de la maladie de Lyme, et parfois plus globalement des maladies transmises par des tiques, ont fait l'objet de plusieurs revues (Fish 1995; Poland 2001; Wilson 2002; Hayes and Piesman 2003; Piesman 2006; Piesman and Eisen 2008; Eisen, Piesman et al. 2012; Gutierrez and Decker 2012). Eisen et Piesman (2012) ont proposé de classer ces stratégies en quatre grandes catégories selon les objectifs recherchés (Eisen, Piesman et al. 2012) (Figure 2): a) les interventions visant la réduction de la prévalence de *Borrelia burgdorferi* s.l. chez les hôtes réservoirs et chez les tiques; b) les interventions visant la réduction globale de la densité de tiques; c) les interventions visant une modification du comportement humain en vue de réduire son exposition au risque (adoption de comportements préventifs individuels) et d) la vaccination de l'être humain. En santé publique, on classe également les interventions en trois grandes catégories selon la classification de Leavell et Clark (1965), soient la prévention primaire, secondaire et tertiaire. La prévention primaire vise à réduire l'incidence de la maladie, donc empêcher l'apparition de nouveaux cas. La prévention secondaire vise à empêcher l'évolution de l'infection, par exemple par le dépistage et le traitement précoce. La prévention tertiaire cherche à prévenir la mort et réduire les incapacités chroniques suite à la maladie (Leavell and Clark 1965). Il est à noter que les quatre catégories d'Eisen et Piesman regroupent des interventions de prévention primaire, qui est également l'objet principal de cette thèse. On peut cependant y ajouter une cinquième catégorie qui regrouperait les interventions de prévention secondaire et tertiaire pour la maladie de Lyme et qui concerne l'amélioration des connaissances et pratiques des professionnels de la santé afin de favoriser un diagnostic et un traitement rapide des personnes infectées.

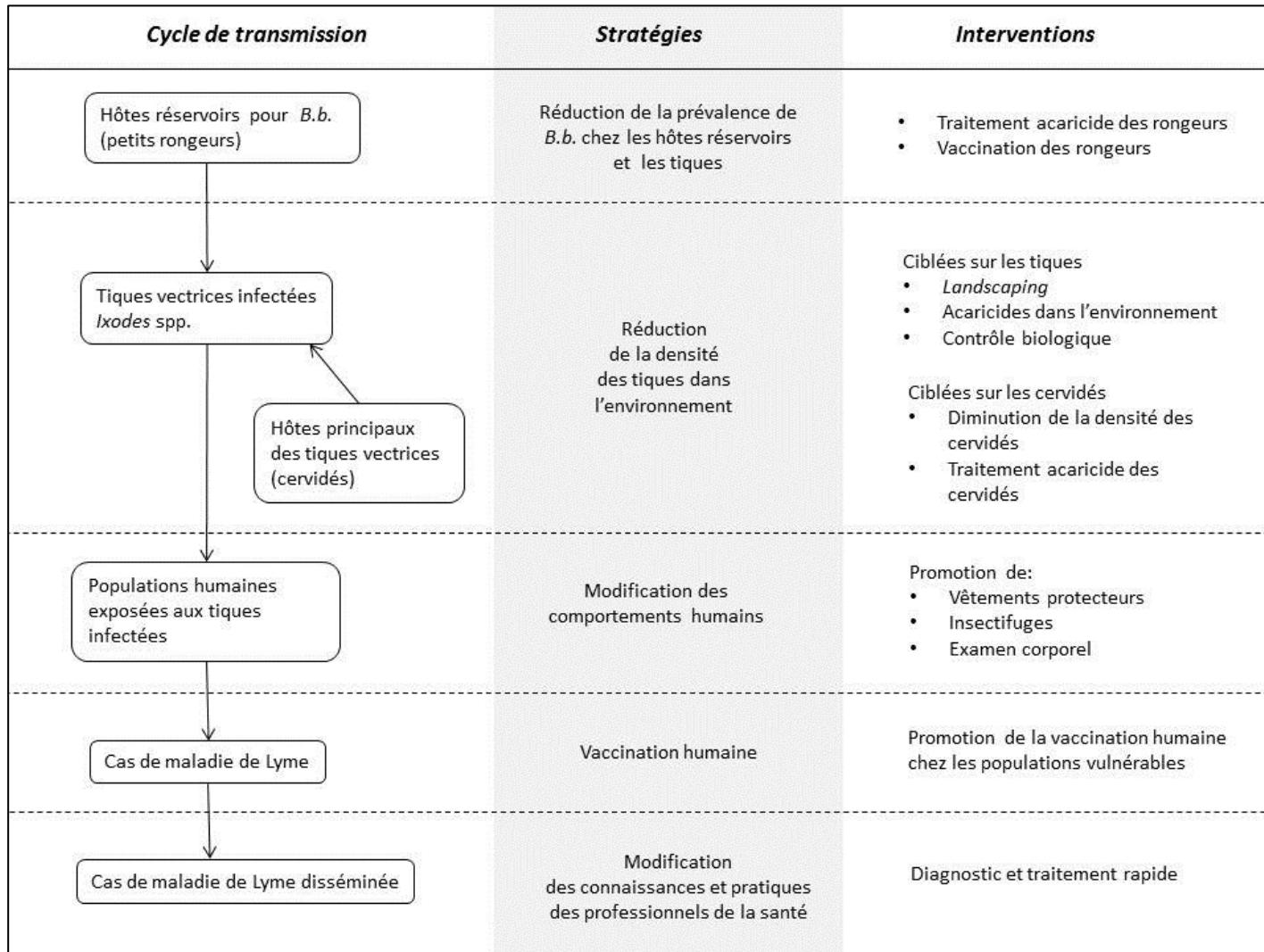


Figure 2. Principales stratégies de prévention de la maladie de Lyme

- a. Stratégies de prévention visant la réduction de la prévalence de *Borrelia burgdorferi* chez les hôtes réservoirs et les tiques (Stratégies ciblées sur les rongeurs).

Certaines stratégies permettraient spécifiquement de réduire la prévalence d'infection par *B.burgdorferi* s.l. chez les hôtes réservoirs ou les tiques. Cet objectif pourrait être atteint en protégeant les principaux réservoirs de la bactérie contre les tiques, comme les petits rongeurs, ou encore en développant un vaccin contre la bactérie et destiné aux populations de petits rongeurs. Des tubes de cartons contenant des perméthrines ont été développés afin d'appliquer de façon topique des acaricides aux petits rongeurs. Ce système, commercialisé sous le nom de système « Damminix », a montré une réduction significative des tiques en train de parasiter leur hôte, mais les études n'ont pu démontrer la présence d'un effet sur la réduction du nombre de tiques libres à la recherche d'un hôte dans l'environnement (Mather, Ribeiro et al. 1987; Daniels, Fish et al. 1991; Stafford 1991). Cet effet n'a été démontré que dans un seul des quatre essais sur le terrain qui ont été publiés (Deblinger and Rimmer 1991) (Poland 2001). Un autre système, utilisant cette fois des morceaux de coton traités avec du fipronil et pouvant être utilisé par les rongeurs pour construire leur nid, a été testé. Une étude a montré une efficacité initiale intéressante : le nombre de tiques *I.scapularis* en quête d'un hôte a diminué de 77% et la proportion de tiques infectées par *B.burgdorferi* s.s. avait également diminué après trois ans (31% étaient infectées sur les sites traités, comparé à 47% sur les sites non-traités) (Dolan, Maupin et al. 2004).

Le développement d'un vaccin contre *B.burgdorferi* s.l. et destiné aux rongeurs est également l'objet de plusieurs recherches récentes. Des vaccins injectables ont montré des résultats intéressants en laboratoire (Fikrig, Barthold et al. 1991; Tsao, Barbour et al. 2001) et sur le terrain (Tsao, Wootton et al. 2004) en réduisant la prévalence d'infection des tiques qui se nourrissaient sur les rongeurs. Plus récemment, une équipe a utilisé un vaccin pouvant être administré par le biais d'appâts vaccinaux pour une étude de terrain conduite par Richer et al. (2014) sur une durée de cinq ans. Les résultats ont montré que les souris à pattes blanches étaient davantage immunisées et que cette immunisation s'accompagnait d'une réduction des taux d'infection des nymphes de 23 à 76% (Richer, Brisson et al. 2014).

- b. Stratégies de prévention visant la réduction globale de la densité de tiques dans l'environnement
 - i. Stratégies ciblées sur les tiques

En modifiant l'habitat naturel favorable aux tiques du genre *Ixodes*, il est possible de diminuer la densité de tiques dans cet environnement dans l'objectif de réduire le risque de transmission de la maladie de Lyme à l'être humain. On réfère parfois à cette mesure par le terme anglais « *landscaping* ». Modifier l'habitat peut se faire de diverses façons et à petite ou grande échelle. On peut modifier l'habitat de la tique à petite échelle ou en zone péri-domestique, par exemple en tondant régulièrement la pelouse, en enlevant régulièrement les feuilles mortes, les herbes hautes et petits buissons en bordure des sentiers ou encore en aménageant une bande de gravier entre la zone à protéger et la zone boisée où est maintenu le cycle de la tique et de ses hôtes (Maupin, Fish et al. 1991). Une étude réalisée au Massachusetts a montré que la tonte du gazon pouvait réduire de 70% le nombre de tiques adultes (Poland 2001). L'enlèvement de la litière de feuilles a réduit le nombre de nymphes de 72 à 100% dans une autre étude du même type (Schulze, Jordan et al. 1995). Cependant, la capacité de ces interventions de réduire réellement le risque d'infection chez l'être humain reste à démontrer. Une autre étude réalisée aux États-Unis n'a pu démontrer que d'appliquer des mesures de modification de l'habitat dans l'environnement péri-domestique réduisait le risque d'être séropositif pour la maladie de Lyme (Finch, Al-Damluji et al. 2014).

À plus large échelle, l'utilisation de feux contrôlés a fait l'objet de quelques études, bien que son efficacité soit mitigée. Stafford et al. (1998) a montré une réduction du nombre de tique *Ixodes scapularis* de 74 à 97% suite à l'utilisation de cette technique (Stafford, Ward et al. 1998). À l'opposé, Mather et al. (1993) a montré que le risque d'être en contact avec des nymphes infectées par *B. burgdorferi* était le même dans les zones ayant été brûlées et dans celles qui étaient demeurées intactes (Mather, Duffy et al. 1993).

L'application d'acaricides dans l'environnement peut réduire la densité des tiques du genre *Ixodes*. Quelques études ont quantifié cet effet, les plus récentes étant basées sur l'utilisation de pyréthroïdes synthétiques (telles que cyfluthrine, pyrèthrine, deltaméthrine) qui sont considérées comme les acaricides présentant le moins de toxicité (auparavant, les pesticides comme le carbaryl, le diazinon et le chlorpyrifos étaient employés aux États-Unis). Il a été montré que l'application de ces produits pouvait réduire le nombre de nymphes de plus de

95% (Curran, Fish et al. 1993; Schulze, Jordan et al. 2001; Piesman 2006). Toutefois, à ce jour, l'utilisation d'acaricides sur sa propriété n'a pu être démontrée comme réduisant le risque de contracter la maladie de Lyme (Smith, Wileyto et al. 2001; Vazquez, Muehlenbein et al. 2008; Finch, Al-Damluji et al. 2014). Outre l'utilisation de ces produits acaricides, l'utilisation de savons ou de produits desséchants serait efficace et moins toxique, bien que l'effet soit de moins longue durée (Patrican and Allan 1995; Patrican and Allan 1995).

Dans le même ordre d'idée, les recherches se multiplient sur des méthodes de contrôle biologique des tiques, incluant l'utilisation de bactéries, de champignons, de nématodes et d'autres vertébrés et invertébrés capables de parasiter ou d'être des prédateurs des tiques vectrices. Bien qu'il ne soit pas possible à ce jour d'avoir recours à ces méthodes facilement étant donné qu'elles ne sont pas disponibles sur le marché, elles semblent avoir un potentiel intéressant pour l'avenir (Samish and Rehacek 1999).

ii. Stratégies ciblées sur les cervidés

Les cervidés sont importants pour maintenir les populations de tiques vectrices dans une région. Aussi, diminuer le nombre de cervidés dans une région entraînerait une diminution de la densité des tiques libres dans l'environnement (Rand, Lubelczyk et al. 2004). Cette réduction du nombre de cerfs peut se faire en augmentant les quotas de chasse dans les zones où la chasse est permise, par l'abattage, ou encore par l'installation de barrières en bordure des zones à protéger. Deblinger et al. (1993) a observé une réduction du nombre de nymphes d'*Ixodes scapularis* après une diminution contrôlée du nombre de cerfs de Virginie dans une région du Massachussetts suite à l'augmentation du nombre de cerfs chassés (Deblinger, Wilson et al. 1993). De plus, on a pu observer entre 74 et 80% de réduction du nombre de tiques lorsqu'on installait des barrières d'une hauteur de 3 à 4 mètres ou électrifiées pour empêcher les cerfs d'aller dans la zone protégée (Daniels, Fish et al. 1993; Stafford 1993).

Dans le même ordre d'idée, divers systèmes de traitement des cerfs contre les tiques avec des produits antiparasitaires ont été développés. Le plus prometteur est sans doute le système '4-poster', qui est une station permettant l'application topique d'acaricides (amitraz ou perméthrine) sur l'encolure des cerfs qui se nourrissent à la station (Carroll, Allen et al. 2002; Solberg, Miller et al. 2003). Cette méthode a été testée à large échelle aux États-Unis et a montré une réduction de la densité de nymphes *I. scapularis* de 71% lors d'une étude d'envergure sur plusieurs années (Brei, Brownstein et al. 2009).

Si ces stratégies semblent efficaces pour réduire la densité de tiques dans l'environnement ou diminuer la prévalence d'infection des hôtes réservoir et des tiques, il reste cependant à déterminer quels sont les seuils de réduction des populations de tiques ou de réduction des taux d'infection qui permettront d'obtenir une diminution significative du risque de transmission de la maladie de Lyme à l'être humain, tel que souligné dans une revue récente des stratégies de prévention (Piesman and Eisen 2008). De plus, il est important de noter que ces études ont toutes été réalisées dans le contexte nord-américain, et il n'est pas démontré que ces effets soient transférables au contexte européen, où les espèces de tiques vectrices sont plus nombreuses, pour lesquelles les hôtes possibles sont plus diversifiés et où les cervidés n'auraient possiblement pas la même importance dans le maintien des populations de tiques vectrices. Pour ces raisons, les principales stratégies de prévention de la maladie de Lyme sont actuellement celles visant une modification du comportement humain, c'est-à-dire l'adoption de mesures préventives au niveau individuel.

c. Stratégies de prévention visant une modification du comportement humain

Les principales mesures recommandées en santé publique sont habituellement la pratique d'un examen corporel pour détecter et enlever les tiques fixées à la peau après une visite dans une zone à risque (examen corporel), le port de vêtements protecteurs de couleur claire incluant des pantalons longs fermés (« dans les bas ») et des manches longues, le port d'insectifuges tel que le DEET (*N,N*-diéthyl-3-méthylbenzamide) sur les vêtements et la peau, et la prise d'une douche ou d'un bain après une activité dans une zone à risque. Le port de vêtements traités avec des insecticides comme les perméthrines sont aussi parfois recommandés pour certains travailleurs d'extérieur, et notamment pour les militaires à l'entraînement dans les zones à risque au Québec. Au niveau péri-domestique, la tonte régulière du gazon et le ramassage des feuilles mortes sont couramment recommandés, ainsi que l'application d'acaricides sur sa propriété dans certaines zones endémiques aux États-Unis (CDC 2015).

i. Efficacité des mesures préventives individuelles

Les comportements préventifs sont encouragés dans le but logique de diminuer le risque de contracter la maladie de Lyme en réduisant la probabilité d'être exposé à une piqûre de tique d'une durée suffisante pour transmettre la bactérie. Or, les études observationnelles ayant pu démontrer que ces comportements réduisaient le risque de contracter la maladie de

Lyme sont rares, et l'efficacité mesurée dans ces études est variable (Tableau I) (Ley, Olshen et al. 1995; Orloski, Campbell et al. 1998; Smith, Wileyto et al. 2001; Vazquez, Muehlenbein et al. 2008; Connally, Durante et al. 2009; Finch, Al-Damluji et al. 2014). De plus, toutes les études que nous avons pu trouver dans la littérature scientifique sont des études cas-témoin réalisées aux États-Unis. Par exemple, il est démontré en laboratoire que le DEET est efficace pour repousser les tiques du genre *Ixodes* (Carroll, Solberg et al. 2004), mais seulement deux études sur les six présentées au Tableau I ont pu démontrer que son utilisation régulière était associée à un risque réduit de contracter la maladie de Lyme. Ces résultats variables sont surprenants étant donné leur logique intrinsèque (i.e. réduire l'exposition aux tiques vectrices devraient mener à une diminution du risque d'infection) et pourraient être dus aux méthodologies utilisées. Premièrement, les comportements mesurés dans toutes ces études sont rapportés par les participants, et un biais d'information est fort probable. Deuxièmement, certaines études (Ley, Olshen et al. 1995; Orloski, Campbell et al. 1998) ont de petits échantillons et pourraient avoir souffert d'un manque de puissance statistique. Troisièmement, tel que suggéré par les auteurs de l'étude de Smith (Smith, Wileyto et al. 2001), la majorité de ces études ne tiennent pas compte du niveau de risque dans lequel se situent les participants. En fait, comme le suggère les auteurs, le fait d'adopter des mesures préventives pourrait être un indicateur de se situer dans une zone à haut risque pour la maladie de Lyme, et donc d'être également plus susceptible d'être exposé à une tique infectée. L'effet du comportement serait ainsi masqué.

Tableau I. Résumé de l'efficacité des comportements préventifs pour prévenir la maladie de Lyme selon six études cas-témoin

| | Ley, Olshen et al. 1995 | Orloski, Campbell et al. 1998 | Smith, Wileyto et al. 2001 | Vazquez, Muehlenbein et al. 2008 | Connally, Durante et al. 2009 | Finch, Al-Damluji et al. 2014 |
|--|-------------------------|-------------------------------|--|----------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| Région de l'étude | Californie | New Jersey | Pennsylvanie | Connecticut | Connecticut | Rhode Island |
| Comportements préventifs | | | | | | |
| Application d'insectifuges | ns* | ns | Oui*** OR=0,70; IC95%=0,57-0,86 | Oui OR=0,8; IC95%=0,6-0,9 | ns | ns |
| Port de vêtements protecteurs | ns | ns ¹ | ns | Oui OR=0,6; IC95%=0,5-0,7 | ns | Oui OR=0,5; IC95%=0,3-0,8 |
| Port de vêtements clairs | ns | ns ² | ns | - | - | - |
| Port de vêtements traités à la perméthrine | ** | - | - | - | ns | - |
| Vérification corporelle | ns | ns ³ | Oui ⁴ | ns | Oui OR=0,64; IC95%=0,43-0,94 | ns |
| Prise de bain ou douche | - | - | - | - | Oui OR=0,6; IC95%=0,38-0,96 | - |
| Application d'acaricides péri-domestiques | - | - | Association inverse OR=1,76; IC95%=1,03-3,01 | ns | ns | - |
| Tonte du gazon régulièrement | - | - | - | - | ns | - |
| Enlever les feuilles mortes régulièrement | - | - | - | - | ns | - |

*ns: Mesuré dans l'étude mais non-significatif statistiquement; ** - : Non mesuré dans l'étude; *** les OR sont rapportés à titre indicatif seulement. Des différences dans la méthodologie des différentes études ne permettent pas de faire de comparaison entre les études.

1: 4% des cas de ML rapportaient avoir adopté ce comportement vs 16% des témoins (statistiquement non-significatif)

2 : 52% des cas de ML rapportaient avoir adopté ce comportement vs 71% des témoins (statistiquement non-significatif)

3 : 55% des cas de ML rapportaient avoir adopté ce comportement vs 73% des témoins (statistiquement non-significatif)

4 : Seulement les individus vérifiant pendant l'activité extérieure avaient un risque réduit (vs après l'activité)

ii. Facteurs favorisant l'adoption des comportements préventifs

Les facteurs favorisant l'adoption de comportements préventifs pour se protéger contre la maladie de Lyme ont été étudiés à quelques reprises (Tableau II) (Cartter, Farley et al. 1989; Herrington, Campbell et al. 1997; Shadick, Daltroy et al. 1997; Gray, Granstrom et al. 1998; Armstrong, Brunet et al. 2001; de Vries and van Dillen 2002; Brewer, Weinstein et al. 2004; Herrington 2004; Maher, Akerblom et al. 2004; McKenna, Faustini et al. 2004; Jenks and Trapasso 2005; Gould, Nelson et al. 2008; Heller, Benito-Garcia et al. 2010; Beaujean, Bults et al. 2013; Beaujean, Gassner et al. 2013; Valente, Wemple et al. 2014). Ces études sont pour la plupart transversales et visaient principalement à mesurer les niveaux d'adoption des comportements préventifs dans les populations, à identifier les facteurs associés à l'adoption de comportements préventifs ou à faire le suivi de l'efficacité des programmes de communication du risque (mesures prises avant et après l'application du programme dans ce dernier cas)(Gray, Granstrom et al. 1998; Maher, Akerblom et al. 2004; Jenks and Trapasso 2005; Gould, Nelson et al. 2008). Parmi ces études, plusieurs ont montré que même dans les régions où la maladie de Lyme est considérée comme endémique, la proportion de la population qui adoptait de façon régulière les comportements préventifs recommandés pouvaient être faible (Cartter, Farley et al. 1989; Herrington, Campbell et al. 1997; Shadick, Daltroy et al. 1997; Mawby and Lovett 1998; Phillips, Liang et al. 2001; McKenna, Faustini et al. 2004; Heller, Benito-Garcia et al. 2010; Beaujean, Bults et al. 2013; Valente, Wemple et al. 2014; Hook, Nelson et al. 2015). Les niveaux d'adoption varient selon la mesure recommandée, les plus faibles étant observés pour l'utilisation régulière d'insectifuge, qui se situe dans la majorité des études, sous les 15% (Phillips, Liang et al. 2001; Gould, Nelson et al. 2008; Heller, Benito-Garcia et al. 2010; Beaujean, Bults et al. 2013; Valente, Wemple et al. 2014).

Certaines de ces études ont identifié les facteurs qui étaient associés à l'adoption de ces comportements préventifs. Les facteurs identifiés sont variables d'une étude à l'autre, mais certains sont identifiés plus fréquemment : un niveau élevé de perception du risque (et particulièrement de la sévérité de la maladie) (Cartter, Farley et al. 1989; Herrington, Campbell et al. 1997; Shadick, Daltroy et al. 1997; Herrington 2004; Beaujean, Bults et al. 2013; Valente, Wemple et al. 2014), une perception élevée qu'il est possible de se protéger contre la maladie (sentiment de maîtrise)(Cartter, Farley et al. 1989; Shadick, Daltroy et al. 1997; de Vries and van Dillen 2002; Valente, Wemple et al. 2014), une efficacité perçue élevée du comportement en question (Cartter, Farley et al. 1989; Shadick, Daltroy et al. 1997; Beaujean, Bults et al.

2013), de bonnes connaissances sur la maladie de Lyme (Herrington, Campbell et al. 1997; Herrington 2004; Beaujean, Bults et al. 2013; Beaujean, Gassner et al. 2013) et le fait de connaître quelqu'un qui a déjà eu la maladie de Lyme ou l'avoir déjà eu (Herrington, Campbell et al. 1997; Herrington 2004; McKenna, Faustini et al. 2004). Vivre dans une région où l'incidence de la maladie est élevée a également été observé comme étant associé à une meilleure adoption des comportements préventifs (Herrington 2004; Hook, Nelson et al. 2015).

De rares essais contrôlés ont été réalisés dans le but de mesurer l'efficacité de programmes de communication du risque pour la maladie de Lyme (Gray, Granstrom et al. 1998; Malouin, Winch et al. 2003; Daltroy, Phillips et al. 2007). Toutes les études recensées ont été réalisées aux États-Unis. Daltroy et al. (2007) a suivi sur trois ans plus de 30 000 passagers se rendant sur l'île de Nantucket, au Massachussets, une zone fortement endémique pour la maladie de Lyme. Les bateaux contenant les passagers qui recevaient le matériel d'éducation sur la maladie de Lyme étaient sélectionnés aléatoirement. Les bateaux « contrôles » recevaient de l'information sur la prévention des blessures en bicyclette et patins à roulettes. Les résultats ont montré que l'intervention avait réduit de 60% le risque de contracter une maladie transmise par une tique chez les visiteurs de l'île qui y séjournaient pour plus de deux semaines. Le niveau d'adoption des comportements préventifs était également augmenté chez les participants ayant eu accès au matériel de sensibilisation à la maladie (58% vs 39% chez les contrôles). Malouin et al. (2003) a tenté également de mesurer l'effet d'un programme de communication distribué aléatoirement à 317 participants vivant dans le comté de Baltimore, au Maryland. Les connaissances, attitudes et comportements (CAC) des participants étaient évalués lors de trois visites subséquentes dans leur clinique médicale, et ils subissaient un test sérologique permettant de détecter les anticorps spécifiques à la salive de tique (plus précisément à un marqueur nommé la calréticuline). Ce test servait à identifier si le participant avait subi une piqûre de tique de longue durée (plus de 48h). Les résultats de cette étude ont montré que les CAC avaient augmenté de façon significative dans le groupe ayant reçu le matériel éducatif, mais les proportions de participants exposés aux piqûres de tiques de longue durée n'étaient pas différentes entre les groupes (Malouin, Winch et al. 2003).

Au Canada, un mémoire de maîtrise a porté sur la perception du risque et les connaissances sur la maladie de Lyme, ainsi que sur leur importance pour l'analyse de risque dans la province du Manitoba. Vingt-trois entrevues ont été menées auprès de décideurs, de scientifiques, de cliniciens et de militants de groupes de malades. L'analyse des résultats

montre de multiples différences de perceptions entre ces quatre groupes de répondants (Crang 2009). Nous n'avons pas trouvé d'études publiées comparant la perception du risque chez le grand public et les décideurs, ni d'études comparatives de la perception du risque entre différents pays.

Tableau II. Résumé des principales études relatives aux facteurs associés aux comportements préventifs pour la maladie de Lyme (ML)

| Étude | Objectif | Population cible (méthode) | Principaux résultats |
|--------------------------------|---|---|---|
| Cartter et al., 1989 | Mesurer les connaissances, attitudes et les comportements (CAC) relatifs à la ML | Élèves d'écoles secondaires, Old Lyme, Connecticut, États-Unis (Questionnaires, n=153) | <ul style="list-style-type: none"> Le niveau de connaissances est généralement élevé : 83% savent que la ML est transmise par la tique du chevreuil, 89% savent qu'ils peuvent réduire leur risque en adoptant des comportements préventifs. La perception du risque est élevée : 65% perçoivent la ML comme une maladie sévère, 78% perçoivent que la ML est commune au Connecticut. Les mesures préventives sont faiblement adoptées : 17% utilisent des insectifuges, 48% font une vérification corporelle, 32% portent des vêtements protecteurs. Un haut niveau de perception du risque et une haute efficacité perçue sont associés avec l'adoption de comportements préventifs. Une bonne efficacité perçue augmente de 3 à 6 fois les chances d'adopter un comportement. |
| Shadick et al., 1997 | Documenter les comportements préventifs chez les résidents d'une zone avec une haute incidence et identifier les déterminants de ces comportements. | Passagers d'un traversier pour Martha Vineyard, Massachusetts, États-Unis (Questionnaires, n=304) | <ul style="list-style-type: none"> Le niveau de connaissances est bon. Les mesures préventives sont faiblement adoptées : 30% portent des pantalons longs, 33% font une vérification corporelle. Insectifuges sont portés 19% du temps. Un haut niveau de sévérité perçue, un haut niveau de confiance dans sa capacité à trouver une tique, une attitude positive envers la mesure et le niveau d'éducation sont associés à l'adoption de la vérification corporelle. |
| Herrington et al., 1997 | Comparer les CAC entre les États avec haute et basse incidence pour ML (Connecticut : haute incidence; Maine : faible incidence; Montana : aucun cas) | Connecticut, Maine, Montana, États-Unis (Sondage téléphonique, échantillon aléatoire, n=4246) | <ul style="list-style-type: none"> Résider dans un État avec haute incidence (Connecticut) est associé avec connaître un peu ou beaucoup la ML. Le niveau d'adoption des comportements préventifs est proportionnel à l'incidence de la ML. Les facteurs suivants étaient associés avec l'adoption de mesures préventives : Haute perception du risque, bonne connaissances de la ML, connaître quelqu'un avec la ML, être marié, avoir 18 à 44 ans vs plus de 45 ans. |

Tableau II. (Suite)

| Étude | Objectif | Population cible (méthode) | Principaux résultats |
|-------------------------------------|---|---|---|
| Phillips et al., 2001 | Évaluer la prévalence de la ML et les comportements préventifs associés | Résidents de Nantucket Island, Massachusetts, États-Unis (Questionnaires et sérologies, n=4671) | <ul style="list-style-type: none"> • Hommes sont plus exposés aux piqûres de tiques. • Femmes évitent plus les zones à risque (41 vs 28%), font plus la vérification corporelle (82 vs 77%), utilisent des insectifuges (13 vs 8%). • Les jeunes de moins de 30 ans font moins toutes ces mesures. • Avoir trouvé plus de 5 tiques sur soi par année est associé à un diagnostic de ML et une sérologie positive. • Aucun comportement n'est associé significativement au statut sérologique de ML. |
| De Vries et van Dillen, 2002 | Identifier les facteurs sociaux associés au comportement de vérification corporelle des enfants | Parents vivants dans des régions endémiques aux Pays-Bas (Questionnaires, n=240, recrutés via leur médecin de famille) | <ul style="list-style-type: none"> • Les normes sociales, le regret anticipé, les modèles et le sentiment de maîtrise perçue sont associés au comportement de vérification des enfants. • Il n'y a pas de différence entre pères et mères dans les niveaux d'adoption de ce comportement. |
| Herrington, 2004 | Mesurer les connaissances, attitudes et les comportements (CAC) relatifs à la ML | États-Unis : premier sondage national sur ML (Sondage téléphonique, échantillonnage aléatoire simple, n=1500 +250 entrevues additionnelles dans 6 États avec la plus haute incidence) | <ul style="list-style-type: none"> • Dans les États avec incidence élevée, un niveau de connaissances élevé et avoir connu quelqu'un avec la ML sont fortement associés avec l'adoption des comportements préventifs. • Dans les États avec une incidence faible, une perception du risque élevée (sévérité perçue) est associée avec l'adoption de comportements préventifs. C'est le contraire dans les États avec une incidence élevée. • Une perception du risque élevée n'est pas associée aux comportements préventifs. L'auteur l'explique avec la théorie sur la perception du risque : dans les États avec incidence élevée, les comportements préventifs reflètent les connaissances et l'expérience avec les tiques et la maladie de Lyme, plutôt que la peur de l'inconnu. |

Tableau II. (Suite)

| Étude | Objectif | Population cible (méthode) | Principaux résultats |
|-------------------------------|--|---|--|
| Heller et al., 2010 | Mesurer les CAC dans une communauté brésilienne vivant dans une zone endémique et comparer les CAC entre les travailleurs d'extérieur et les autres. | Communauté brésilienne de Martha's Vineyard, Massachusetts, États-Unis (Questionnaires, n=103) | <ul style="list-style-type: none"> • Le niveau de perception du risque est modéré (59% se déclare à risque de contracter la ML). • Peu de comportements préventifs appliqués (28% pour la vérification corporelle, 12% insectifuges). • Les travailleurs d'extérieur adoptent davantage les comportements préventifs. |
| Beaujean et al., 2013a | Mesurer les CAC chez le grand public aux Pays-Bas | Pays-Bas (Questionnaires internet, échantillonnage aléatoire du panel, n=362) | <ul style="list-style-type: none"> • 35% ont un bon niveau de connaissance. • 95% perçoivent la ML comme une maladie sévère. • 6% pour l'adoption d'insectifuge, 32% vérification corporelle, 37% vêtements protecteurs. • Les connaissances, niveau d'inquiétude et l'efficacité perçue de la mesure sont les principaux facteurs associés aux comportements préventifs. |
| Beaujean et al., 2013b | Mesurer les CAC chez les enfants de 9 à 13 ans aux Pays-Bas | Enfants de 9 à 13 ans fréquentant les écoles primaires aux Pays-Bas (Questionnaires, n=1447) | <ul style="list-style-type: none"> • 70% ont un bon niveau de connaissance; • 18% étaient vérifiés par leurs parents de façon régulière; • De bonnes connaissances, connaître quelqu'un étant devenu malade suite à une piqûre de tique et résider dans une zone avec une forte couverture forestière étaient des facteurs associés à de plus fréquentes vérifications corporelles. |
| Valente et al., 2014 | Mesurer les CAC et les facteurs associés aux comportements préventifs | Visiteurs, résidents et passagers d'un traversier pour Martha Vineyard, Massachusetts, États-Unis (Questionnaires, n=946) | <ul style="list-style-type: none"> • 73% savent que la ML est transmise par la tique du chevreuil. • 37% ne connaissent pas les symptômes tardifs de la ML. • 45% vérification corporelle, 10% insectifuge, 14% vêtements protecteurs, 21% éviter les régions boisées. • Deux groupes à plus haut risque étaient visés et ont montré un faible niveau d'adoption des comportements préventifs. • Être plus âgé, haut niveau de maîtrise pour reconnaître les tiques et les symptômes, et un haut niveau de sévérité perçue étaient des facteurs associés à l'adoption de comportements préventifs (score global sur la base de quatre comportements). |

Tableau II. (Suite)

| Étude | Objectif | Population cible (méthode) | Principaux résultats |
|--------------------------|--|--|---|
| Hook et al., 2015 | Évaluer l'expérience de la population des États-Unis envers les maladies transmises par les tiques | États-Unis (Questionnaires internet en 2009, n=10587, 2011, n=8110, 2012, n=6728) questions sur les maladies transmises par les tiques ajoutées à un sondage national annuel sur les habitudes de vie) | <ul style="list-style-type: none">• L'adoption de comportements préventifs varie selon la région.• 32% n'ont jamais entendu parler de maladies transmises par les tiques.• De 4 à 37% selon la région rapportent qu'un membre de leur famille a été exposé à une tique dans la dernière année.• 51% ne font aucune mesure préventive.• Au total en 2011, 21% pour insectifuge, 16% douche, 31% vérification corporelle.• En 2009, aussi : 11% acaricides sur la propriété. |

d. Autres stratégies de prévention de la maladie de Lyme

Un vaccin contre la maladie de Lyme, LYMERix, a été disponible aux États-Unis de 1998 à 2002. Ce vaccin montrait une bonne efficacité (78% après trois doses), mais a été retiré du marché après qu'une forte attention médiatique ait affecté négativement la réputation du vaccin en exposant des doutes sur la présence d'effets indésirables importants (bien qu'il n'y ait pas de preuve scientifique pour accompagner ces faits). D'autres causes énumérées qui auraient également contribué au retrait du vaccin sont : la réticence des individus à se faire vacciner étant donné la nécessité de plusieurs rappels pour obtenir une bonne efficacité, un coût élevé, l'exclusion des enfants et la présence de certains effets indésirables dont des douleurs musculosquelettiques (Hanson and Edelman 2003; Hayes and Piesman 2003; Shen, Mead et al. 2011). D'autres tentatives de développement d'un vaccin contre la maladie de Lyme sont en cours (Piesman and Eisen 2008).

De plus, d'autres stratégies peuvent avoir un rôle à jouer pour la prévention secondaire et tertiaire de la maladie de Lyme, notamment celles qui visent à améliorer le diagnostic rapide et la prise en charge des cas potentiels et confirmés. Plusieurs études ont montré que les connaissances et pratiques des médecins de première ligne face à la maladie de Lyme étaient variables, et ce, même dans les régions endémiques (Magri, Johnson et al. 2002; Henry, Crabtree et al. 2012; Brett, Hinckley et al. 2014; Hill and Holmes 2015). Le renforcement de ces connaissances, de même que le développement de cliniques spécialisées font ainsi partie des stratégies de prévention.

3. Comportements relatifs à la santé et perception du risque

a. Modèles théoriques relatifs aux comportements de santé

Pour pouvoir explorer les facteurs associés à l'adoption de comportements préventifs pour la maladie de Lyme, il est important de comprendre plus globalement les modèles théoriques relatifs aux comportements de santé. Les comportements de santé peuvent être définis comme « toute activité entreprise par une personne se percevant comme étant en santé dans le but de prévenir une maladie ou la détecter à un stade asymptomatique » (Kasl and Cobb 1966). Ces comportements ne sont pas distribués de façon homogène dans une population donnée, et plusieurs facteurs peuvent expliquer ces différences, et aider à prédire l'adoption de certains comportements visés, incluant des facteurs démographiques, sociaux et cognitifs. Aussi, au-delà de la maladie de Lyme, il existe une vaste littérature sur les changements des comportements relatifs à la santé qui ont mené à l'élaboration de plusieurs théories issues du domaine de la psychosociologie et qui tentent d'expliquer l'adoption de comportements particuliers (Godin 1991; Conner 2005).

Un des modèles théoriques les plus connus et encore un des plus utilisés aujourd'hui est le modèle des croyances relatives à la santé (*Health Belief Model*), développé par Rosenstock à la fin des années 1960 aux États-Unis (Rosenstock 1966). L'objectif de ce modèle est de faciliter l'identification des facteurs qui font varier l'adoption de comportements bénéfiques à la santé afin de cibler les messages lors de l'élaboration de campagnes de communication. Le modèle original (figure 3) comprend quatre principaux facteurs qui influencent l'adoption des comportements: la perception de sa vulnérabilité face à la menace (ou la maladie), la perception de la sévérité de la menace, la perception des bénéfices du comportement préventif et la perception des barrières associées à l'adoption du comportement. Le sentiment de maîtrise sur la menace (*self-efficacy*) a été ajouté au modèle depuis sa création (Rosenstock, Strecher et al. 1988). Selon ce modèle, les perceptions peuvent être influencées par différents facteurs externes ou internes, dont des variables démographiques et socio-psychologiques et des incitatifs à l'action. Ces derniers peuvent être individuels, par exemple le fait de connaître quelqu'un qui ait déjà été affecté par la maladie, ou collectifs, comme par exemple l'exposition à des campagnes de communication. Ce modèle a été utilisé pour étudier les facteurs prédictifs de divers types de comportements relatifs à la santé, tels que l'observance des régimes thérapeutiques prescrits, le recours à des services médicaux et l'adoption de comportements

préventifs (Godin 1991).). Ce modèle a été notamment utilisé pour évaluer les facteurs associés à la vaccination contre le virus Influenza AH1N1 au Québec (Dubé, Gagnon et al. 2014). L'utilité du modèle pour développer des communications de santé efficaces pour certaines problématiques comme le dépistage du cancer a également été démontrée à plusieurs reprises (Sohl and Moyer 2007).

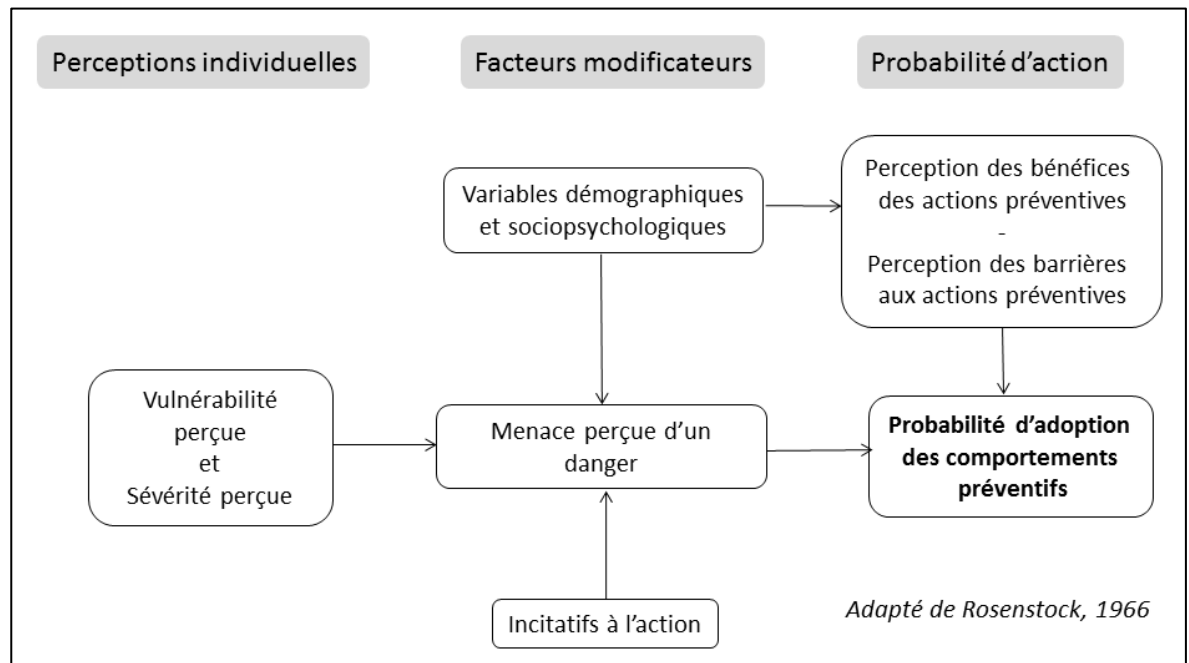


Figure 3. Modèle des croyances relatives à la santé

Quelques revues critiques et méta-analyses ont été réalisées depuis le développement du modèle afin d'en apprécier l'efficacité globale (Janz et Becker 1984; Harrison, Mullen et al. 1992; Brewer 2007; Carpenter 2010). De façon générale, ces études supportent la structure du modèle des croyances relatives à la santé, en montrant que les associations entre les facteurs du modèle et l'adoption de comportements de santé sont fréquemment identifiées et statistiquement significatives. Carpenter (2010) et Harrison et al. (1992) soulignent toutefois que la valeur prédictive du modèle est généralement faible. Ces méta-analyses sont toutefois limitées étant donné le petit nombre d'études qu'elles ont analysées (18 et 16, respectivement). De plus, il faut mentionner que les comportements de santé étudiés dans les études incluses n'étaient pas les mêmes entre les différentes études, ce qui est susceptible d'avoir un impact sur les conclusions, étant donné que la force de l'effet entre les variables mesurées et le comportement peut varier d'une menace ou d'une maladie à l'autre.

Les autres modèles principaux incluent la théorie de la protection motivée (*protection motivation theory*) (Rogers 1975), la théorie de l'action raisonnée (*theory of reasoned action*) (Fishbein 1980) et la théorie sociale cognitive (Bandura 2001). Bien que développés parallèlement au modèle des croyances relatives à la santé et avec certaines différences, ces modèles identifient tous la perception du risque et le sentiment de maîtrise et de contrôle sur un problème comme faisant partie des principaux facteurs sociocognitifs permettant de prédire l'adoption de comportements (pour une revue des modèles, voir Conner 2005). Tous ces modèles ont des avantages et des inconvénients pour l'étude des comportements de santé, et plusieurs chercheurs ont proposé l'adoption de modèles mixtes ou intégrateurs selon le type de problématique étudiée (voir Schwarzer 2008 comme un exemple de ce type de débat).

Ce sont ces modèles théoriques qui motivent la réalisation des études s'intéressant aux connaissances, attitudes et comportements (CAC) et à la perception du risque. L'étude des CAC est d'intérêt en santé publique, étant donné qu'au contraire de certains facteurs de risque comme le genre, l'âge ou l'identité culturelle, les connaissances, les attitudes et les comportements peuvent être modifiés, notamment par le biais de campagnes de communication.

b. Risque et perception du risque

La notion de risque est complexe et plusieurs définitions existent selon la perspective de l'analyste. Dans un document conjoint sur l'analyse des risques relatifs à la sécurité alimentaire, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et l'Organisation mondiale pour l'agriculture et l'alimentation (FAO) précisent qu'on peut définir le risque selon les paradigmes technique, psychologique et sociologique (WHO and FAO 2007). Le paradigme technique réfère à une évaluation scientifique de la probabilité et de la gravité d'un danger, alors que le paradigme psychologique réfère à la notion de perception individuelle, qui peut varier selon différents facteurs. Le paradigme sociologique situe plutôt le risque comme une construction influencée par de multiples facteurs sociaux et culturels. Dans le cadre de l'analyse de risque appliquée aux problématiques de santé publique, la notion de risque réfère traditionnellement au paradigme technique, c'est-à-dire à une notion quantitative combinant la probabilité de la survenue d'un danger et l'ampleur de ses conséquences indésirables (Vose 2008).

Le risque perçu diffère du risque calculé quantitativement. Plusieurs études ont montré que le risque perçu par la population générale différait de celui des experts, pour différents

types de danger (Slovic 1987; Sjöberg 1998; Decker, Evensen et al. 2010). Aussi, étant donné son importance pour l'adoption de comportements préventifs, connaître et comprendre la perception du risque de la population a un rôle important à jouer lors de la planification stratégique d'interventions de santé publique envers un problème de santé émergent comme la maladie de Lyme. Dans son « Cadre de référence en gestion des risques pour la santé dans le réseau québécois de la santé publique », l'Institut national de santé publique du Québec a d'ailleurs reconnu la nécessité d'intégrer les connaissances sur la perception du risque au processus d'évaluation des risques en vue de la prise de décision (INSPQ 2003).

La perception du risque peut être définie comme l'évaluation cognitive et affective d'une personne face à une situation ou un événement au cours duquel une chose ayant une valeur pour l'être humain (incluant lui-même) est menacée (Sjöberg L 2004). La perception du risque est devenue un enjeu important pour les décideurs dans les années 1960, alors que des mouvements publics d'opposition aux technologies nucléaires s'élevaient. La perception du risque était alors vue comme un obstacle à la prise de décision rationnelle, considérant que le public « voit des risques là où il n'y en a pas: « *The conflict between expert and public risk are at the basis of the social dilemmas of risk management.* » (Sjöberg L 2004).

De façon générale, on peut identifier deux grandes théories encadrant l'étude de la perception du risque : le paradigme psychométrique, qui vient du domaine de la psychologie et des sciences de la décision, et la théorie culturelle, issue de la sociologie et de l'anthropologie. Selon la théorie culturelle, la perception du risque est fortement liée à l'adhésion culturelle et aux apprentissages sociaux plutôt qu'à l'individu (Oltedal 2004). Cette approche a cependant été peu étudiée à l'aide de données quantitatives. Selon le paradigme psychométrique, le risque réel n'existe pas. Le risque est un concept subjectif défini par les individus et influencé par des facteurs psychologiques, sociaux, institutionnels et culturels. Ce paradigme suggère que le risque perçu peut être quantifié par les individus et que le niveau de perception du risque peut être (partiellement) prédit par des modèles statistiques multivariés qui tiennent compte des principaux facteurs qui le déterminent. Paul Slovic (Slovic 1986; Slovic 1987; Slovic 2000; Slovic 2001; Slovic, Finucane et al. 2004; Slovic, Peters et al. 2005), Lennart Sjöberg (Sjöberg and Drottz-Sjöberg 1991; Sjöberg 1998; Sjöberg 2000; Sjöberg 2002; Sjöberg L 2004) et Baruch Fischhoff (Fischhoff, Bostrom et al. 1993; Fischhoff 1995; Fischhoff 2005) ont été des pionniers dans ce domaine d'étude et leurs travaux se sont penchés sur les écarts entre les niveaux de perception du risque envers divers types de dangers et sur les déterminants de ces

perceptions. Plusieurs études réalisées selon ce paradigme ont identifié des différences entre le risque perçu par le public et le risque « calculé » par les experts (Sjoberg 2000; Slovic, Finucane et al. 2004).

Les déterminants de la perception du risque ont fait l'objet de nombreuses études au sujet de divers types de dangers. Ils comprennent des caractéristiques du danger en question et des facteurs individuels. Les facteurs associés à la perception du risque sont ainsi nombreux et multidimensionnels, et peuvent varier selon le type de danger étudié. Slovic (1982) souligne cependant que certains de ces déterminants sont répétables d'un danger à l'autre, tel que le démontrent ses travaux sur le sujet, dont la nouveauté du danger, la crainte qu'il suscite (*dread*) et le nombre de personnes exposées (revus également dans Sjoberg 2000). Ainsi, un danger qui est nouveau pour un individu, par exemple une maladie émergente, engendrera un haut niveau de risque perçu. Le potentiel catastrophique du danger, ou la crainte qu'il suscite, ainsi qu'un grand nombre de personnes qui sont ou seraient exposées, sont également des facteurs qui contribuent à un haut niveau de risque perçu.

Dans le même ordre d'idée, plusieurs facteurs relatifs aux individus peuvent faire varier la perception du risque. Ces facteurs et leur valeur prédictive pour la perception du risque sont variables selon le type de danger étudié et selon le type d'étude. Aussi, nous ne ferons pas une revue exhaustive de tous ces facteurs et de leur effet sur la perception du risque dans le cadre de cette thèse. Cependant, quelques-uns sont d'importance pour cette thèse et seront présentés brièvement. Le genre figure parmi ces facteurs : de façon générale, les femmes ont un niveau de perception du risque plus élevé que les hommes pour un même danger (Gustafson 1998; Flynn, Slovic et al. 1994; Krewski, Lemyre et al. 2006). L'âge est également souvent identifié comme un facteur modulant la perception du risque. Les jeunes ont, de façon générale, un niveau de perception du risque plus bas que les personnes plus âgées. Une étude sur la perception de différents risques de santé réalisée au Canada a pu mettre en évidence ce facteur (Krewski, Lemyre et al. 2006). Cette étude a également mis en évidence que le niveau d'éducation affectait la perception du risque, les individus ayant les plus bas niveaux d'éducation étant ceux qui avaient les plus hauts niveaux de perception du risque (Krewski, Lemyre et al. 2006). L'ethnicité a également été identifiée comme un facteur faisant varier la perception du risque, comme dans une étude ayant montré que les hommes blancs avaient un niveau de perception du risque plus bas que les hommes noirs pour les mêmes types de danger (Flynn, Slovic et al. 1994). Certains types de personnalité ont également été identifiés comme

étant associés à différents niveaux de perception du risque, et l'influence du type de personnalité varierait en fonction du type de danger (Chauvin, Hermand et al. 2007).

4. Planification et priorisation d'interventions en santé publique

L'importance d'adopter une pratique de la santé publique « fondée sur des preuves » ou « santé publique factuelle » (*evidence-based public health*) est aujourd'hui reconnue. Ce concept a été formalisé à la fin des années 1990 et est une expansion du concept de médecine factuelle (*evidence-based medicine*) (Brownson, Fielding et al. 2009). On le définit comme « l'utilisation consciencieuse, explicite et judicieuse des meilleures preuves scientifiques pour la prise de décision dans les domaines de la protection, du maintien et de l'amélioration de la santé et de la prévention des maladies concernant la santé des populations » (dans (Jenicek 1997), traduction libre).

Appliqué à la maladie de Lyme, ce concept propose donc de se baser sur les meilleures preuves scientifiques pour planifier et prioriser des interventions de prévention. Or, les interventions décrites dans les sections précédentes ont des efficacités variables ou parfois mal documentées pour réduire le risque relatif à la maladie de Lyme dans la population. Les décideurs doivent ainsi tenir compte de ces incertitudes lorsqu'ils doivent faire le choix d'inclure ou non ces stratégies dans leur plan de prévention. De plus, le manque de connaissances sur l'efficacité réelle de ces interventions potentielles n'est pas le seul enjeu qui vienne compliquer la prise de décision en ce qui concerne la gestion du risque de maladie de Lyme. Ces stratégies peuvent également avoir des impacts environnementaux, économiques et même sociaux qui dépassent leur capacité à réduire l'incidence des cas humains, et l'ampleur de ces impacts dans une population et un environnement donnés s'accompagne également d'un certain niveau d'incertitude. Par exemple, les acaricides peuvent avoir une toxicité sur d'autres espèces animales et des effets indésirables sur la santé humaine (Poland 2001; Alavanja, Hoppin et al. 2004), et la réduction du nombre de cervidés a certainement un impact sur le cycle écologique d'autres espèces et affectera plus globalement l'écosystème. Le déploiement d'une campagne de communication du risque peut affecter le bien-être social de la population en créant de nouvelles inquiétudes, et toutes ces stratégies entraînent des dépenses publiques considérables. L'ensemble de ces enjeux ont un impact sur l'acceptabilité des stratégies au sein de la population cible, il est donc crucial pour les décideurs de tenir compte et d'intégrer ces aspects lors de la planification et la priorisation d'interventions de prévention.

En plus de la multidisciplinarité des enjeux, il est important de souligner les enjeux relatifs au besoin incontournable d'adopter une approche intersectorielle pour la mise en œuvre de ces stratégies (Rabinowitz and Conti 2013). Comme d'autres problématiques en santé publique vétérinaire, la gestion de la maladie de Lyme implique à la fois les intervenants impliqués dans les organismes de divers secteurs comme ceux responsables de la santé animale, de la faune, de l'environnement et de la santé publique, qui sont regroupés habituellement dans des ministères ou organisations différentes, et qui peuvent avoir des mandats et des valeurs organisationnelles divergents. Ainsi, la complexité liée à cette maladie ne se situe pas qu'au niveau de son cycle écologique, mais également au niveau de sa prévention au niveau populationnel.

a. Outils d'aide à la décision

Afin de guider les décideurs dans la planification et la priorisation des interventions, divers outils d'aide à la décision ont été développés. Bien qu'elles ne soient pas mutuellement exclusives, il peut être utile de les classer en deux grandes catégories : les outils permettant d'évaluer l'ampleur et l'importance d'un risque (outil d'évaluation des risques) et les outils permettant de prioriser certaines interventions visant à minimiser un risque (outils de gestion des risques). Par exemple, la surveillance de la maladie de Lyme et le développement de cartes de risque montrant l'évolution des zones d'endémicité prévue pour les populations de tiques *Ixodes scapularis* au Canada sont des outils qui permettent d'évaluer le risque associé à cette maladie dans le temps et dans l'espace. Il est possible de tenir compte de la complexité du cycle écologique de la maladie à l'aide de la modélisation pour mesurer et tenter de prédire le risque dans certaines zones où les données de surveillance sont manquantes, ou encore dans le temps. À ce jour, ces outils se sont bien développés et ont permis de constater l'émergence de la maladie de Lyme au Canada et dans d'autres endroits du monde (Ogden, St-Onge et al. 2008; Koffi, Leighton et al. 2012; Leighton, Koffi et al. 2012; Feria-Arroyo, Castro-Arellano et al. 2014; Ogden, Radojevic et al. 2014).

Complémentaires à ces outils, les outils d'aide à la décision concernant la gestion des risques doivent tenir compte de l'efficacité des interventions potentielles et des autres enjeux liés à ces interventions afin les prioriser selon le contexte. Un exemple bien connu de ces outils sont les études coûts-bénéfices et coûts-efficacité, qui permettent aux décideurs de mettre en perspective l'efficacité d'une ou des interventions potentielles en fonction des coûts qu'elles

impliquent, afin de choisir celles qui offrent le meilleur rendement. Ce type d'outil permet d'inclure dans le processus de décision d'autres enjeux que l'efficacité des interventions : les coûts et bénéfices monétaires. Concernant la prévention de la maladie de Lyme, des études coût-bénéfices ont notamment été réalisées en ce qui concerne la vaccination humaine (Meltzer, Dennis et al. 1999; Hsia, Chung et al. 2002) et l'antibioprophylaxie (Magid, Schwartz et al. 1992).

Cette famille d'outils comporte cependant certaines limites. La première est que les données nécessaires pour transformer un ensemble d'impacts en coûts et bénéfices monétaires peuvent être difficilement accessibles. Aussi, la plupart des études se concentrent sur les coûts et bénéfices liés à une seule ou un ensemble réduit d'interventions, ce qui ne permet pas de comparer un grand nombre d'interventions entre elles. Deuxièmement, s'il est vrai que certains enjeux peuvent se traduire en coûts ou en bénéfices, tels que les coûts épargnés par nombre de malades « prévenus » par l'intervention, d'autres sont plus difficilement quantifiables à l'aide d'une valeur monétaire, par exemple le niveau de dégradation environnementale, ou encore le niveau d'acceptabilité sociale qui accompagne la mise en place d'une intervention.

b. L'aide à la décision multicritère

L'analyse multicritère ou aide à la décision multicritère (ADMC) est une approche qui permet d'évaluer et de ranger des options en intégrant de multiples critères d'évaluation, dont leur efficacité et leurs impacts, sans nécessairement les quantifier de façon monétaire. Elle tend donc à faciliter la priorisation de ces options, ou interventions. L'ADMC regroupe une famille d'outils d'aide à la décision qui provient du vaste champ de la recherche opérationnelle et qui est communément utilisée dans divers secteurs comme la gestion environnementale, industrielle et des affaires (Behzadian, Kazemadep et al. 2010). Plusieurs approches méthodologiques existent selon le type de problématique et les différences se situent principalement dans la méthode utilisée pour procéder à l'agrégation des performances pour la comparaison des interventions (Guitouni and Martel 1998). La littérature relative à ces approches est extrêmement vaste et leur étude constitue une discipline en soi. Ainsi, elles ne seront pas décrites de façon détaillée dans cette section. Guitouni et Martel (1998) ont proposé des directives pour choisir une méthode ADMC appropriée en fonction du type de problème de décision (Guitouni and Martel 1998). De plus, De Montis et al. (2004) ont proposé

des critères pour évaluer la qualité de ces méthodes (De Montis, De Toro et al. 2004). De façon générale, les méthodes ADMC à privilégier sont différentes si le nombre d'options (ou interventions) est discret ou s'il est infini. Les méthodes abordant un nombre fini d'alternatives, qui sont les problématiques d'intérêt pour cette thèse, peuvent se diviser en trois grandes catégories : les méthodes élémentaires comme celles utilisant les sommes pondérées, les méthodes utilisant un seul critère synthétisant tel que MACBETH, et les méthodes de surclassement basées sur des comparaisons par paires tel que PROMETHEE, qui est l'approche adoptée pour les études présentées aux chapitres 5 et 6 de cette thèse (Roy 1985).

Mises à part les particularités propres à chacune de ces méthodes, un élément qu'elles partagent est qu'elles permettent d'ordonner, selon de multiples critères quantitatifs et qualitatifs initialement non-comparables, une série d'options en fonction de leur performance. De plus, une caractéristique majeure est qu'elles offrent la possibilité d'incorporer le jugement (ou les préférences) des personnes impliquées dans le processus de décision en leur permettant de pondérer les critères de décision selon l'importance relative que ces personnes leur accordent. Les personnes participant au processus peuvent être des décideurs ou des intervenants impliqués de près ou de loin dans la décision ou encore affectés par la décision, ce qui peut inclure des membres de la communauté comme des experts ou des représentants du grand public (Brownson, Fielding et al. 2009). Ces mêmes personnes peuvent également contribuer à la construction de l'outil, comme à la définition du problème, l'identification des critères et des options à inclure dans l'outil, aussi appelé le modèle, ou la matrice multicritère. L'approche d'aide à la décision multicritère fait ainsi partie des outils permettant une approche participative, bien que cette étape ne soit pas obligatoire pour compléter le processus. Parmi les avantages connus de ces approches, mentionnons: l'inclusion explicite des éléments à évaluer dans un modèle (critères de décision, échelles de mesures de ces critères, scores de performance des alternatives, pondération des critères), l'inclusion des différentes perspectives des parties prenantes, l'application d'une démarche systémique et d'une documentation systématique d'un ensemble d'enjeux, la possibilité d'intégrer des éléments quantitatifs et qualitatifs, et l'amélioration de la rationalité et la transparence de la décision (Baltussen and Niessen 2006).

L'utilisation de l'ADMC dans le domaine de la santé est jusqu'à présent limitée mais en émergence (Behzadian, Kazemadep et al. 2010). Il est de plus en plus reconnu que cet outil permet d'aborder la prise de décision pour la gestion des risques par une approche

systematique qui intègre bien la complexité et les multiples dimensions importantes à la prise de décision en santé publique. L'ADMC s'intègre particulièrement bien à l'étape de gestion des risques en analyse de risque conventionnelle (vanGennip, Hulshof et al. 1997; Gamper and Turcanu 2007; Brownson, Fielding et al. 2009; The Expert Panel on Approaches to Animal Health Risk Assessment 2011).

En santé publique, l'ADMC a été utilisée dans différents contextes, notamment pour prioriser les problématiques de santé en général (vanGennip, Hulshof et al. 1997; Bots P.W. 2000; Baltussen and Niessen 2006; Baltussen, Stolk et al. 2006; Jehu-Appiah, Baltussen et al. 2008), incluant les zoonoses (Humblet, Vandeputte et al. 2012; Ng and Sargeant 2012; Cox, Sanchez et al. 2013; Ng and Sargeant 2013), les maladies animales (Del Rio Vilas, Voller et al. 2013) et les agents posant des risques au niveau de la résistance aux antimicrobiens (Ashbolt, Amezcuita et al. 2013; Garner, Carson et al. 2015). L'ADMC a également été utilisée pour la priorisation des interventions de prévention des maladies infectieuses comme la vaccination chez les populations à risque pour la fièvre jaune en Afrique de l'Ouest (Briand, Beresniak et al. 2009), pour le contrôle du VIH en Thaïlande (Youngkong, Baltussen et al. 2010), pour l'établissement d'un programme de santé pulmonaire au Népal (Baltussen, ten Asbroek et al. 2007), et pour prioriser les interventions de contrôle de la rage transmise par le chien en Amérique (Del Rio Vilas, Burgeno et al. 2013). Dans le domaine de la santé publique vétérinaire, des chercheurs ont également utilisé l'ADMC pour évaluer différentes stratégies d'élimination des carcasses animales suite à un éventuel incident de terrorisme agro-alimentaire (Milz 2008), ainsi que pour comparer différentes stratégies de mise en quarantaine (Mourits 2006) et de contrôle des épidémies de peste porcine en Europe (Mourits, van Asseldonk et al. 2010). Cette dernière étude de Mourits a notamment fait pondérer une série de critères de décision par les vétérinaires en chef de différents pays européens et a montré une grande variabilité dans la répartition de ces poids entre les répondants. Faisant suite aux controverses et aux répercussions sociales qu'ont engendré les opérations d'abattage massif d'animaux pour la gestion de maladies tel que la fièvre porcine classique, l'étude de Mourits montre l'utilité que peut avoir cet outil dans des situations où les intérêts des acteurs de la décision divergent et où les actions de contrôle ne font pas l'unanimité.

Nous n'avons pu trouver d'étude publiée décrivant une utilisation concrète de l'analyse multicritère pour des problématiques relatives à la maladie de Lyme. Hongoh et Al. (2011) a proposé l'utilisation de modèles ADMC spatialement explicite pour faciliter la gestion des

maladies vectorielles (Hongoh, Hoen et al. 2011). Ces auteurs mentionnent l'utilité de cette approche pour trois types de problématiques concernant la gestion des maladies vectorielles : l'évaluation des risques (Quelle est la distribution du risque?), la sélection d'interventions (Quels sont les effets des interventions sur différentes zones?) et la sélection de zones pour les interventions (Quelles zones devraient-êre prioritées pour les interventions?). Cette étude illustre le potentiel de cette famille d'outils pour aborder différentes questions d'importance pour la santé publique et relatives à des maladies vectorielles comme la maladie de Lyme. La figure 4, conçue par l'auteure de cette thèse et adaptée dans Hongoh et al., présente une synthèse des étapes générales de l'ADMC, de leur conceptualisation pour la problématique de la maladie de Lyme, et de leurs forces potentielles pour l'intégration des enjeux de la décision dans une perspective systémique et multi-acteurs. Cette approche conceptuelle et la méthodologie employée seront développées aux chapitres 5 et 6 de cette thèse.

c. Contributions des approches « Une seule santé » et « écosanté »

L'approche « Une seule santé » que nous avons définie en introduction est une réponse à la complexité des problématiques auxquelles doivent faire face les différents intervenants œuvrant à l'interface homme-animal-environnement. Les termes « Un monde, Une santé » (*One world, One health*), maintenant une marque déposée, ont été utilisés pour la première fois en 2003 par la *Wildlife Conservation Society*, mais cette approche prend ses réelles origines bien antérieurement. Les premiers guérisseurs soignaient sans discernement les hommes et les animaux, et ce n'est qu'au Moyen-Âge qu'une séparation nette prend place entre les médecines humaine et animale. Au XVIIIème siècle, on reviendra lentement vers ce principe d'interdépendance et d'intégration des « deux » médecines. Sir William Osler, médecin fondateur du modèle moderne de l'enseignement médical, a écrit en 1800: « *veterinary medicine and human medicine complement each other and should be considered as one medicine* » (Schwabe, 1984). Ce concept d'« une médecine » sera repris en 1984 par Calvin W. Schwabe, un des pionniers de la santé publique vétérinaire moderne, dans son ouvrage majeur *Veterinary medicine and human health* (Schwabe, 1984). Au début des années 2000, en lien notamment avec l'éclosion du syndrome respiratoire aigu sévère, la nécessité d'adopter cette approche intégrée a refait surface et elle est aujourd'hui reconnue internationalement, comme l'approche « Une seule santé » (Zinsstag, Schelling et al 2015). Les experts ont notamment souligné la convergence de cette approche avec l'approche écosanté, aussi appelée approche écosystémique de la santé, développée par le Centre de recherche pour le

développement international (CRDI) au Canada (Bunch et Waltner-Toews, 2015; Charron 2014). L'écosanté se définit comme une approche centrée sur les interactions entre les dimensions écologiques et socio-économiques d'une problématique et de leurs impacts sur la santé (Charron, 2012). Surtout appliquée dans un cadre de recherche, cette approche se concrétise par le respect de six principes : la pensée systémique, la recherche transdisciplinaire, la participation, la durabilité, l'équité sociale et des genres et le transfert des connaissances en action (Charron, 2012). Cette approche a été appliquée jusqu'à présent surtout dans des contextes de développement, mais les adeptes de l'approche « Une seule santé » reconnaissent en ces principes fondateurs des attributs qui peuvent s'appliquer aux problématiques complexes qui se trouvent à l'interface homme-animal-environnement, et venir renforcer l'efficacité des interventions de surveillance, de prévention et de contrôle des zoonoses. Les initiatives se multiplient pour favoriser l'adoption de cette approche écosanté, comme le démontre la création de communautés de pratiques au Canada et ailleurs dans le monde (CoPEH-Can, 2015). Cependant, cette approche n'est pas encore explicitement adoptée par les institutions publiques du Québec et du Canada qui sont impliquées dans la gestion des zoonoses.

L'aide à la décision multicritère pour la prévention et le contrôle de la maladie de Lyme

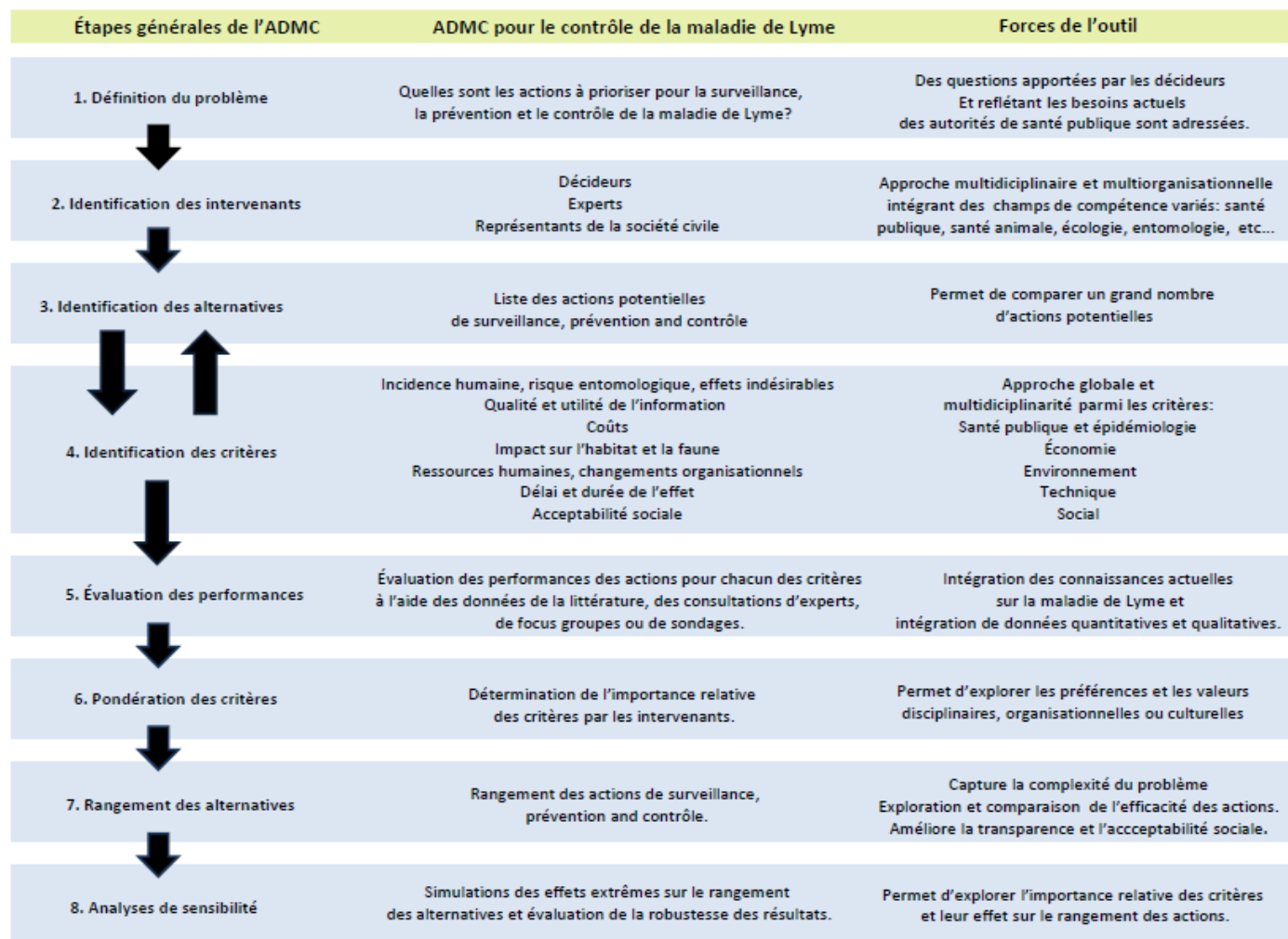


Figure 4. Étapes de l'ADMC, approche conceptuelle adaptée à la maladie de Lyme et forces potentielles de l'outil

From Lyme disease emergence to endemicity: a cross sectional comparative study of risk perceptions in different populations*

Cécile Aenishaenslin¹, André Ravel¹, Pascal Michel^{1,2}, Lise Gern³, François Milord⁴, Jean-Philippe Waub⁵, Denise Bélanger¹

¹ Groupe de Recherche en Épidémiologie des Zoonoses et Santé Publique (GREZOSP), Faculté de médecine vétérinaire, Université de Montréal, CP 5000, Saint-Hyacinthe J2S 7C6, Québec, Canada

² Laboratory for Foodborne Zoonoses, Public Health Agency of Canada, CP 5000, Saint-Hyacinthe H2S 7C6, Québec, Canada

³ Laboratoire d'Eco-Epidémiologie, Institut de Biologie, Université de Neuchâtel, 11 Emile-Argand, CP 158, 2009 Neuchâtel, Suisse

⁴ Institut national de santé publique du Québec, 1255 Beauregard, Longueuil J4K 2M3, Québec, Canada

⁵ Groupe d'étude et de recherche en analyse de la décision (GERAD), 3000 Côte-Sainte-Catherine, Montréal H3T 2A7, Québec, Canada

*Article publié: Aenishaenslin C, Ravel A, Michel P, Gern L, Milord F, et al. (2014) From Lyme disease emergence to endemicity: a cross sectional comparative study of risk perceptions in different populations. BMC Public Health 14: 1298. Disponible:

<http://www.biomedcentral.com/1471-2458/14/1298>

Abstract

Background: Lyme disease (LD) is a tick-borne emerging disease in Canada that has been endemic in many temperate countries for decades. Currently, one of the main approaches for LD prevention is the promotion of individual-level preventive behaviors against ticks. Health behaviors are influenced by individual and social factors, one important of which is risk perception. This study aims to describe and compare risk perception of LD, within and between general populations and experts living in two different regions: the Neuchâtel canton in Switzerland, where LD is endemic, and the Montérégie region in Québec (Canada), where LD is emerging.

Method: A web-based survey was conducted in both study regions (814 respondents) in 2012, and a questionnaire was administered to 16 experts. Comparative analyses of knowledge, risk exposure and different components of LD risk perception were performed. Multivariate analyses were used to calculate a global risk perception score and to identify determinants of risk perception in both regions.

Results: In Montérégie, only 15% of the survey respondents had a good level of knowledge of LD compared to Neuchâtel where 51% of survey respondents had good levels of knowledge. In Montérégie, 24% of respondents perceived themselves as being at *high* or *very high risk* of contracting LD vs 54% in Neuchâtel; however, a higher percentage of respondents from this region believed that personal protection was simple to carry out (73% vs 58% in Montérégie). Based on the population surveys, almost all of the identified determinants of risk perception were different between both populations except for gender. A good level of knowledge, living in the risk zone and knowing someone who has had LD increased risk perception, while a high level of education and being 18–34 years of age decreased this perception. The majority of the studied components of risk perception were different between populations and their regional experts.

Conclusion: This study suggests that risk perception of LD differs between populations and regional experts living in different epidemiological situations. Monitoring of knowledge and risk perception in local populations may help to better target LD communication efforts in accordance with population specific attributes thereby enhancing prevention efficacy.

Keywords: Lyme disease, Lyme borreliosis, Risk perception, Prevention, Preventive behaviors, Knowledge, Emergence, Endemicity, General public, Experts

Background

Lyme disease (LD), or Lyme borreliosis, is the most frequent vector-borne disease in temperate countries [1]. In most cases, the disease causes non-specific flu-like symptoms and a typical skin lesion known as *erythema migrans*. More severe systemic infections can occur in some cases, and may lead to arthritis, cardiac and neurological problems [2]. With a recent adjusted estimation of about 300,000 human cases annually in the United States [3] and about 85,000 cases in Europe [1], Lyme disease is a growing concern in many countries, including Canada where it is currently emerging. In the province of Québec (Canada), locally acquired cases were first identified in 2008 [4]. Populations of black-legged ticks (*Ixodes scapularis*), the only known vector of Lyme disease on the eastern-American coast, are now recognized as established in the southern part of the province, in the Montérégie region. In this region, 8-13% of the black-legged ticks have been found to be infected with *Borrelia burgdorferi*, the bacteria causing LD [5]. In Switzerland, LD cases have been reported for more than 30 years [6]. The disease has not been notifiable since 2003, but current estimates place this country third highest for LD incidence in Europe with 83 cases per 100,000 inhabitants reported in 2010 [7]. In this country, *Ixodes ricinus* is the vector responsible for the transmission of LD, and prevalence of *Borrelia burgdorferi* infection in ticks is as high as 40% in some regions [8]. Moreover, in several regions of the country, these ticks are known to carry tick-borne encephalitis virus (TBEV), the agent of tick-borne encephalitis (TBE), another severe and notifiable disease in Switzerland [9].

Although LD ecology differs in Europe and North America with regards to the importance of different reservoir species of the bacteria and the primary tick vector involved in transmission [10], the main preventive strategy is the same in both regions and relies primarily on individual-level preventive behaviors [11]. Preventive behaviors such as checking for ticks after visiting affected wooded regions, wearing long trousers or repellent containing DEET, have been shown to be efficient in the prevention of LD [12-18]. However, beyond their demonstrated efficacy, studies have also shown that people do not apply these measures with the same consistency, even in highly prevalent regions [19-29].

Predictors of individual-level preventive behaviors have been studied for many health conditions. The Health Belief Model is one widely used theoretical model developed to study health behaviors. In this model, one main determinant of a health behavior is the perception of risk, defined as the subjective assessment of the probability and the consequences of a specified type of hazard [30]. Risk perception is composed of the perceived severity of and the perceived susceptibility to the disease in question [31]. This model has been validated for many diseases and health conditions including LD, for which a higher level of risk perception was associated with an increased adoption of preventive behaviors [19,28,29,32-34]. As a result, risk perception has become a major point of interest for decision-makers involved in the design and the implementation of preventive communication programs. An extensive literature exists on risk perception, Paul Slovic being a pioneer of the psychometric approach, which recognizes that risk perception is a construct reflecting individual and social level influences [35-37]. Studies have shown tendencies which seem to persist among different fields of research: the perceived risk in the general public differs from the risk as perceived (or evaluated) by experts [38]; determinants of risk perception are numerous and multidimensional, and they include characteristics of the hazard in question such as the novelty of the hazard and its potential catastrophic impacts, as well as individual and sociological factors, such as gender, age, education, income, personality, culture and values [35,39-41].

Past studies have described LD risk perception in particular regions or countries [19,21,22,25,27-29,32], but none have explored the differences between the determinants of risk perception in different epidemiological contexts, such as in a population experiencing the emergence of LD versus a population that has been living in a region endemic for LD during a long period of time. Are determinants of LD risk perception universal, or do they vary according to the context, such as the epidemiologic situation? The identification of context-specific determinants of LD risk perception would provide additional insights for decision-makers in the planning of LD risk communication that could be better adapted to emerging or endemic situations. Moreover, it could help decision-makers in emerging contexts to anticipate the changes in their population's risk perception that may occur once LD becomes endemic.

With this perspective in mind, the main objective of this study was to compare risk perception of LD and to describe its determinants within and between two different populations: residents of the Neuchâtel canton, in Switzerland where LD has been endemic for more than 30 years, and residents of the Montérégie region, in Québec, Canada, where LD is

emerging and where the indigenous cases were first reported in 2008. A second objective was to compare perceptions of the general population with perceptions of regional LD experts, and between experts from both regions. Estimated LD incidence in the Neuchâtel canton ranged from 49 to 95 cases per 100,000 inhabitants by 1996–2001 [42,43], which was above the national mean incidence for Switzerland. Montérégie had an estimated incidence of 0.5 cases per 100,000 inhabitants in 2012, making it the most affected region in the province of Québec (Canada) [44].

Methods

Study design

This cross sectional study was based on a web survey that was administered simultaneously in the fall of 2012 in the two study regions. The questionnaire, which included 58 questions, was constructed for the purposes of this study and was based on the theories of health behaviors [31] and on existing questionnaires measuring LD knowledge, attitudes and behaviors [45,46]. Questions were designed to measure perceptions of LD: perceived severity, perceived individual susceptibility, perceived susceptibility for other residents in the region (perceived regional susceptibility), perceived personal control on LD prevention (perceived mastery), perceived scientific uncertainty (perceived uncertainty), perceived confidence in preventive public programs, feeling of worry, perceptions of the efficacy of preventive individual-level and environmental-level measures, and social acceptability of preventive environmental measures. Moreover, LD knowledge (four items were evaluated: knowledge related to the transmission mode, early symptoms, treatment, risk zone), frequency of exposure through outdoor activities (used as an indicator of the level of exposure), past experiences with LD (knowing someone with LD or having had LD before), adoption of individual preventive behaviors and socio-demographic characteristics (gender, age, education, family income, geographic location of residency) were also included. Questions pertaining to perception were evaluated using a five point Likert scale: (5) strongly agree, (4) agree, (3) neither agree nor disagree, (2) disagree, (1) strongly disagree. In order to allow participants with no knowledge of LD to complete the questionnaire, all participants were given a short informative text providing general basic information about LD as provided by government websites in both regions (excluding the knowledge questions which were administered before this reading and only to those having declared that they had previously heard of LD). The

questionnaire and the descriptive text accompanying it were adapted for the Canadian and Swiss contexts. The general content of the questionnaires was the same for both regions; however, the exact wording of some questions was adapted to account for demographic differences, such as family income and education levels, and for three specific items which were added to the Neuchâtel questionnaire: the perceived knowledge of Tick-Borne encephalitis (TBE), the perceived knowledge of differences between LD and TBE, and the district of residency. There are six districts in the Neuchâtel region: three of the districts (Neuchâtel, Boudry, Val-de-Ruz) are at a higher risk of LD (low altitude) compared to the other three districts (Val-de-travers, Le Locle, La-Chaux-de-Fond) considered to be at lower risk due to their location at higher altitudes where tick densities are lower [43,47]. The questionnaire was designed to study perceptions, attitudes and preventive behaviors in a global perspective. This paper will focus on knowledge, risk perception and its determinants.

The questionnaire was developed and administered in French, which is the main language of both the Montérégie and Neuchâtel regions. It was pre-tested to verify the formulation of questions and general understanding with 35 people from the general public through focus groups conducted between August 12th and September 30th 2012 in both regions. This protocol was reviewed and approved by the Ethical Committee for Health Research of the University of Montreal (CERES).

Data collection

In each region, the questionnaire was administered to a random sample of members of a web panel. The panels used in this study are administered by the external survey firm Leger Marketing [48]. They include individuals from the general population who had engaged either voluntarily with the panel or had been recruited through probabilistic phone surveys by the firm in order to be representative of each region in terms of socio-demographic factors including gender, age, education, income and geographic distribution. These panels are used to complete surveys on a large variety of subjects which are not related to Lyme disease including research, marketing studies and opinion polls and are a good representation of the general public for our study object. In order to reach a sample size of 400 participants in each region, the invitation to participate was sent to two subsamples of the regional web panels, for a total of 5,222 people in Montérégie and of 1,233 people in Neuchâtel, which represent respectively 0.4% and 0.7% of the total population [49,50]. Inclusion criteria were: to be 18 years of age or

older, to be a resident of one of the two study regions and to understand French. The survey was available online from November 19th to December 1st 2012 in Neuchâtel and from November 19th to November 22nd 2012 in Montérégie (it was closed when 400 respondents had completed it).

Another questionnaire was designed for experts using a subset of questions from the main questionnaire in order to measure risk perception, perceptions of the efficacy of individual and environmental level preventive measures, and perceived acceptability of environmental measures. Experts were selected based on their involvement in LD management. In Montérégie, seven experts were invited to complete the questionnaire and were those who had previously participated in a study for LD management in Québec [51]. In Neuchâtel, nine experts were invited and represented members of the National Reference Centre for tick-transmitted diseases [52]. The expert questionnaires were sent by e-mail and the response period for both regions was between August 12th and September 30th 2012.

Data analysis

Statistical analyses were stratified for each study region and performed using IBM SPSS Statistics 19. Confidence intervals for proportions were computed using the Clopper-Pearson method with a confidence level of 95% [53]. Pearson Chi-square statistics were performed to detect significant differences ($p < 0.05$) between groups (study regions, gender, age groups). A global knowledge score (null, medium, high) was developed based on the four items assessed (for a maximum of four possible good answers): (null (0 = no good answer), medium (1 = 1 or 2 good answers) and high (2 = 3 or 4 good answers)). Participants who declared that they have never heard about LD before the survey were automatically given 0 for this score.

To allow for descriptive comparisons, mean scores, modes and ranges were calculated for a selection of perception variables for both the population and for the expert surveys. Statistical differences between mean population scores were tested using the Student's t test for independent samples with $p < 0.05$.

In order to select the most important perception variables and be able to summarize them in a global risk perception score for each participant, an exploratory factor analysis (EFA) [54] was performed and initially included seven risk perception variables (perceived severity,

perceived individual susceptibility, perceived regional susceptibility, perceived mastery, perceived uncertainty, perceived confidence, feeling of worry). Factor extraction was performed using the unweighted least squares method (recommended for ordinal data) and an oblique rotation (recommended for psychosocial measures)[55,56]. EFA necessitates that a sufficient correlation exist between variables that are included in the analysis. Therefore, variables with an initial quality of representation inferior to 0.2 (i.e. the part of the variable variance that can be explained by all other variables) were excluded from the analysis. Factors with eigenvalues under 1 were not considered. Selected variables were those with factor loadings on the perception factor that were superior to 0.5. A Kaiser-Meyer-Olkin measure of sampling adequacy was calculated for both regions [57]. For each participant, a global risk perception score was then calculated as the mean score of the selected variables based on the results of the factor analysis. Cronbach alpha was calculated using the selected perception variables on the total sample, as an indicator of the internal consistency of the perception measures [58].

Linear multivariate regressions were then performed separately for the two regional subsets using the global risk perception score as the dependant variable. Multivariate analyses were stratified by region because we anticipated that predictors of risk perception would be different in both contexts. Univariate regressions were done separately for each independent variable (age, gender, household income, education level, general knowledge about LD, region of residency, individual frequency of exposure in public area, personal history with LD, history with LD in relatives) and variables associated with the dependant variable with $p < 0.20$ were included in the initial multivariate models. Reduced final models were selected using a backward elimination process with $p < 0.05$. After the identification of significant predictors in each separate region, these were forced in the other region's model as independent variables, even if not significant, in order to allow proper comparisons of the coefficients between populations.

Results

Sample description

A total of 814 participants completed the questionnaire (401 in Montérégie and 413 in Neuchâtel), for a combined response rate of 14%. In Montérégie, 199 (50%) participants were

women, 191 (48%) were 55 years old or more, 168 (42%) had a level of education equivalent to college and 135 (34%) had a family income between 40,000 and 79,999 \$CAN. In Neuchâtel, 241 (58%) participants were women, 112 (27%) were 55 years old or more, 209 (51%) had a college level of education and 139 (34%) had a family income between 40,000 and 79,999 CHF (Table III). The distribution of these socio-demographic characteristics were similar to the underlying populations when compared to regional census data [49,50].

Table III. Sociodemographic description of the 814 participants by study region

| | Montérégie | Neuchâtel |
|---------------------------------|------------|-----------|
| | n (%) | n (%) |
| Total | 401 (100) | 413 (100) |
| Gender | | |
| Women | 199 (50) | 241 (58) |
| Men | 202 (50) | 172 (42) |
| Age | | |
| 18-34 yr | 57 (14) | 110 (27) |
| 35-54 yr | 153 (38) | 191 (46) |
| 55+ yr | 191 (48) | 112 (27) |
| Education level | | |
| High school or less | 113 (28) | 28 (7) |
| College or equivalent | 168 (42) | 209 (51) |
| University or equivalent | 112 (28) | 170 (41) |
| na* | 8 (2) | 6 (1) |
| Household income (\$CAN or CHF) | | |
| <40 000 | 83 (21) | 54 (13) |
| 40 000–79 999 | 135 (34) | 139 (34) |
| 80 000–119 999 | 88 (22) | 103 (25) |
| > or = 120 000 | 29 (7) | 43 (10) |
| na* | 66 (17) | 74 (18) |

*Prefer not to answer.

Past history with LD, exposure and knowledge

In Montérégie, 185 (46%) participants declared that they have never heard of LD before the survey, 14 (4%) knew someone who had contracted LD and 3 (1%) declared that they had previously had LD compared to 89 (22%), 168 (41%) and 24 (6%) of participants respectively in

the Neuchâtel region (proportions are all significantly different between regions with $p < 0.0001$; Table IV). In Neuchâtel, 51% (211/413) of participants declared having had a high-level of exposure (10 or more outdoor activities in a LD risk region during the risk period), compared to 17% (69/401) in Montérégie, which is significantly lower ($p < 0.0001$) (Table IV).

In Neuchâtel, highly exposed respondents were primarily women (120/211, 57%), aged 35–54 years old (93/211, 44%), with a high level of knowledge of LD (124/211, 59%), whereas in Montérégie, men were the most highly exposed group (44/69, 64%), aged 35–54 (33/69, 48%), with only 17% (12/69) reporting a high level of LD knowledge.

The proportion of respondents with a high level of knowledge of LD was significantly higher in Neuchâtel with 51% (209/413) compared to 15% (60/401) in Montérégie ($p < 0.0001$). Proportions of good answers on the four knowledge questions ranged from 44 to 65% in Neuchâtel, and from 18 to 29% in Montérégie (Table IV), the most commonly failed questions being on LD treatment and knowledge of risk zones. Figure 5 (A) presents the proportions of participants with high levels of knowledge by gender and age group. In Neuchâtel, globally, high-levels of knowledge was more frequent in women (136/241 or 56% vs 73/172 or 42% in men, $p = 0.005$) with the greatest disparities in the group of 35–54 year olds (73/122 or 60% for women vs 24/69 or 35% for men). In men, the proportion was higher in the 55+ yr olds vs other age groups ($p = 0.01$). There was no significant difference between age groups in women. In Montérégie, the proportion of respondents with a high-level of knowledge remained low within gender and age groups with no significant differences ($p \geq 0.05$) (Figure 5).

Table IV. Descriptive analysis of past history with LD, exposure, knowledge and perceptions per region

| | Montérégie | | Neuchâtel | |
|--|------------|---------------------|-----------|---------------------|
| | n | % (CI) ¹ | n | % (CI) ¹ |
| Total | 401 | | 413 | |
| Past history with LD | | | | |
| Know someone with LD | 14 | 3 (2–6) | 168 | 41 (36–46)* |
| Have ever had LD | 3 | 1 (0–2) | 24 | 6 (4–9) * |
| Have a dog | 83 | 21 (17–25) | 74 | 18 (14–22) |
| Never heard about LD | 185 | 46 (41–51) | 89 | 22 (18–26) * |
| Know LD for one year or less | 42 | 10 (8–14) | 48 | 12 (9–15) |
| Know LD for more than one year | 174 | 43 (38–48) | 276 | 67 (62–71) * |
| Exposure frequency through outdoor activities | | | | |
| Less than 2 times per yr | 177 | 44 (39–49) | 47 | 11 (8–15) * |
| 2-10 times per yr | 155 | 39 (34–44) | 155 | 38 (33–42) |
| 11-25 times per yr | 41 | 10 (7–14) | 97 | 23 (19–28) * |
| More than 25 times per yr | 28 | 7 (5–10) | 114 | 28 (23–32) * |
| Knowledge on LD | | | | |
| Transmission mode (Know that LD is transmitted by a | 112 | 28 (24–33) | 270 | 65 (61–70) * |
| Early symptom (Know that skin erythema is an early | 115 | 29 (24–33) | 224 | 54 (49–59) * |
| Treatment (Know that LD can be treated with systemic | 71 | 18 (14–22) | 182 | 44 (39–49) * |
| Risk zone (Know where it is possible to contract LD in | 72 | 18 (14–22) | 228 | 55 (50–60) * |
| Global level of knowledge | | | | |
| High (% with global score of 3 or 4) | 60 | 15 (12–19) | 209 | 51 (46–56) * |
| Medium (% with global score of 1 or 2) | 117 | 29 (25–34) | 105 | 25 (21–30) |
| Null (% with global score of 0) | 224 | 56 (51–61) | 99 | 24 (20–28) * |
| Specific items related to TBE (Neuchâtel only) | | | | |
| Never heard about TBE | - | - | 75 | 18 (15–22) |
| Know TBE for one year or less | - | - | 36 | 9 (6–12) |
| Know TBE for more than one year | - | - | 302 | 73 (69–77) |
| Know well the differences between TBE and LD | - | - | 95 | 23 (19–27) |
| Risk perceptions ² | | | | |
| High-perceived individual susceptibility | 95 | 24 (20–28) | 223 | 54 (49–59)* |
| High-perceived residents susceptibility | | | | |
| High-perceived regional susceptibility | 163 | 41 (36–46) | 234 | 57 (52–61)* |
| High-perceived severity of LD | 304 | 76 (71–80) | 328 | 79 (75–83) |
| High-feeling of worry | 99 | 25 (21–29) | 149 | 36 (31–41)* |
| High-perceived mastery | 231 | 58 (53–62) | 301 | 73 (68–77)* |
| High-perceived uncertainty | 177 | 44 (39–49) | 89 | 22 (18–26)* |
| High-perceived confidence | 89 | 22 (18–27) | 176 | 43 (38–48)* |
| Global risk perception score (% with score ≥ 4) | 77 | 19 (15–23) | 141 | 34 (30–39)* |

¹95% confidence intervals (Exact binomial Clopper-Pearson Method); ²This section presents the numbers and proportions of respondents with scores of 4 or 5 on the five points Likert scale for each perception variables.

*p < 0.0001 (Pearson Chi-square)

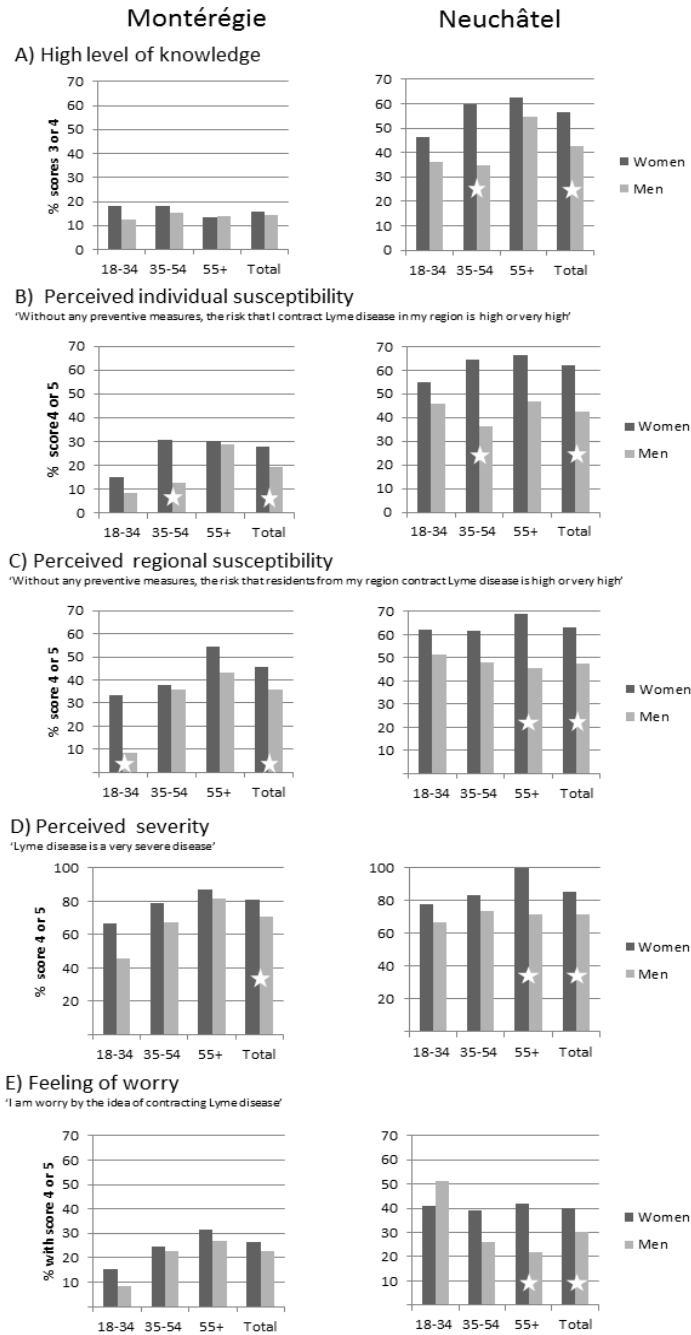


Figure 5. Distribution of high levels of knowledge, perceived individual susceptibility, perceived regional susceptibility, perceived severity and feeling of worry in both regions, according to gender and age groups (dark gray represents proportions in women and light gray in men; stars represent significant differences in proportions between women and men in different age groups and globally).

Risk perception within and between regions

Globally, the proportion of respondents with a high level of risk perception (% of respondents with scores of 4 or 5) was greater in Neuchâtel for all perception variables, except for the *perceived severity* (Table IV). The proportion of respondents with high *perceived mastery* was also higher in Neuchâtel (73% or 301/413 vs 58% or 231/401 in Montérégie, $p < 0.001$). Within both populations, the proportions of respondents with high scores for the *perceived individual susceptibility*, the *perceived regional susceptibility*, the *perceived severity* and for *feeling of worry* varied according to gender and age groups (Figure 5; B, C, D and E). In both regions, proportions were significantly greater in women for all of these items ($p < 0.05$), except for *feeling of worry* in Montérégie. In Montérégie, for all four variables, the proportion of respondents with high-perceived risks was different between age groups ($p < 0.05$), while no significant difference was identified between age groups in Neuchâtel. In Neuchâtel, 23% (95/413) of respondents declared that they had a good knowledge of the difference between TBE and LD (score of 4 or 5 on the agreement scale) and 18% (75/413) had never heard about TBE.

Considering central tendencies, the mode was consistent between regions for four perception variables: the *perceived regional susceptibility* (mode = 4), the *perceived severity* (mode = 4), the *perceived mastery* (mode = 4) and the *perceived confidence* (mode = 3), but differed for the *perceived individual susceptibility* (mode = 2 in Montérégie vs 4 in Neuchâtel), the *perceived uncertainty* (mode = 4 in Montérégie vs 3 in Neuchâtel) and *feeling of worry* (mode = 2 in Montérégie vs 3 in Neuchâtel) (Table V). *Perceived individual susceptibility* means were 2.7 in Montérégie and 3.4 in Neuchâtel, and were both smaller than the mean *perceived regional susceptibility*, which was equal to 3.1 and 3.6, respectively. All mean scores were significantly different between populations ($p < 0.05$, Table V).

Table V. Comparison of mean scores and modes for seven perception's dimensions between the general population and their regional experts

| | Montérégie | | Neuchâtel | |
|---|------------|---------|------------|---------|
| | Population | Experts | Population | Experts |
| Total | 401 | 7 | 413 | 9 |
| Perceived individual susceptibility: Without any preventive measures, the risk that I contract Lyme disease in my region is high ¹ | | | | |
| Mean score | 2.7 | - | 3.4*** | - |
| Mode | 2 | - | 4 | - |
| Perceived regional susceptibility: Without any preventive measures, the risk to contract Lyme disease for residents is high | | | | |
| Mean score | 3.2 | 1.9 | 3.6*** | 3.9 |
| Mode (range) | 4 | 2 (1–3) | 4 | 4 (2–5) |
| Perceived severity : Lyme disease is a very severe disease | | | | |
| Mean score | 4.0 | 3.0 | 4.1* | 3.7 |
| Mode (range) | 4 | 3 (2–4) | 4 | 3 (3–5) |
| Perceived mastery: It is easy to protect myself against Lyme disease | | | | |
| Mean score | 3.6 | 4.9 | 3.9*** | 4.7 |
| Mode (range) | 4 | 5 (4–5) | 4 | 5 (4–5) |
| Perceived uncertainty: I have the feeling that there is great scientific uncertainty concerning Lyme disease | | | | |
| Mean score | 3.3 | 2.7 | 2.7*** | 3.8 |
| Mode (range) | 4 | 2 (2–4) | 3 | 4 (3–5) |
| Feeling of worry : I am worry by the idea of contracting Lyme disease | | | | |
| Mean score | 2.7 | - | 3.0*** | - |
| Mode | 2 | - | 3 | - |
| Feeling of confidence: I am confident that responsible authorities set up appropriate measures to control Lyme disease | | | | |
| Mean score | 3.1 | 3 | 3.4** | 3.2 |
| Mode (range) | 3 | 2 (2–5) | 3 | 4 (2–4) |
| Global risk perception score ² | | | | |
| Mean score | 3.2 | - | 3.5*** | - |
| Mode | 2.8 | - | 3.8 | - |

¹All measurement scales are 1: strongly disagree, 2: disagree, 3: neither agree or disagree, 4: agree, 5: strongly agree

²Global risk perception scores represent the mean score on: perceived individual susceptibility, perceived regional susceptibility, perceived severity of the disease and feeling of worry.

*p < 0.05; ** p < 0.01; *** p < 0.001 (Student t test).

Risk perceptions in experts

Except for the *perceived regional susceptibility* in Neuchâtel, the modes differed between populations and experts for all other measured perception variables (Table V). With regards to inter-regional expert comparison, modes differed on three variables: the *perceived regional susceptibility* (experts mode = 2 in Montérégie vs 4 in Neuchâtel), the *perceived uncertainty* (experts mode = 2 in Montérégie vs 4 in Neuchâtel) and *the perceived confidence* (experts mode = 2 in Montérégie vs 4 in Neuchâtel).

Factor analysis and global risk perception score

For both regional subsets, first EFA led to the exclusion of two variables with a quality of representation inferior to 0.2: *perceived uncertainty* and *feeling of confidence* (Table VI). Final EFA suggested the presence of one latent factor with an eigenvalue superior to 1, with four main contributing variables: *perceived individual susceptibility*, *perceived regional susceptibility*, *perceived severity* and *feeling of worry* (*perceived mastery* was excluded because its factor loading on the factor was inferior to 0.5). These variables were the same for both regions, with factor loadings ranging from 0.51 to 0.80 in Montérégie and from 0.52 to 0.84 in Neuchâtel (Table VI). The Kaiser-Meyer-Olkin measure of sampling adequacy was 0.714 in Neuchâtel and 0.762 in Montérégie, which is considered as acceptable [57]. The final models explained 42.0% and 48.5% of variance in Neuchâtel and Montérégie, respectively. Cronbach alpha for the four variables was 0.760 which is considered acceptable (calculated on the total sample, n = 814). The latent factor was interpreted as the global risk perception, and the four contributing variables were selected to construct the global risk perception score (mean score of the four selected variables). The global risk perception score ranged from 1 to 5, with a mean of 3.2 in Montérégie and of 3.5 in Neuchâtel (Table V).

Table VI. Exploratory factor analysis of the perception variables

| | Montérégie | Neuchâtel |
|--|------------|-----------|
| Initial model | | |
| Quality of representation ¹ of EFA with seven variables (used for initial selection of variables) | | |
| Perceived individual susceptibility | 0.47 | 0.40 |
| Perceived regional susceptibility | 0.66 | 0.67 |
| Perceived severity | 0.27 | 0.30 |
| Feeling of worry | 0.62 | 0.44 |
| Perceived mastery | 0.22 | 0.34 |
| Perceived confidence ² | 0.12 | 0.08 |
| Perceived uncertainty ² | 0.04 | 0.07 |
| Final model | | |
| Percentage of variance explained | 48.5 | 42.0 |
| Kaiser-Meyer-Olkin measure of sampling adequacy | 0.762 | 0.714 |
| Factor loadings of retained variables ³ | | |
| Perceived individual susceptibility | 0.67 | 0.63 |
| Perceived regional susceptibility | 0.80 | 0.84 |
| Perceived severity | 0.51 | 0.52 |
| Feeling of worry | 0.76 | 0.54 |
| Cronbach alpha (total sample) | | 0.760 |

¹ The quality of representation represents the variable variance that can be explained by all other variables.

² Variables excluded from the analysis (quality of representation inferior to 0.2 for both populations).

³ *Perceived mastery* was excluded from the final model because its factor loading on the factor was inferior to 0.5.

Determinants of risk perception

In both regions, being a woman increased risk perception. In Montérégie, having a university level of education and being 18–34 years of age decreased risk perception while having a higher level of knowledge of LD increased risk perception (Table VII). In Neuchâtel, living in a risk zone and knowing someone who had previously had LD, increased risk perception (Table VII).

Table VII. Determinants of LD risk perception

| | Montérégie n = 392 | | Neuchâtel n = 406 | |
|---|-----------------------|----------------|----------------------|--------------|
| | Coefficient | 95%CI | Coefficient | 95%CI |
| Gender (Being a woman, man = reference category) | 0.25*** | (0.1-0.39) | 0.26*** | (0.11-0.40) |
| Age | | | | |
| 18-34 yr | -0.52*** | (-0.74- -0.30) | -0.01 | (-0.20-0.19) |
| 35-54 yr | -0.16* | (-0.3--0.01) | 0.04 | (-0.13-0.21) |
| 55+ yr (reference category) | 0 | | 0 | |
| University diploma | -0.18* | (-0.34- -0.01) | -0.08 | (-0.22-0.07) |
| High level of general knowledge on LD | 0.37*** | (0.18-0.57) | 0.07 | (-0.09-0.22) |
| Leaving in the higher risk area in Neuchâtel canton | - | - | 0.18* | (0.03-0.33) |
| Knowing someone who had LD | 0.14 | (-0.25-0.53) | 0.28*** | (0.12-0.44) |
| r2 | 0.119 | | 0.108 | |

*p < 0.05; *** p < 0.001

Discussion

Risk perception of LD has been studied in the past, mostly as a predictor of individual level preventive behavior along with knowledge and other factors. The vast majority of these studies were undertaken in the United States [19,21,23,27-29,32,33,45,59], while more recent studies were done in the Netherlands [24,25] and in the United Kingdom [22]. To our knowledge, this is the first study to measure risk perception regarding LD and its determinants in Canada and in Switzerland, and to address risk perception of LD in different epidemiological contexts with an international comparative perspective.

The populations of these two regions were different on several aspects. First of all, nearly half of the surveyed population in Montérégie had never heard about LD (46%), with only a minority of the participants (15%) demonstrating a good level of knowledge, whereas in Neuchâtel, more than 8 out of 10 people knew of the disease and close to 60% had a good level of knowledge of the disease. These differences may be due to several contextual factors including a longer experience with LD in Switzerland, where the disease is highly endemic, through public health messages, media coverage, social networks, personal history of infection and schools. Neuchâtel residents declared themselves as more often exposed through outdoor activities than in Montérégie, which also reflects the fact that most people in this region live

near (if not 'in') the tick inhabited regions. Accordingly, the mean global risk perception score was higher in Neuchâtel. This is consistent with previous findings comparing risk perception in low and high incidence states in the United States and showing that risk perception was positively correlated to incidence of LD [28,29].

Looking at the same results, we can also highlight that a lack of knowledge about the risks of LD still persists in Neuchâtel despite the high regional incidence: 22% of the respondents declared they had never heard about the disease, 35% did not know that the disease was transmitted by a tick and three out of four did not know the difference between LD and TBE. A previous national study in the United States also reported that 7% of people had never heard about LD in high-incidence States, and that 22% declared that they did not know how LD is contracted [29]. These results suggest that living in an endemic area established for a long time does not guarantee that the entire population will be aware of the risks and have sufficient knowledge of how to protect themselves. This underscores the need to adjust, strengthen and maintain communication efforts about LD risks even as the epidemiological situation evolves over time.

Some surprising findings arose. First, the mode of the *perceived regional susceptibility* was found to be equal between regions even though the incidence was nearly 200 times higher in Neuchâtel compared to Montérégie for this period (95 vs 0.5/100,000). In Montérégie, the population *perceived regional susceptibility* was greater than the expert's *perceived regional susceptibility*, who most often consider the risk to be low in this region. One possible explanation for this observation could rest on the novelty of the hazard for the Montérégie population. New threats frequently lead to higher perceived risk in the general population, as has been previously demonstrated in studies comparing risk perception between different kinds of hazards [35].

Second, Montérégie respondents rated the risk for themselves (mode = 2, mean = 2.7) and the risk for the residents of their region (mode = 4, mean = 3.2) differently. The underestimation of the personal risk as opposed to the general population risk has been described before for other hazards and is known as 'unrealistic optimism'[39]. Explanations for this optimism have been extensively studied before and are reviewed in Shepperd and colleagues [60]. In Neuchâtel, this phenomenon is not observed. One possible explanation is

that past history with LD among respondents or their relatives is more prevalent in this region. Personal experiences with a hazard has been shown to decrease unrealistic optimism [61].

This study showed that the perceived risk of LD differed between the population and their regional experts. In Montérégie, experts rated the measured components of risk as smaller and more 'controllable' than the population. Many studies have demonstrated differences between public and expert risk perception for other hazards [35,38,62] and this trend can be problematic when decisions have to be made about risk management options. Given that risk perception can affect the adoption of preventive behaviors, as well as the social acceptability of public health actions, our results suggest not only that risk perception of a hazard has to be taken into account when making such decisions, but also that risk perception should be measured directly in the target population, and cannot be extrapolated from studies carried out in different contexts, nor by regional experts. Because of the limited number of experts who participated in this study, statistical analysis could not be performed to compare perceptions between the population and experts and between both groups of experts.

One interesting aspect of this study lies in the use of EFA to build a global risk perception score for LD. Past studies of risk perception and LD have used individual perception variables such as the perceived susceptibility and the perceived severity of the disease as the dependant variable or as independent variables to predict preventive behaviors [25,28,29,32]. However, we hypothesised that risk perception is a complex construct that can only be imperfectly captured by individual survey questions. Most individual perception variables are correlated, and factor analysis can be used to verify the internal consistency of a set of questions designed to measure a construct (internal consistency) and to reduce the measurement bias related to individual questions by identifying which composition of items best represents a single factor (composite reliability) [63]. Although identifying determinants of a global perception score could be more interesting for public health decision-making than focusing on individual perception variables, the use of EFA has been criticized, mainly because of the absence of objective criteria to guide decisions necessary to complete the analysis, particularly in the choice of the type of rotation of factors [64]. In this study, no rotations were performed in the final model given that only one factor was retained. We used EFA to explore which perception variables to include in a global risk perception score and we interpreted the results in light of previous findings. The Health Belief Model recognizes two main dimensions of risk perception: the severity of the hazard and the susceptibility of individuals to this hazard

[31]. Empirical studies have underlined that individual susceptibility can be perceived differently than the susceptibility for the general population [39]. These three dimensions (*perceived severity, perceived individual susceptibility, perceived regional susceptibility*) were identified in this study, along with *feeling of worry*, as the main contributors to a factor with the EFA realized in both populations and this strengthens the choice of these four variables in the construction of a global score.

Another important result of our study was the identification of different determinants of risk perception regarding LD in both populations, suggesting that the determinants may not be universal but rather context-dependant. The only common predictor was gender, a well-known determinant of risk perception. Possible explanations for gender differences in risk perception have been explored in the risk perception literature and include differences in social roles and activities [65]. In Montérégie, the effect of age was also highlighted, where being less than 35 years old decreased risk perception. This effect has been demonstrated before for other hazards, particularly regarding risk perception of road accidents [66]. One interesting finding is that in Neuchâtel, where the disease has been endemic for a long time, the level of knowledge was not significantly associated with risk perception, in contrast to the Montérégie region. It is both the exposure (living in a high risk region) and past history with LD that constituted the strongest predictors of risk perception. Only a handful of other studies have previously identified determinants of LD risk perception, being that the main focus of these other studies has generally been to identify predictors of the adoption of preventive behavior. Knowledge of LD [24], knowing someone who has had LD [24], the presence of tick populations [59], and cultural identity [21] have been identified before as factors that may affect risk perception of LD.

Globally, these results suggest that in populations facing an emerging threat such as LD in Montérégie, risk perception is mostly determined by globally available information. In the Montérégie context of LD emergence, risk perception seemed less affected by an individual's specific circumstance, i.e. their exposure and past history with LD, than it was in the LD endemic region of Neuchâtel. This further suggests that the availability of reliable information becomes particularly important in a context of emergence. This comparison can provide useful insights for both Canadian and Swiss decision-makers, as well as for other countries facing a challenge of LD emergence. On the one hand, this study provides important information for

local populations and on the other hand, international comparisons may allow us to understand what might occur in future epidemiological contexts.

Nevertheless, this study presents some limitations. First, by recruiting participants through two web panels, the population samples were not probabilistic and were restricted to internet-users. Generalisation of the results should be interpreted in consequence. The mean response rate was considerably low. Previous Canadian studies using the same Canadian panel had response rates around 20 to 25% (Léger & Marketing, personal communication). A wide variety of factors are known to affect the response rate of web surveys, such as the methods of delivery [67]. For this study, the firm which administered the survey closed the survey access when 400 participants had completed the survey in a region, which took three days in Montérégie (response rate of 8.3%) compared to 12 days in Neuchâtel (response rate of 36%). A longer response period, especially in Montérégie, might have led to a better response rate. Though, these response rates depend in fact on the number of people who were initially contacted (5,222 in Montérégie vs 1,233 in Neuchâtel), and the mean response rate should be considered with regards to the recruitment process.

Secondly, all participants read a descriptive text before answering questions pertaining to perception. This was a strategic decision implemented in the study design with the objective of increasing the number of eligible respondents, particularly in Montérégie, where we expected that the majority of residents would not know enough about LD to complete the survey. But the content of this text may have altered participants' perception and consequently, may have biased their 'true' perception (*i.e.* the perception they would have had without reading the text, influenced by the information they already had about the disease).

Another limitation is the cross-sectional design of this study. Measures of risk perception, such as psychometric variables, can change rapidly over time [63]. Future work should include additional administrations of the risk perception questionnaire in the same regions in order to provide insights on the temporal evolution of risk perception and their determinants in both populations, and to allow confirmation of the risk perception factor structures.

Finally, regression models revealed interesting determinants in both regions, but explained only 12% and 11% of the variance in Montérégie and Neuchâtel, respectively. Even if

these percentages are low, they are consistent with other psychometric studies of risk perception [39]. When interpreting the multivariate analysis, we must keep in mind that several other possible unmeasured factors may have an impact on risk perception.

Conclusion

This study underlined significant differences between the two populations of Montérégie and Neuchâtel and between the general public and their regional experts, and demonstrated interesting trends within these populations, which are important elements to consider when planning and implementing LD prevention activities. Results revealed the need to strengthen and maintain LD risk communication in both regions and may help to prioritize target groups for enhanced communication about LD risk, for example men of 18–34 years of age, who may be more frequently exposed through outdoors activities, tend to have a poorer level of knowledge of LD as well as a lower perception of risk. The findings of this study also reveal the importance of monitoring risk perception in the target population, as it is determined by various dynamic factors that vary according to specific contexts, and as risk perception of the general public tends to differ from that of experts. Moreover, re-assessing risk perception over time (for example after communication campaigns) or across regions likely to have heterogeneous beliefs about LD should be considered in order to better align public health preventive actions for LD with underlying determinants and to enhance the efficacy of these actions.

Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contributions

CA conceived and designed the study and drafted the manuscript. AR and PM helped in the design and statistical analyses. LG helped in the conception of the study and in the design

of the survey. FM, JPW and DB helped in the conception of the study. All authors read, revised and approved the final manuscript.

Acknowledgements

The authors would like to acknowledge Guy Beauchamp and Valérie Hongoh for assistance with this study, as well as experts from Québec and Switzerland for their participation in this project. Funding was provided by the Fonds de la recherche du Québec, the Public Health Agency of Canada, the 4P Training program in health promotion, prevention and public policy, and the Ministère de l'Éducation, des Loisirs et des Sports du Québec.

References

1. WHO: *Lyme borrelioses in Europe: influences of climate and climate change, epidemiology, ecology and adaptation measures*. Denmark: World Health Organisation; 2006:35.
2. Nadelman RB, Wormser GP: Lyme borreliosis. *Lancet* 1998, 352(9127):557–565.
3. Centers for Disease Control and Prevention.
[<http://www.cdc.gov/media/releases/2013/p0819-lyme-disease.html>].
4. Bourre-Tessier J, Milord F, Pineau C, Vinet E: Indigenous Lyme disease in Quebec. *J Rheumatol* 2011, 38(1):183.
5. Ogden NH, Bouchard C, Kurtenbach K, Margos G, Lindsay LR, Trudel L, Nguon S, Milord F: Active and passive surveillance and phylogenetic analysis of *Borrelia burgdorferi* elucidate the process of Lyme disease risk emergence in Canada. *Environ Health Perspect* 2010, 118(7):909–914.
6. Gerster JC, Guggi S, Perroud H, Bovet R: Lyme arthritis appearing outside the United States: a case report from Switzerland. *Br Med J (Clin Res Ed)* 1981, 283(6297):951–952.
7. Swiss Federal Public Health Office: La borréliose de Lyme: Enquête Sentinella 2008 à 2010. *Bulletin de l'Office fédéral de la santé publique* 2011, 17 octobre 2011(42):895-898.
8. Jouda F, Perret JL, Gern L: Density of questing *Ixodes ricinus* nymphs and adults infected by *Borrelia burgdorferi* sensu lato in Switzerland: spatio-temporal pattern at a regional scale. *Vector Borne Zoonotic Dis* 2004, 4(1):23–32.

9. Schuler M, Zimmermann H, Altpeter E, Heininger U: Epidemiology of tick-borne encephalitis in Switzerland, 2005 to 2011. *Euro Surveill* 2014, 19(13):1-7.
10. Piesman J, Gern L: Lyme borreliosis in Europe and North America. *Parasitology* 2004, 129(Suppl):S191–220.
11. Piesman J, Eisen L: Prevention of tick-borne diseases. *Annu Rev Entomol* 2008, 53:323–343.
12. Finch C, Al-Damluji MS, Krause PJ, Niccolai L, Steeves T, O'Keefe CF, Diuk-Wasser MA: Integrated assessment of behavioral and environmental risk factors for Lyme disease infection on Block Island. *Rhode Island PLoS One* 2014, 9(1):e84758.
13. Lane RS, Manweiler SA, Stubbs HA, Lennette ET, Madigan JE, Lavoie PE: Risk factors for Lyme disease in a small rural community in northern California. *Am J Epidemiol* 1992, 136(11):1358–1368.
14. Smith G, Wileyto EP, Hopkins RB, Cherry BR, Maher JP: Risk factors for Lyme disease in Chester County, Pennsylvania. *Public Health Rep* 2001, 116(Suppl 1):146–156.
15. Malouin R, Winch P, Leontsini E, Glass G, Simon D, Hayes EB, Schwartz BS: Longitudinal evaluation of an educational intervention for preventing tick bites in an area with endemic Lyme disease in Baltimore County, Maryland. *Am J Epidemiol* 2003, 157(11):1039–1051.
16. Vazquez M, Muehlenbein C, Cartter M, Hayes EB, Ertel S, Shapiro ED: Effectiveness of personal protective measures to prevent Lyme disease. *Emerg Infect Dis* 2008, 14(2):210–216.
17. Mowbray F, Amlot R, Rubin GJ: Ticking all the boxes? A systematic review of education and communication interventions to prevent tick-borne disease. *Vector Borne Zoonotic Dis* 2012, 12(9):817–825.
18. Gray JS, Granstrom M, Cimmino M, Daniel M, Gettinby G, Kahl O, Jaenson TG, Jongejan F, Korenberg E, O'Connell S: Lyme borreliosis awareness. *Zentralbl Bakteriol* 1998, 287(3):253–265.
19. Cartter ML, Farley TA, Ardito HA, Hadler JL: Lyme disease prevention—knowledge, beliefs, and behaviors among high school students in an endemic area. *Conn Med* 1989, 53(6):354–356.
20. Valente SL, Wemple D, Ramos S, Cashman SB, Savageau JA: Preventive behaviors and knowledge of tick-borne illnesses: results of a survey from an endemic area. *J Public Health Manag Pract* 2014, 00(00): 1-8.
21. Heller JE, Benito-Garcia E, Maher NE, Chibnik LB, Maher CP, Shadick NA: Behavioral and attitudes survey about Lyme disease among a Brazilian population in the endemic area of Martha's Vineyard, Massachusetts. *J Immigr Minor Health* 2010, 12(3):377–383.

22. Mowbray F, Amlot R, Rubin GJ: Predictors of protective behaviour against ticks in the UK: A mixed methods study. *Ticks Tick Borne Dis* 2014, 5(4):392–400.
23. McKenna D, Faustini Y, Nowakowski J, Wormser GP: Factors influencing the utilization of Lyme disease-prevention behaviors in a high-risk population. *J Am Acad Nurse Pract* 2004, 16(1):24–30.
24. Beaujean DJ, Gassner F, Wong A, van Steenberg JE, Crutzen R, Ruwaard D: Determinants and protective behaviours regarding tick bites among school children in the Netherlands: a cross-sectional study. *BMC Public Health* 2013, 13:1148.
25. Beaujean DJ, Bults M, van Steenberg JE, Voeten HA: Study on public perceptions and protective behaviors regarding Lyme disease among the general public in the Netherlands: implications for prevention programs. *BMC Public Health* 2013, 13:225.
26. Phillips CB, Liang MH, Sangha O, Wright EA, Fossil AH, Lew RA, Fossil KK, Shadick NA: Lyme disease and preventive behaviors in residents of Nantucket Island, Massachusetts. *Am J Prev Med* 2001, 20(3):219–224.
27. Gould LH, Nelson RS, Griffith KS, Hayes EB, Piesman J, Mead PS, Cartter ML: Knowledge, attitudes, and behaviors regarding Lyme disease prevention among Connecticut residents, 1999–2004. *Vector Borne Zoonotic Dis* 2008, 8(6):769–776.
28. Herrington JE Jr, Campbell GL, Bailey RE, Cartter ML, Adams M, Frazier EL, Damrow TA, Gensheimer KF: Predisposing factors for individuals' Lyme disease prevention practices: Connecticut, Maine, and Montana. *Am J Public Health* 1997, 87(12):2035–2038.
29. Herrington JE: Risk perceptions regarding ticks and Lyme disease: a national survey. *Am J Prev Med* 2004, 26(2):135–140.
30. Sjöberg LMB, Rundmo T: *Explaining risk perception. An evaluation of the psychometric paradigm in risk perception research*. Trondheim: Rotunde; 2004..
31. Conner M, Norman P: *Predicting Health Behaviour*: Open University Press; 2005.
32. Shadick NA, Daltroy LH, Phillips CB, Liang US, Liang MH: Determinants of tick-avoidance behaviors in an endemic area for Lyme disease. *Am J Prev Med* 1997, 13(4):265–270.
33. Brewer NT, Weinstein ND, Cuite CL, Herrington JE: Risk perceptions and their relation to risk behavior. *Ann Behav Med* 2004, 27(2):125–130.
34. Brewer NT, Chapman GB, Gibbons FX, Gerrard M, McCaul KD, Weinstein ND: Meta-analysis of the relationship between risk perception and health behavior: the example of vaccination. *Health Psychol* 2007, 26(2):136–145.
35. Slovic P: Perception of risk. *Science* 1987, 236(4799):280–285.

36. Slovic P: Perception of risk: reflections on the psychometric paradigm. In *Social Theories of Risk*. Edited by Krimsky S, Golding D. Santa Barbara: Praeger; 1992:117-152.
37. Slovic P: *The perception of risk*. London: Earthscan; 2000.
38. Sjoberg L: Risk Perception: experts and the public. *Eur Psychol* 1998, 3(1):1–12.
39. Sjoberg L: Factors in risk perception. *Risk Anal* 2000, 20(1):1–11.
40. Kasperson RE, Kasperson JX: The social amplification and attenuation of risk. *Ann Am Acad Polit Ss* 1996, 545:95–105.
41. Chauvin B, Hermand D, Mullet E: Risk perception and personality facets. *Risk Anal* 2007, 27(1):171–185.
42. Nahimana I, Gern L, Péter O, Praz G, Moosmann Y, Francioli P: [Epidemiology of Lyme borreliosis in French-speaking Switzerland]. *Schweiz Med Wochenschr* 2000, 130(41):1456–1461.
43. Moosmann Y, Brossard M, Raeber P, Gern L: Estimated Lyme borreliosis incidence in the canton of Neuchâtel (Switzerland). *Bulletin de la Société neuchâteloise des Sci Naturelles* 2012, 132:47–56.
44. Ferrouillet C, Lambert L, Milord F: *Consultation sur l'état actuel de la surveillance des zoonoses au Québec et son adéquation avec les changements climatiques et écologiques*. Québec: Institut national de santé publique du Québec; 2012:147.
45. Garvin JH, Gordon TF, Haignere C, Ducette JP: Development of a public health assessment tool to prevent Lyme disease: tool construction and validation. *Perspect Health Inf Manag* 2005, 2:11.
46. Serafin D: Lyme disease risk reduction: perceptions and behaviors in a Connecticut community. *MasterThesis*. Southern Connecticut State University, Department of Public Health; 2004.
47. Jouda F, Perret JL, Gern L: Ixodes ricinus density, and distribution and prevalence of Borrelia burgdorferi sensu lato infection along an altitudinal gradient. *J Med Entomol* 2004, 41(2):162–169.
48. Léger Marketing. [<http://leger360.com/en-CA/home.asp>].
49. Swiss Statistics. [http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/themen/01/02/blank/key/raeumliche_verteilung/kantone__gemeinden.html].

50. Institut de la statistique du Québec. [http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/population-demographie/structure/ra_total.htm].
51. Aenishaenslin C, Hongoh V, Cisse HD, Hoen AG, Samoura K, Michel P, Waaub JP, Belanger D: Multi-criteria decision analysis as an innovative approach to managing zoonoses: results from a study on Lyme disease in Canada. *BMC Public Health* 2013, 13:897.
52. Centre national de référence pour les maladies transmises par les tiques. [<http://www2.unine.ch/cnrt/page-11421.html>].
53. Clopper C, Pearson E: The use of confidence or fiducial limits illustrated in the case of the binomial. *Biometrika* 1934, 26(4):404–413.
54. Fabrigar L, Wegener D: *Exploratory factor analysis*. Oxford: Oxford University Press; 2012.
55. Fabrigar L, Wegener D, MacCallum R, Strahan E: Evaluating the use of Exploratory Factor Analysis in psychological research. *Psychol Methods* 1999, 4(3):272–299.
56. Tabachnick B, Fidell L: *Using multivariate statistics 6th edition edition*. Boston: Pearson Education Inc.; 2007.
57. Kaiser HF, Rice J: Little jiffy, mark 4. *Educ Psychol Meas* 1974, 34(1):111–117.
58. Tavakol M, Dennick R: Making sense of Cronbach's alpha. *Int J Med Educ* 2011, 2:53–55.
59. Armstrong PM, Brunet LR, Spielman A, Telford SR 3rd: Risk of Lyme disease: perceptions of residents of a Lone Star tick-infested community. *Bull World Health Organ* 2001, 79(10):916–925.
60. Shepperd JA, Carroll P, Grace J, Terry M: Exploring the causes of comparative optimism. *Psychol Belg* 2002, 42(1–2):65–98.
61. Weinstein ND: Unrealistic optimism about susceptibility to health problems: conclusions from a community-wide sample. *J Behav Med* 1987, 10(5):481–500.
62. Decker DJ, Evensen DT, Siemer WF, Leong KM, Riley SJ, Wild MA, Castle KT, Higgins CL: Understanding risk perceptions to enhance communication about human-wildlife interactions and the impacts of zoonotic disease. *ILAR J* 2010, 51(3):255–261.
63. Marsden PV, Wright JD: *The Handbook of Survey Research. Second Edition edition*. Bingley: Emerald Group Publishing; 2010.
64. Henson RK, Roberts JK: Use of exploratory factor analysis in published research - Common errors and some comment on improved practice. *Educ Psychol Meas* 2006, 66(3):393–416.

65. Gustafson PE: Gender differences in risk perception: theoretical and methodological perspectives. *Risk Anal* 1998, 18(6):805–811.
66. Deery HA: Hazard and risk perception among young novice drivers. *J Safety Res* 1999, 30(4):225–236.
67. Fan W, Yan Z: Factors affecting response rates of the web survey: A systematic review. *Comput Hum Behav* 2010, 26(2):132–139.

Factors associated with preventive behaviors regarding Lyme disease in Canada and Switzerland: a comparative study*

Cécile Aenishaenslin¹, Pascal Michel^{1,2}, André Ravel¹, Lise Gern³, François Milord⁴, Jean-Philippe Waub⁵, Denise Bélanger¹

¹ Groupe de Recherche en Épidémiologie des Zoonoses et Santé Publique (GREZOSP), Faculté de médecine vétérinaire, Université de Montréal, CP 5000, Saint-Hyacinthe J2S 7C6, Québec, Canada

² Laboratory for Foodborne Zoonoses, Public Health Agency of Canada, CP 5000, Saint-Hyacinthe H2S 7C6, Québec, Canada

³ Laboratoire d'Eco-Epidémiologie, Institut de Biologie, Université de Neuchâtel, 11 Emile-Argand, CP 158, 2009 Neuchâtel, Suisse

⁴ Institut national de santé publique du Québec, 1255 Beauregard, Longueuil J4K 2M3, Québec, Canada

⁵ Groupe d'étude et de recherche en analyse de la décision (GERAD), 3000 Côte-Sainte-Catherine, Montréal H3T 2A7, Québec, Canada

*Article publié : Aenishaenslin C, Michel P, Ravel A, Gern L, Milord F, et al. (2015) Factors associated with preventive behaviors regarding Lyme disease in Canada and Switzerland: a comparative study. BMC Public Health 15: 185. Disponible:
<http://www.biomedcentral.com/1471-2458/15/185>

Abstract

Background: Lyme disease (LD) is a vector-borne disease that is endemic in many temperate countries, including Switzerland, and is currently emerging in Canada. This study compares the importance of knowledge, exposure and risk perception for the adoption of individual preventive measures, within and between two different populations, one that has been living in a LD endemic region for several decades, the Neuchâtel canton in Switzerland, and another where the disease is currently emerging, the Montérégie region in the province of Québec, Canada.

Method: A web-based survey was carried out in both study regions (814 respondents) in 2012. Comparative analysis of the levels of adoption of individual preventive measures was performed and multivariable logistic regression analyses were used to test and compare how knowledge, exposure and risk perception were associated with the adoption of selected measures in both regions and globally.

Results: In Montérégie, the proportion of reported adoption of five of the most commonly recommended preventive measures varied from 6% for 'applying *acaricides* on one's property' to 49% for 'wearing *protective clothing*', and in Neuchâtel, proportions ranged from 6% (*acaricides*) to 77% for 'checking for ticks (*tick check*)'. Differences were found within gender, age groups and exposure status in both regions. The perceived efficacy of a given measure was the strongest factor associated with the adoption of three specific preventive behaviors for both regions: *tick check*, *protective clothing* and *tick repellent*. Risk perception and a high level of knowledge about LD were also significantly associated with some of these specific behaviors, but varied by region.

Conclusion: These results strongly suggest that social and contextual factors such as the epidemiological status of a region are important considerations to take into account when designing effective prevention campaigns for Lyme disease. It furthermore underlines the importance for public health authorities to better understand and monitor these factors in targeted populations in order to be able to implement preventive programs that are well adapted to a population and the epidemiological contexts therein.

Keywords: Lyme disease, Borreliosis, Preventive behaviors, Prevention, Ticks, Risk perception, Tick bites

Background

Lyme disease (LD) is a multisystemic tick-borne disease that is caused by the bacteria *Borrelia burgdorferi* and has been endemic for several decades in the United States and in Europe. Recognized as the most frequent vector-borne disease in many temperate countries, LD is emerging in Canada [1]. In the province of Québec, Canada, the first indigenous cases were reported in 2008 [2]. In 2012, 42 cases were reported in the province (incidence of 0,5 per 100 000 inhabitants), the vast majority having occurred in the Montérégie region, a region situated in the south east of the province near the US border [3]. In Switzerland, LD has been occurring for over three decades [4]. The incidence varies between cantons, and the Neuchâtel canton has an incidence which is above the Swiss national mean with last estimates ranging from 49 to 95 cases per 100 000 inhabitants [5,6]. There is no vaccine for LD currently available. The two main strategies promoted to prevent LD rely on decreasing the contact rate between infected ticks and humans by: 1) reducing the infected tick density in the environment via environmental preventive measures, and 2) promoting the adoption of individual preventive measures by educating and raising LD awareness in populations at risk.

Environmental preventive measures include actions aimed at reducing tick density in the environment, such as the application of acaricides or landscaping, as well as actions targeted at tick hosts such as treatment of deer or rodents with topical or oral acaricides, the exclusion of deer by fencing, vaccination of rodents, and other actions (environmental preventive measures against LD are reviewed in Piesman and Eisen [7]). Most of these environmental measures have been demonstrated to reduce tick densities in experimental settings in a North American context, but not all of them have been demonstrated to reduce the risk of LD in populations. It should be noted however, that the ecology of LD differs between North America and Europe [8], and it has yet to be shown whether or not environmental measures are transferable from one ecological context to another, such as Switzerland and its neighboring countries. Given these circumstances, the main public health strategy adopted by most countries until now has focused on the promotion of preventive measures among populations at risk [7].

Individual preventive measures have demonstrated efficacy in preventing LD in populations [7,9-14]. The primary actions recommended in the group of individual preventive measures include wearing long trousers or putting one's socks into one's trousers when visiting

wooded areas, applying tick repellent on skin and clothing, checking for and removing ticks after visiting wooded areas, and avoiding tick habitats during high risk periods [14]. The application of acaricides on one's property has also been recommended in the US for those living in high risk regions [15].

Factors influencing the adoption of preventive behaviors have been extensively studied for many diseases and health issues using different theoretical models, one of the most widely used being the Health Belief Model [16]. They include demographic factors, accessibility of health care services, knowledge about the disease, risk perception of the disease, perceptions of the efficacy of the measure, and social network characteristics [17]. The four last factors are social cognitive factors (knowledge, attitudes, beliefs), and are of particular interest for public health authorities given that they constitute the determinants of preventive behaviors that are believed to be the most open to change in a population by means of communication campaigns [13,18]. Previous studies have looked at the determinants of preventive behaviors for LD in the United States [19-30] and in Europe [31-34]. All of these studies have focused on one country, and the general observation coming out of this body of research is that the proportion of the population that adopts preventive behaviors, as well as the importance of the determinants of adoption, varies by context, but most give no indication on how context influences these parameters. Only a few studies have formally compared the determinants of preventive behaviors between populations living in regions with different LD incidence [19,20], and none has studied the determinants of preventive behaviors in a region with emerging LD, nor has any study compared the differences between countries with LD endemic and emerging statuses. We believe that a better understanding of the relationship between the adoption of preventive measures and their determinants in different epidemiological situations represents a critical aspect of the design of targeted and effective preventive communication programs. Aenishaenslin and colleagues [35] have shown that the perceived susceptibility toward LD, one recognized determinant of the adoption of preventive behaviors, was considerably higher in the Montérégie region, a region where LD is emerging. Building on this previous work, we hypothesized that risk perception may have a stronger effect on the adoption of preventive measures for LD in an emerging context, in contrast to a region where LD is endemic, such as the Neuchâtel region.

The aim of this paper is to compare the adoption of preventive behaviors by individuals, as well as the relative importance of knowledge, level of exposure, risk perception

and the perceived efficacy of preventive behaviors as potential determinants of such behaviors, within and between populations living in two different regions, one that has had endemic LD for the last 30 years, the Neuchâtel canton, in Switzerland, and another where the disease is currently emerging, the Montérégie region, in Québec, Canada. Currently, preventive actions toward LD in these two regions focus on risk communication.

Methods

Data collection

This cross-sectional study used data from web-surveys conducted simultaneously in fall 2012 in both study regions, the Montérégie region (n = 401) and the Neuchâtel region (n = 413). Details on the survey design and on data collection strategies are described in Aenishaenslin et al. [35]. The complete questionnaire in French is available in Additional file 1. This paper focuses specifically on assessing the level of adoption of five individual preventive measures in our two studied populations, namely: checking for ticks after outdoor activities (*tick check*), wearing *protective clothing*, applying *tick repellent*, avoiding wooded areas during high-risk periods (*risk area avoidance*), and treating properties with *acaricides*. Survey construction was based on the Health Belief Model [16] and questions were designed to measure levels of adoption of specific individual preventive measures (“How often do you apply ‘this measure’ to protect yourself against LD?”: (0) never, (1) rarely, (2) often, (3) always), as well as user’s perceived efficacy of the measures, using a five point Likert scale (“this measure is effective for the prevention of LD”: (5) strongly agree, (4) somewhat agree, (3) neither agree or disagree, (2) somewhat disagree, (1) strongly disagree). For questions measuring behavior adoption, respondents could select ‘Does not apply to my situation’ and were then excluded from further analysis specific to this measure. Additional data collected in the study included: gender, age group, education level, level of exposure through outdoor activities (10 or more outdoor activities in a LD risk region during the risk period per year), and level of knowledge of LD (high if 3 or 4 good answers or low if 0 to 2 good answers, based on four LD knowledge related questions regarding mode of transmission of the disease, early symptoms, treatment, and risk zones). The study protocol, including the complete questionnaire, was reviewed by the ethical committee for health research of the University of Montreal (Comité d’éthique de la santé, CERES) (certificate number 12-050-CERES-D), and the ethical certificate was approved by the Université de Neuchâtel.

Data analysis

A global preventive behavior score (GPB) (three levels: null, moderate or high) was computed based on three major recommended preventive measures by public health authorities in both studied regions [36,37]: *tick check*, use of *protective clothing*, and *tick repellent*. The GPB score was 'high' if respondents had a score of 2 (often) or 3 (always) for at least two of these three preventive measures, it was 'moderate' if they had a score of 2 (often) or 3 (always) for one of these measures, and 'null' in every other case. These three levels of GPB scores were used for descriptive analyses. A global risk perception score was also calculated based on the mean score of four observed perception variables: perceived severity, perceived individual susceptibility, perceived regional susceptibility and feelings of worry as described in Aenishaenslin et al.[35].

Descriptive and multivariable statistical analyses were performed using IBM SPSS Statistics 19. The proportion of reported behavior adoption for the five individual preventive measures were calculated separately by region for respondents who declared that they had heard about LD before the survey and excluding those who considered that the measure didn't applied to their situation (considered as 'LD familiar respondents' in the paper) and for the total survey population (total population). Pearson Chi-square statistics were calculated to assess significant differences ($p < 0.05$) between groups (study regions, gender, age groups, exposure status).

In order to measure and compare the effect of exposure, knowledge, global risk perception, and perceived efficacy of individual measures on behavior adoption, twelve multivariable logistic regression models were built using the following dependent variables: 1) GPB score (models A in Table VIII) and 2) the specific adoption score for each of the three main preventive measures (*tick check*, use of *protective clothing* and *tick repellent*) (models B, C, D in Table VIII). Among these, eight models were region specific and four were overall models combining both regions. In the regression models, the GPB score was dichotomized (scores of 'high' or 'moderate' become '1' or 'good' and scores 'null' become '0' or 'inadequate'), as were the specific adoption scores for *tick check*, use of *protective clothing*, and *tick repellent* (scores of '2' or '3' become '1' and scores of '0' or '1' become '0') in order to enable their use as dependent variables. Independent variables included in the models were 1) the exposure level (high vs low), 2) the global LD knowledge score (high vs low)[35], 3) the global risk perception

score (considered as a continuous variable)[35], and 4) the perceived efficacy of specific measures (only in the specific models). Gender, age and education level were considered as potential confounders and forced in all models for comparison sake. Only respondents with previous knowledge of LD (prior to survey administration) were included in the multivariable analysis.

Results

Table IX shows the proportion of respondents reporting adoption of the five preventive behaviors of interest by region, gender, age group and exposure status. Within LD familiar respondents, proportions in Montérégie varied from 6% for *acaricides* to 49% for use of *protective clothing* and fell to 3% (*acaricides*) and 22% (*protective clothing*) when considering the total Montérégie studied population. In Neuchâtel, proportions ranged from 6% for *acaricides* to 77% for *tick check* within LD familiar respondents, and from 3% (*acaricides*) to 57% (*tick check*) in the total studied population. Proportions for *tick check* and *protective clothing* adoption (73% for each) were higher in Neuchâtel ($p < .0001$) compared to Montérégie (18% and 49%, respectively) (Table IX).

In Montérégie, the proportion of *protective clothing* users was lower in the 35-54 yr old group (36%) compared to other age groups (18-34 yr = 63%; 55 + yr = 60%) ($p < 0.05$) (Table IX). For this same age group, it was also lower for *risk area avoidance* with 23% versus 30% in the 18-34 yr old group and 47% in the 55 + yr old group ($p < 0.05$). For *tick repellent*, the proportion was higher in the 18-34 yr old group (61%) versus 35% and 30% in the 35-54 and 55 + yr old groups ($p < 0.05$). The proportion for *acaricides* was very low in all age groups but higher in the 55 + yr old group for this region (11% vs 0% in 18-34 yr and vs 3% in the 35-54 yr old group) ($p < 0.05$).

Table VIII. Factors associated with general preventive behavior score (GPB) and with three specific preventive behaviors against LD

| A) Factors associated with GPB ¹ | | | | | | |
|--|----------|---------------|-----------|-----------------|---------------|-----------------|
| | Montréal | | Neuchâtel | | Overall model | |
| | OR | 95% CI | OR | 95% CI | OR | 95% CI |
| Exposure | 1.17 | (0.56-2.44) | 2.23 | (1.12-4.43)* | 1.67 | (1.02-2.73)* |
| Knowledge of LD | 2.07 | (1.05-4.10)* | 2.32 | (1.17-4.59)* | 2.29 | (1.42-3.68)** |
| Risk perception | 1.79 | (1.15-2.79)* | 1.32 | (0.81-2.16) | 1.54 | (1.12-2.12)** |
| Region (Montréal : - | - | - | - | - | 0.33 | (0.20-0.54)*** |
| B) Factors associated with "Performing tick check after outdoor activities" ¹ | | | | | | |
| | Montréal | | Neuchâtel | | Overall model | |
| | OR | 95% CI | OR | 95% CI | OR | 95% CI |
| Exposure | 1.15 | (0.42-3.16) | 1.24 | (0.67-2.30) | 1.22 | (0.73-2.02) |
| Knowledge of LD | 1.18 | (0.47-3.00) | 2.45 | (1.31-4.59)** | 1.90 | (1.16-3.13)** |
| Risk perception | 2.00 | (1.05-3.78)* | 1.62 | (1.03-2.54)* | 1.66 | (1.17-2.34)** |
| Perceived efficacy of | 3.17 | (1.18-8.55)* | 11.90 | (4.53-31.31)*** | 6.87 | (3.38-13.97)*** |
| Region (Montréal : - | - | - | - | - | 0.12 | (0.07-0.21)*** |
| C) Factors associated with "Wearing protective clothing" ¹ | | | | | | |
| | Montréal | | Neuchâtel | | Overall model | |
| | OR | 95% CI | OR | 95% CI | OR | 95% CI |
| Age 18–34 yr | 1.24 | (0.35-4.36) | 0.41 | (0.19-0.88)* | 0.46 | (0.25-0.86)* |
| 35-54 yr | 0.35 | (0.17-0.73)** | 0.85 | (0.41-1.75) | 0.61 | (0.37-0.99)* |
| 55+ yr ^R | 1 | | 1 | | 1 | |
| Exposure | 1.05 | (0.47-2.38) | 1.35 | (0.76-2.41) | 1.21 | (0.77-1.91) |
| Knowledge of LD | 2.29 | (1.08-4.84)* | 1.51 | (0.83-2.75) | 1.98 | (1.27-3.10)** |
| Risk perception | 1.84 | (1.13-3.01)* | 1.13 | (0.74-1.70) | 1.35 | (1.00-1.83)* |
| Perceived efficacy of | 7.99 | (1.65-38.68)* | 35.45 | (4.35-288.53)** | 14.76 | (4.30-50.62)*** |
| Region (Montréal : - | - | - | - | - | 0.46 | (0.28-0.76)** |

¹Gender, age and education level were forced in all models as potential confounders. Related OR are shown only if statistically significant in the model.

^RReference categories.

*p < 0,05; ** p < 0,01; ***p < 0,001.

Table VIII. (continued)

| D) Factors associated with "Applying tick repellent" ¹ | | | | | | |
|---|------------|-----------------|-----------|-----------------|---------------|-----------------|
| | Montérégie | | Neuchâtel | | Overall model | |
| | OR | 95% CI | OR | 95% CI | OR | 95% CI |
| Age 18–34 yr | 5.06 | (1.23-20.71)* | 1.24 | (0.60-2.59) | 1.55 | (0.84-2.86) |
| 35-54 yr | 1.17 | (0.50-2.74) | 2.52 | (1.31-4.82)* | 1.89 | (1.16-3.09)* |
| 55+ yr ^R | 1 | | 1 | | 1 | |
| Exposure | 1.54 | (0.60-3.98) | 1.09 | (0.63-1.88) | 1.13 | (0.72-1.78) |
| Knowledge of LD | 2.12 | (0.87-5.13) | 0.84 | (0.47-1.49) | 1.10 | (0.69-1.75) |
| Risk perception | 1.51 | (0.82-2.80) | 1.86 | (1.23-2.82)** | 1.68 | (1.21-2.35)** |
| Perceived efficacy of the measure | 17.66 | (6.63-47.04)*** | 8.83 | (3.74-20.86)*** | 10.77 | (5.78-20.04)*** |
| Region | - | - | - | - | 1.92 | (1.11-3.31)* |

¹Gender, age and education level were forced in all models as potential confounders. Related OR are shown only if statistically significant in the model.

^RReference categories.

*p < 0,05; ** p < 0,01; ***p < 0,001.

In Neuchâtel, the proportion of adopters for the *tick check* behavior was lower in men than women (69% vs 82% in women) (p < 0.05) (Table IX). The proportion of *protective clothing* adopters was lower in the low-exposure group with 67% vs 78% in the high-exposure group (p < 0.05). For *tick repellent* adopters it was higher in the 35-54 yr old group with 49% versus 34% and 33% in the 18–34 and 55 + yr old groups respectively (p < 0.05).

With regards to the GPB score, 86% of the Neuchâtel respondents had a moderate (22%) or high score (64%), which was significantly higher than scores obtained in Montérégie where only 56% of respondents were found to have had moderate or high scores (Table IX, Figure 6). In Neuchâtel, the low exposure group had a lower proportion of moderate/high scores (80%) vs the high exposure group (91%) (p < 0.05) (Table IX).

Table IX. Proportions of reported adoption of LD preventive behaviors by region, gender, age groups and level of exposure

| Preventive measure | Gender | | | | Age | | | | | | Level of exposure | | | | Total ¹ | | Total region ² | |
|--|--------|---------|------|--------|------------------|-------|----------|---------|--------|-------|-------------------|---------|--------|---------|--------------------|---------|---------------------------|-----|
| | Women | | Men | | 18-34 yr | | 35-54 yr | | 55+ yr | | High | | Low | | % | n | P | % |
| | % | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % | n | | | | |
| Performing tick check after outdoor activities | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Montérégie | 16% | 13/81 | 20% | 17/85 | 11% | 2/19 | 15% | 10/69 | 23% | 18/78 | 20% | 8/40 | 18% | 22/126 | 18% | 30/166 | <0,0001 | 7% |
| Neuchâtel | 82% | 155/190 | 69%* | 79/114 | 78% | 62/80 | 79% | 106/135 | 74% | 66/89 | 80% | 138/172 | 73% | 96/132 | 77% | 234/304 | | 57% |
| Wearing protective clothing | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Montérégie | 50% | 42/84 | 49% | 45/92 | 63% | 10/16 | 36%** | 27/75 | 60% | 50/85 | 49% | 19/39 | 50% | 68/137 | 49% | 87/176 | <0,0001 | 22% |
| Neuchâtel | 76% | 139/183 | 69% | 79/115 | 61% ² | 47/77 | 76% | 102/135 | 80% | 69/86 | 78% | 131/169 | 67%*** | 87/129 | 73% | 218/298 | | 53% |
| Applying tick repellent | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Montérégie | 40% | 35/87 | 30% | 26/87 | 61%** | 11/18 | 35% | 24/69 | 30% | 27/87 | 43% | 17/40 | 33% | 44/134 | 35% | 61/174 | ns | 15% |
| Neuchâtel | 44% | 82/185 | 33% | 37/111 | 34% | 27/79 | 49%** | 65/134 | 33% | 27/83 | 42% | 70/165 | 37% | 49/131 | 40% | 119/296 | | 29% |
| Avoiding wooded areas during high-risk period | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Montérégie | 45% | 39/86 | 26%* | 23/90 | 30% | 6/20 | 23%** | 17/73 | 47%** | 39/83 | 14% | 6/42 | 42%*** | 56/134 | 35% | 62/176 | ns | 15% |
| Neuchâtel | 36% | 67/184 | 37% | 38/104 | 31% | 23/74 | 35% | 45/130 | 44% | 37/84 | 28% | 45/159 | 47%*** | 60/129 | 37% | 105/288 | | 25% |
| Treating properties with acaricides | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Montérégie | 10% | 8/83 | 3% | 3/89 | 0% | 0/17 | 3% | 2/70 | 11%** | 9/85 | 5% | 2/37 | 7% | 9/135 | 6% | 11/172 | ns | 3% |
| Neuchâtel | 5% | 6/116 | 7% | 5/71 | 4% | 2/52 | 7% | 6/87 | 6% | 3/48 | 7% | 7/101 | 5% | 4/86 | 6% | 11/187 | | 3% |
| Global preventive behavior score | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Montérégie | 58% | 59/102 | 55% | 55/100 | 57% | 13/23 | 52% | 42/81 | 60% | 59/98 | 60% | 27/45 | 55% | 87/157 | 56% | 114/202 | <0,0001 | 28% |
| Neuchâtel | 89% | 175/197 | 82% | 99/121 | 86% | 71/83 | 86% | 121/141 | 87% | 82/94 | 91% | 161/177 | 80%*** | 113/141 | 86% | 274/318 | | 66% |

¹ includes only respondents who knew of LD before survey administration (Proportion of adoption in 'LD familiar' respondents).

² includes all respondents (Proportion of adoption in the total population; Montérégie: n = 401, Neuchâtel: n = 413).

* Significant (p < 0,05) difference when compared to women in the same region (Pearson Chi-square statistic).

** Significant (p < 0,05) difference when compared to other age groups in the same region (Pearson Chi-square statistic).

*** Significant (p < 0,05) difference when compared to the high exposed group in the same region (Pearson Chi-square statistic).

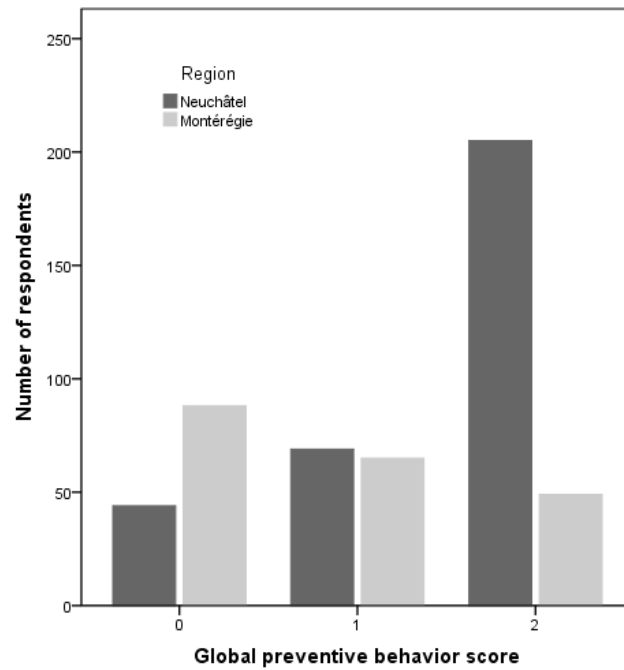


Figure 6. Distribution of global preventive behavior scores (GPB) by region.

The perceived efficacy of the five measures varied between populations (Figure 7). In both populations, four measures were perceived as effective by at least 50% of the population, except for the use of *acaricides*, which was perceived as effective by only 12% in Neuchâtel and by 20% in Montérégie. In Neuchâtel, *protective clothing* (94%), *tick check* (86%) and *tick repellent* (67%) were the three measures most often perceived as effective, whereas in Montérégie, it was *protective clothing* (83%), *risk area avoidance* (76%) and *tick check* (58%) which were perceived as being the most effective. For all five measures, proportions were found to be different between regions ($p < 0.005$).

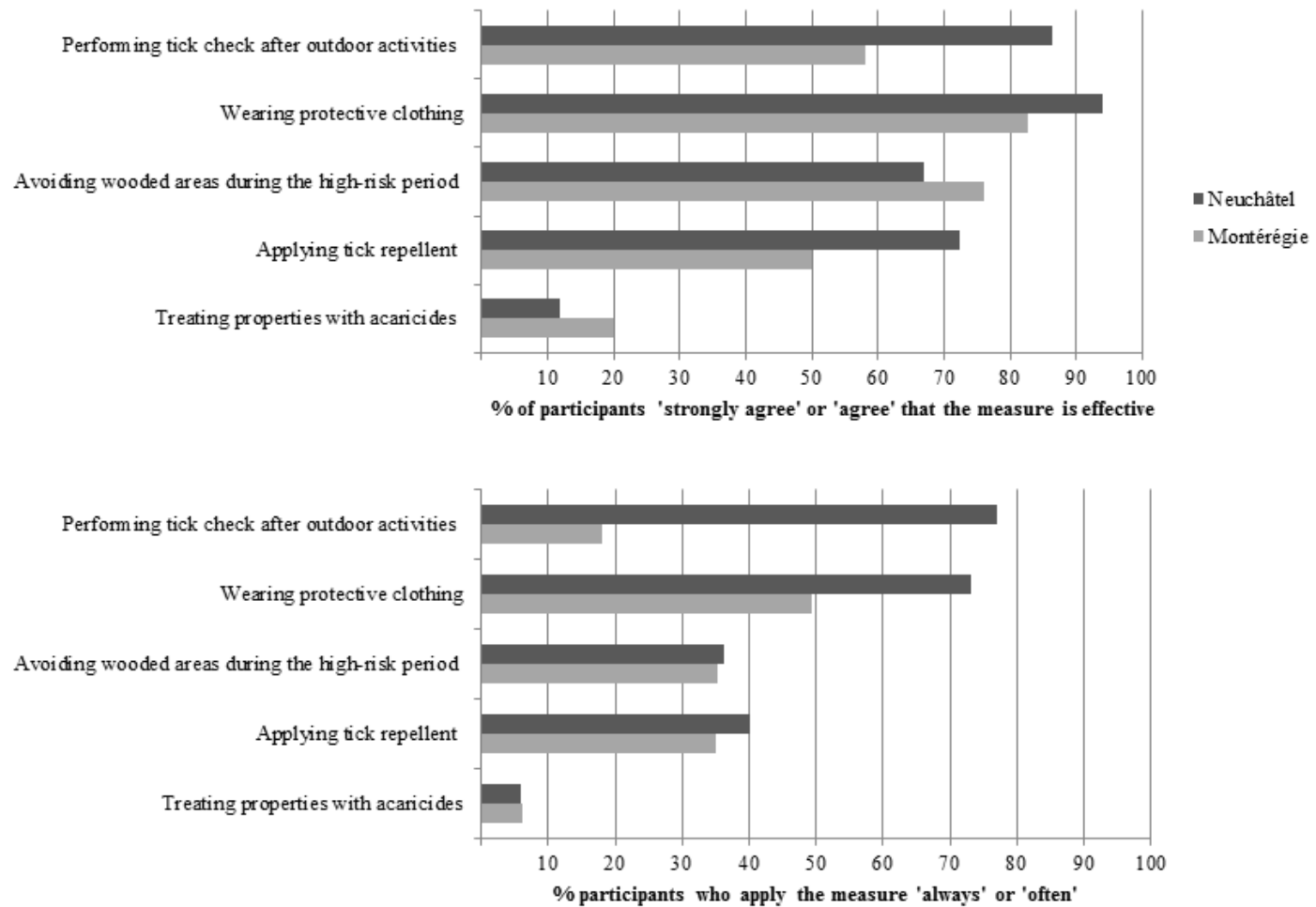


Figure 7. Perceived efficacy and proportion of adoption of five preventive measures against Lyme disease by region.

Table VIII presents the results from multivariable logistic regression analyses with four different dependent variables: (A) global preventive behavior score (GPB), (B) adoption of *tick check*, (C) adoption of *protective clothing* and (D) adoption of *tick repellent*, in regional subsets and in the overall sample.

With regards to the GPB score, high levels of knowledge (OR = 2.07, 95%CI = 1.05-4.10) and risk perception (OR = 1.79, 95%CI = 1.15-2.79) were both found to be significantly associated with a good GPB in Montérégie (good GPB is a moderate or high GPB, i.e. at least one of the three main preventive measures is reported as being adopted 'often' or 'always'). In Neuchâtel, knowledge (OR = 2.32, 95%CI = 1.17-4.59) and exposure (OR = 2.23, 95%CI = 1.12-4.43) were found to be significant factors. In the overall model, knowledge (OR = 2.29, 95%CI = 1.42-3.68), exposure (OR = 1.67, 95%CI = 1.02-2.73), risk perception (OR = 1.54, 95%CI = 1.12-2.12) and region (OR = 0.33, 95%CI = 0.20-0.54) were significantly associated with good GPB.

When examining the six region specific models, we noted that significant factors varied by outcome. The perceived efficacy of specific measures was found to be significantly associated with the three studied behaviors in both regions with high odds ratios ranging from 3.17 (95% CI = 1.18-8.55) for *tick check* in Montérégie to 35.45 (95% CI = 4.35-288.53) for *protective clothing* in Neuchâtel. Risk perception was significantly associated with behaviors in four specific models: *tick check* (OR = 2.00, 95%CI = 1.05-3.78) and *protective clothing* (OR = 1.84, 95%CI = 1.13-3.01) in Montérégie and *tick check* (OR = 1.62, 95%CI = 1.03-2.54) and *tick repellent* (OR = 1.86, 95%CI = 1.23-2.82) in Neuchâtel. Knowledge was significantly associated with behaviors in two specific models: *tick check* in Neuchâtel (OR = 2.45, 95%CI = 1.31-4.59) and *protective clothing* in Montérégie (OR = 2.29, 95%CI = 1.08-4.84), whereas exposure was never significantly associated with specific behaviors in either region. In the overall specific models, perceived efficacy of the measure, risk perception and region were significantly associated with the three behaviors and knowledge with two of them: *tick check* and *protective clothing*. Age was associated with *protective clothing* and *tick repellent* in both regions. More precisely, being in the 35–54 years of age group was negatively associated with the use of *protective clothing* in Montérégie. In Neuchâtel, being in the 18–34 years of age group was also negatively associated with this behavior. Being in the 18–34 years of age group was positively associated with the use of *tick repellent* in Montérégie, and being in the 35–54 years of age group was positively associated with the adoption of this behavior in Neuchâtel.

Interactions between variables included were tested in each model but none were found to be statistically significant. Regarding comparisons of OR for the four dependent variables of interest, none were identified as different between regional subsets when considering the 95% confidence intervals in all models, other than the fact that different significant factors were identified in both populations.

Discussion

One objective of this study was to compare the adoption of preventive measures by individuals within and between populations living in regions with different LD epidemiological statuses. Overall, in Neuchâtel, a high proportion of respondents (86% among those who knew of the disease before the survey) reported adoption of at least one of the main preventive measures and three out of four declared having checked for ticks after being in an area at risk for LD. With an incidence reaching 95 cases per 100 000 inhabitants [5], this is good news from a public health perspective given that removing ticks within 24 h after being bitten can reduce the risk of transmission of the bacteria to near zero [38,39]. This high level of adoption of preventive measures was not observed in the Montérégie region where the highest level of adoption for a preventive measure was found to be 50% for the use of *protective clothing*, among those who knew of LD before they had taken the survey, and under 20% for *tick check* and 35% for *tick repellent*. This finding may reflect a lack of knowledge about transmission and distribution of the disease, as described previously in Aenishaenslin et al.[35], given that the region is currently facing emergence of a new disease. Our findings may also suggest that despite their demonstrated efficacy, some preventive measures, such as applying acaricides on one's property, are not popular in either Quebec or Switzerland, a finding which may also be explained by the low level of social acceptability for this specific measure. Previous studies have shown a low level of adoption for similar preventive measures both in low and high incidence regions for LD in other parts of the world [20,28,30,34,40].

Our findings suggest that the adoption of specific preventive behaviors also vary according to socio-demographic characteristics of respondents, such as gender, age and exposure levels and that the relationship between these characteristics and the adoption of preventive behaviors depends on the region and on the specific preventive measure. For example, being in a younger age group (either 18–34 or 35–54 vs 55+ year old) was positively associated with the adoption of *tick repellent* use but negatively associated with

the use of *protective clothing*. Also, a higher level of adoption was noted in women for the practice of *tick checks* in Neuchâtel but not in Montérégie, and a higher proportion was measured in women for *risk area avoidance* in Montérégie but not in Neuchâtel. In general, gender differences regarding the adoption of health-related behaviors are highly variable and depend on the type of behavior under study [41]. In Phillips and colleagues [28], women were also associated with a greater proportion of preventive behaviors including the practice of *risk area avoidance*, *tick checks* and *tick repellent* in residents of Nantucket Island in Massachusetts, United States. On the opposite, other studies have found no gender differences regarding LD preventive behaviors adoption [30,34].

Another main objective of this study was to test if exposure, knowledge, risk perception, and the perceived efficacy of measures were associated with the adoption of preventive behaviors to a similar degree in both regions. We calculated these associations with four multivariable logistic regression models predicting either a GPB score or an adoption score for three main specific preventive measures (OR was used as an indicator of the strength of association). We could not find significant differences between regional subsets in the strength of association when considering OR confidence intervals. On the other hand, even if we identified different significant factors between regions, we noted a good level of constancy in the strength of association, particularly in the association of risk perception and knowledge with adoption of specific measures when comparing overall models. Knowledge was also a common factor associated with preventive measures in overall models and most of the regional models, as previously reported in other regions [19,33,40]. Several studies have demonstrated that risk perception, expressed by the perceived severity of and the perceived susceptibility to LD, was associated with the adoption of preventive behaviors [19,20,24,33,34,40]. Herrington [20] compared factors associated with preventive behaviors between low and high incidence states in the United States. He observed differences in the strength of association of the perceived severity between these regions: in low incidence states, perceived severity was positively associated with the adoption of preventive behaviors (in general) while it was negatively associated with such behaviors in high-incidence states. As we used a global risk perception score (vs perceived severity) as an independent variable in our models, we are not able to directly compare our findings with these results.

In our study, we decided to restrict multivariable analyses to the subset of respondents who had heard about LD before the survey was administered, given that all other respondents could not have consciously applied preventive measures in order to

protect themselves against LD if they did not even know about the existence of the disease. Given that a considerable number of respondents did not know about LD, especially in Montérégie where only 54% had heard about LD prior to the survey, the regional sample sizes were greatly diminished, resulting in large confidence intervals and a reduced statistical power that may partially explain the lack of differences observed in the strength of association between risk perception and the adoption of preventive behaviors between the two regions.

Nevertheless, multivariable models revealed other interesting findings. Perceived efficacy of specific preventive measures was strongly associated with the adoption of three preventive measures in our study. The perceived efficacy of a measure has previously been identified as an important predictor but the relationship was found to be stronger in our study than compared to previous studies [24,26,33].

Another interesting observation is that 'living in the Montérégie region' was positively associated with the use of *tick repellent* in the overall models, while it was negatively associated with the practice of *tick checks* and the use of *protective clothing*. One hypothetical explanation is that applying repellent is already well accepted by residents of the region for other reasons, such as to protect themselves against mosquitoes, and the risk of West Nile virus transmission, which is also present in this region [42]. This context is different in Neuchâtel where the use of repellent may be less common. Finally, it may seem reasonable to conclude that living in an emerging and low incidence region such as Montérégie could be negatively associated with specific preventive behaviors as the practice of *tick checks* and the use of *protective clothing* when compared to a high incidence region such as Neuchâtel.

This study has several limitations. We obtained data from a web-based survey using panels of respondents. Thus, our study was restricted to Internet users. More aspects of the representativeness of the data are discussed in Aenishaenslin et al. [35]. Also, the cross-sectional design of our study can provide useful data but cannot establish causal relationships, and thus explains our preference for the terms 'factors associated with preventive behaviors' in this paper, rather than 'determinants of preventive behaviors'. A longitudinal design would be of great interest to study temporal changes in preventive behaviors in relation to evolving levels of knowledge and risk perception, particularly in the Montérégie context, where LD is emerging and where such changes will certainly be important in the coming years.

This study was carried out in two regions that were chosen based on their contrasting LD epidemiological situation. Differences observed between the two populations cannot be explained based on their LD epidemiological statuses alone. Other unmeasured contextual factors certainly have an impact on preventive behaviors, such as culture, societal values, and public health communication efforts. Our regional results should therefore be viewed as two case studies, and should be interpreted with respect to their regional specific contexts.

Another limit of the study is that several variables included in our analyses were categorized or dichotomized, resulting in a partial loss of information when compared to the raw survey data which was predominantly ordinal. This was done to allow a useful interpretation of the results in the public health context, to carry out multivariable logistic regression analyses and to maximise statistical power in our analyses.

One explanation for the high OR values found for the perceived efficacy of preventive measures in our study could be the desirability bias of the respondents. Perceived efficacy was based on survey data, and thus the assessment of the adoption of preventive behaviors was self-reported. This may introduce bias such as desirability bias in this measurement, and this bias may be exacerbated when respondents believe in the perceived efficacy of a measure. This may have increased the proportion of reported preventive behaviors and may have moved the estimate of the association between the perceived efficacy and the adoption of the measure in question away from the null. Studies focusing specifically on measuring the *observed* adoption (*vs* self-reported) of protective behaviors in relation to the perceived efficacy of a behavior may be of great interest for future research.

Finally, our study measured the association between factors with preventive behaviors, but besides the statistical significance of these factors, quantitative analysis cannot fully explain the relationships between these variables and cannot provide a deep understanding of the motivations and barriers of adoption of preventive behaviors. Qualitative studies may provide essential insights that may help deepen our understanding and ability to interpret behavior related studies, for example to explain observed differences in behavior between age categories.

Conclusion

This study highlights the importance for public health authorities to improve their understanding and ability to monitor key social factors known to influence the adoption of proposed preventive measures in targeted populations. Improved understanding and monitoring of key social factors will help establish effective prevention programs that are well adapted to populations and their epidemiological contexts. Two key messages should be highlighted in particular from this study. First, our results suggest that a high risk perception by the population could increase the level of adoption of proposed preventive behaviors in regions where LD is emerging, an effect that could not be statistically verified in the other region where LD is endemic. Second, the perceived efficacy of a specific preventive measure seems to represent a reliable predictor for the adoption of such measures in both emerging and endemic regions. These two observations may lead to practical considerations for public health authorities with regards to the importance of the epidemiological status of a region in the overall design of prevention campaigns and to the integration of communication messages directly targeted at enhancing positive perception of selected preventive measures with the objective of increasing the efficacy of prevention efforts.

Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contributions

CA conceived and designed the study and drafted the manuscript. AR and PM helped in the design and statistical analyses. LG helped in the design of the study. FM, JPW and DB helped in the conception of the study. All authors read, revised and approved the final manuscript.

Acknowledgements

The authors would like to acknowledge Guy Beauchamp and Valérie Hongoh for assistance with this study, as well as experts from Québec and Switzerland for their participation in this project. Funding was provided by the Fonds de la Recherche du Québec, the Public Health Agency of Canada, the 4P Training program in health promotion, prevention and public policy, and the Ministère de l'Éducation, des Loisirs et des Sports du Québec.

References

1. Ogden NH, Lindsay LR, Morshed M, Sockett PN, Artsob H. The emergence of Lyme disease in Canada. *CMAJ*. 2009;180(12):1221–4.
2. Bourre-Tessier J, Milord F, Pineau C, Vinet E. Indigenous Lyme disease in Quebec. *J Rheumatol*. 2011;38(1):183.
3. Ferrouillet C, Lambert L, Milord F: Consultation sur l'état actuel de la surveillance des zoonoses au Québec et son adéquation avec les changements climatiques et écologique. Québec: Institut national de santé publique du Québec; 2012:147.
4. Gerster JC, Gugli S, Perroud H, Bovet R. Lyme arthritis appearing outside the United States: a case report from Switzerland. *Br Med J (Clin Res Ed)*. 1981;283(6297):951–2.
5. Nahimana I, Gern L, Peter O, Praz G, Moosmann Y, Francioli P. [Epidemiology of Lyme borreliosis in French-speaking Switzerland]. *Schweiz Med Wochenschr*. 2000;130(41):1456–61.
6. Moosmann Y, Brossard M, Raeber P, Gern L. Estimated Lyme borreliosis incidence in the canton of Neuchâtel (Switzerland). *Bulletin de la Société neuchâteloise des Sciences Naturelles*. 2012;132:47–56.
7. Piesman J, Eisen L. Prevention of tick-borne diseases. *Annu Rev Entomol*. 2008;53:323–43.
8. Piesman J, Gern L. Lyme borreliosis in Europe and North America. *Parasitology*. 2004;129(Suppl):S191–220.
9. Vazquez M, Muehlenbein C, Cartter M, Hayes EB, Ertel S, Shapiro ED. Effectiveness of personal protective measures to prevent Lyme disease. *Emerg Infect Dis*. 2008;14(2):210–6.
10. Finch C, Al-Damluji MS, Krause PJ, Niccolai L, Steeves T, O'Keefe CF, et al. Integrated assessment of behavioral and environmental risk factors for Lyme disease infection on Block Island. *Rhode Island PLoS One*. 2014;9(1):e84758.

11. Lane RS, Manweiler SA, Stubbs HA, Lennette ET, Madigan JE, Lavoie PE. Risk factors for Lyme disease in a small rural community in northern California. *Am J Epidemiol.* 1992;136(11):1358–68.
12. Smith G, Wileyto EP, Hopkins RB, Cherry BR, Maher JP. Risk factors for lyme disease in Chester County, Pennsylvania. *Public Health Rep.* 2001;116 Suppl 1:146–56.
13. Malouin R, Winch P, Leontsini E, Glass G, Simon D, Hayes EB, et al. Longitudinal evaluation of an educational intervention for preventing tick bites in an area with endemic lyme disease in Baltimore County, Maryland. *Am J Epidemiol.* 2003;157(11):1039–51.
14. Mowbray F, Amlot R, Rubin GJ. Ticking all the boxes? A systematic review of education and communication interventions to prevent tick-borne disease. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 2012;12(9):817–25.
15. Center for Disease Control and Prevention: Preventing ticks in the yard. http://www.cdc.gov/lyme/prev/in_the_yard.html (2015). Accessed 29 Jan 2015.
16. Conner M, Norman P: *Predicting Health Behaviour*. Berkshire: Open University Press; 2005.
17. Cummings KM, Becker MH, Maile MC. Bringing the models together: an empirical approach to combining variables used to explain health actions. *J Behav Med.* 1980;3(2):123–45.
18. Daltroy LH, Phillips C, Lew R, Wright E, Shadick NA, Liang MH. A controlled trial of a novel primary prevention program for Lyme disease and other tick-borne illnesses. *Health Educ Behav.* 2007;34(3):531–42.
19. Herrington Jr JE, Campbell GL, Bailey RE, Cartter ML, Adams M, Frazier EL, et al. Predisposing factors for individuals' Lyme disease prevention practices: Connecticut, Maine, and Montana. *Am J Public Health.* 1997;87(12):2035–8.
20. Herrington JE. Risk perceptions regarding ticks and Lyme disease: a national survey. *Am J Prev Med.* 2004;26(2):135–40.
21. Brewer NT, Weinstein ND, Cuite CL, Herrington JE. Risk perceptions and their relation to risk behavior. *Ann Behav Med.* 2004;27(2):125–30.
22. McKenna D, Faustini Y, Nowakowski J, Wormser GP. Factors influencing the utilization of Lyme disease-prevention behaviors in a high-risk population. *J Am Acad Nurse Pract.* 2004;16(1):24–30.
23. Heller JE, Benito-Garcia E, Maher NE, Chibnik LB, Maher CP, Shadick NA. Behavioral and attitudes survey about Lyme disease among a Brazilian population in the endemic area of Martha's Vineyard, Massachusetts. *J Immigr Minor Health.* 2010;12(3):377–83.
24. Shadick NA, Daltroy LH, Phillips CB, Liang US, Liang MH. Determinants of tick-avoidance behaviors in an endemic area for Lyme disease. *Am J Prev Med.* 1997;13(4):265–70.

25. Gould LH, Nelson RS, Griffith KS, Hayes EB, Piesman J, Mead PS, et al. Knowledge, attitudes, and behaviors regarding Lyme disease prevention among Connecticut residents, 1999–2004. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 2008;8(6):769–76.
26. Cartter ML, Farley TA, Ardito HA, Hadler JL. Lyme disease prevention—knowledge, beliefs, and behaviors among high school students in an endemic area. *Conn Med.* 1989;53(6):354–6.
27. Armstrong PM, Brunet LR, Spielman A, Telford 3rd SR. Risk of Lyme disease: perceptions of residents of a Lone Star tick-infested community. *Bull World Health Organ.* 2001;79(10):916–25.
28. Phillips CB, Liang MH, Sangha O, Wright EA, Fossil AH, Lew RA, et al. Lyme disease and preventive behaviors in residents of Nantucket Island, Massachusetts. *Am J Prev Med.* 2001;20(3):219–24.
29. Bayles BR, Evans G, Allan BF. Knowledge and prevention of tick-borne diseases vary across an urban-to-rural human land-use gradient. *Ticks Tick Borne Dis.* 2013;4(4):352–8.
30. Hallman W, Weinstein N, Kadakia S, Chess C. Precautions taken against Lyme disease at three recreational parks in endemic areas of New Jersey. *Environment and behavior.* 1995;27(4):437–53.
31. de Vries H, van Dillen S. Prevention of Lyme disease in Dutch children: analysis of determinants of tick inspection by parents. *Prev Med.* 2002;35(2):160–5.
32. Beaujean DJ, Gassner F, Wong A, van JE S, Crutzen R, Ruwaard D. Determinants and protective behaviours regarding tick bites among school children in the Netherlands: a cross-sectional study. *BMC Public Health.* 2013;13:1148.
33. Beaujean DJ, Bults M, van Steenberghe JE, Voeten HA. Study on public perceptions and protective behaviors regarding Lyme disease among the general public in the Netherlands: implications for prevention programs. *BMC Public Health.* 2013;13:225.
34. Mowbray F, Amlot R, Rubin GJ. Predictors of protective behaviour against ticks in the UK: A mixed methods study. *Ticks Tick Borne Dis.* 2014;5(4):392–400.
35. Aenishaenslin C, Ravel A, Michel P, Gern L, Milord F, Waaub JP, et al. From Lyme disease emergence to endemicity: a cross sectional comparative study of risk perceptions in different populations. *BMC Public Health.* 2014;14(1):1298.
36. Agence de la santé et des services sociaux de la Montérégie: Maladie de Lyme. <http://www.santemonteregie.qc.ca/agence/santepublique/directiondesantepublique/maladie/lyme.fr.html#.VMuTYS7lhME> (2015). Accessed 29 Jan 2015.
37. Canton de Neuchâtel: Maladies transmises par les tiques. <http://www.ne.ch/autorites/DFS/SCSP/maladies-vaccinations/Pages/tiques.aspx> (2015). Accessed 29 Jan 2015.

38. des Vignes F, Piesman J, Heffernan R, Schulze TL, Stafford KC, Fish D: Effect of tick removal on transmission of *Borrelia burgdorferi* and *Ehrlichia phagocytophila* by *Ixodes scapularis* nymphs. *Journal of Infectious Diseases* 2001, 183(5):773–778.
39. Crippa M, Rais O, Gern L. Investigations on the mode and dynamics of transmission and infectivity of *Borrelia burgdorferi sensu stricto* and *Borrelia afzelii* in *Ixodes ricinus* ticks. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 2002;2(1):3–9.
40. Valente SL, Wemple D, Ramos S, Cashman SB, Savageau JA: Preventive Behaviors and Knowledge of Tick-Borne Illnesses: Results of a Survey From an Endemic Area. *J Public Health Manag Pract* 2014.
41. Waldron I: Gender and Health-Related Behavior. In *Health Behavior*. Edited by Gochman D: Springer US; 1998:193–208.
42. Ministère de la santé et des services sociaux du Québec: Virus du Nil occidental. http://www.msss.gouv.qc.ca/sujets/santepub/environnement/index.php?virus_du_nil (2015). Accessed 29 Jan 2015.

Additional file 1: Annexe 1

Acceptability of tick control interventions to prevent Lyme disease in Switzerland and Canada: a mixed-method study*

Cécile Aenishaenslin^{1,3}, Pascal Michel^{1,2}, André Ravel³, Lise Gern⁴, Jean-Philippe Waaub⁵, François Milord⁶, Denise Bélanger^{1,3}

¹ Research Group on Epidemiology of Zoonoses and Public Health , Pavillon de la santé publique, Faculté de médecine vétérinaire, Université de Montréal, CP 5000, Saint-Hyacinthe, J2S 7C6, Québec, Canada

² Laboratory for Foodborne Zoonoses, Public Health Agency of Canada, CP 5000, Saint-Hyacinthe, H2S 7C6, Québec, Canada

³ Département de pathologie et microbiologie, Faculté de médecine vétérinaire, Université de Montréal, CP 5000, Saint-Hyacinthe, J2S 7C6, Québec, Canada

⁴ Laboratoire d'Eco-Épidémiologie, Institut de Biologie, Université de Neuchâtel, 11 Émile-Argand, CP 158, 2009 Neuchâtel, Suisse

⁵ Group for Research in Decision Analysis (GERAD), 3000 Côte-Sainte-Catherine, Montréal, H3T 2A7, Québec, Canada

⁶ Institut national de santé publique du Québec, 1255 Beauregard, Longueuil, J4K 2M3, Québec, Canada

*Une version de cet article a été soumise à la revue *BMC Public Health*

Abstract

Background: Lyme disease control strategies may include tick control interventions in high risk areas. Public authorities may be interested to assess how these types of interventions are perceived by the public which may then impact their acceptability. The aims of this paper are to compare socio-cognitive factors associated with high acceptability of tick control interventions and to describe perceived issues that may explain their low acceptability in populations living in two different regions, one being an endemic region for LD since the last 30 years, the Neuchâtel canton, in Switzerland, and another where the disease is emerging, the Montérégie region, in Canada.

Methods: A mixed methods' design was chosen. Quantitative data were collected using web-surveys conducted in both regions (n=814). Multivariable logistic regressions were used to compare socio-cognitive factors associated with high acceptability of selected interventions. Qualitative data were collected using focus group's discussions to describe perceived issues relative to these interventions.

Results: Levels of acceptability in the studied populations were the lowest for the use of acaricides and landscaping and were under 50% in both regions for six out of eight interventions, but were higher overall in Montérégie. High perceived efficacy of the intervention was strongly associated with high acceptability of tick control interventions. A high perceived risk about LD was also associated with a high acceptability of intervention under some models. High level of knowledge about LD was negatively associated with high acceptability of the use of acaricides in Neuchâtel. Perceived issues explaining low acceptability included environmental impacts, high costs to the public system, danger of individual disempowerment and perceptions that tick control interventions were disproportionate options for the level of LD risk.

Conclusion: This study suggests that the perceived efficacy and LD risk perception may be key factors to target to increase the acceptability of tick control interventions. Community-level issues seem to be important considerations driving low acceptability of public health interventions. Results of this study highlight the importance for decision-makers to account for socio-cognitive factors and perceived issues that may affect the acceptability of public health interventions in order to maximize the efficacy of actions to prevent and control LD.

Keywords: Tick control, Lyme disease, Borreliosis, prevention, acceptability, risk perception, mixed-methods, intervention acceptability.

Background

Lyme disease (LD) is the most frequent vector-borne disease reported in the temperate countries. Caused by the bacteria *Borrelia burgdorferi* and transmitted to humans by a tick bite, the incidence of this multisystemic disease is increasing in several regions around the world (Steere, Coburn et al. 2004; Ogden, Lindsay et al. 2009; Rizzoli, Hauffe et al. 2011). In the absence of a vaccine, preventive strategies adopted by affected countries mostly target the promotion of individual preventive behaviors against tick bites such as wearing protective clothing, applying tick repellent on skin and clothing, checking for and removing ticks after visiting wooded areas, and avoiding tick habitats during high-risk periods (Piesman and Eisen 2008). Several studies demonstrated that these behaviors were effective to protect oneself against LD (Lane, Manweiler et al. 1992; Smith, Wileyto et al. 2001; Malouin, Winch et al. 2003; Piesman and Eisen 2008; Vazquez, Muehlenbein et al. 2008; Mowbray, Amlot et al. 2012; Finch, Al-Damluji et al. 2014). Nevertheless, few studies also underlined that even in regions where LD incidence is high and where the population had a good level of knowledge about the disease, the proportion of people that effectively adopted these behaviors could be quite low, and that these different behaviors were not adopted with the same success by the individuals (Hallman, Weinstein et al. 1995; Phillips, Liang et al. 2001; Herrington 2004; Mowbray, Amlot et al. 2014; Valente, Wemple et al. 2014; Aenishaenslin, Michel et al. 2015).

Tick control interventions have been studied as well as complementary strategies to prevent LD (reviewed in Piesman and Eisen (Piesman and Eisen 2008)). Studies have shown that these interventions could effectively decrease the vector density in risk areas for LD. These strategies include direct actions on tick populations such as the use of acaricides (Curran, Fish et al. 1993), landscaping (Schulze and Jordan 1995; Schulze, Jordan et al. 1995; Stafford, Ward et al. 1998) or biological control of ticks (Samish and Rehacek 1999), and actions that target wild animal species, which are the main hosts of the vector or the reservoirs of the agent, such as the reduction of deer density (Deblinger, Wilson et al. 1993), the treatment of deer against ticks (Brei, Brownstein et al. 2009; Hoen, Rollen et al. 2009; Schulze, Jordan et al. 2009), the treatment of small rodents against ticks (Mather, Ribeiro et al. 1987; Daniels, Fish et al. 1991; Deblinger and Rimmer 1991; Stafford 1991; Stafford 1992) and the vaccination of rodents against *Borrelia* sp. (Tsao, Wootton et al. 2004; Gomes-Solecki, Brisson et al. 2006; Tsao, Fish et al. 2012; Richer, Brisson et al. 2014). But such interventions used by public health authorities can have true or perceived impacts that may affect the acceptability of these choices in the targeted population and can cause

controversy, such as their negative consequences for the environment or their adverse health effects (Llewellyn, Brazier et al. 1996; Alavanja, Hoppin et al. 2004). One example of this kind of debate experimented in Canada was caused by the use of larvicide in order to reduce mosquito populations and the risk of West Nile Virus infection (Sibbald 2003). Regarding LD, a previous study reported that stakeholders involved in decision-making toward LD prevention in Canada and Switzerland identified social acceptability as an important decision criterion to prioritize preventive interventions (Aenishaenslin, Hongoh et al. 2013; Aenishaenslin, Gern et al. 2015). In policy research, it is well known that public opinion has an impact on policy choices (Burstein 2003). But despite its recognized importance, very few published studies reported empirical data on the acceptability of interventions to prevent and control LD. Gould and colleagues (Gould, Nelson et al. 2008) measured the acceptability of three environmental interventions against LD in three districts in Connecticut, United States, during two different periods. Their study suggested that the level of acceptability changes according to the intervention, the region of residency and through time. Populations living in districts with the higher LD incidence showed higher levels of acceptability of tick control interventions, but no formal statistical tests were applied to confirm this relationship (Gould, Nelson et al. 2008). To our knowledge, no published study explored factors that may be associated with acceptability of these interventions, nor what could explain low acceptability of some interventions in different populations. A better understanding of these factors would be an important addition to the current knowledge on the efficacy of these interventions and would be of great use to enhance informed decision-making by public health authorities.

The aims of this paper are 1) to measure and compare levels of acceptability of tick control interventions, as well as their associated socio-cognitive factors, and 2) to describe perceived issues that may explain their low acceptability in populations living in two different regions, one being an endemic region for LD since the last 30 years, the Neuchâtel canton, in Switzerland, and another where the disease is emerging, the Montérégie region, in Québec, Canada. The choice of these two contrasting regions in terms of their epidemiological situation toward LD gives the opportunity to explore more specifically the influence of the epidemiological situation, and of some socio-cognitive factors related to different contexts on acceptability, that are the level of knowledge on LD in the population and the level of risk perception. Aenishaenslin and colleagues have shown that levels of knowledge and risk perception about LD were higher in Neuchâtel than in Montérégie (Aenishaenslin, Ravel et al. 2014). In this context, we hypothesized that tick control interventions are more acceptable in regions with higher risk of LD (here in Neuchâtel),

than in regions with lower risk (Montérégie). For this study, we defined the notion of acceptability as a self-reported positive attitude of individuals toward a hypothetical intervention, given that none of the tick control interventions evaluated in this study had been implemented in both regions before data collection.

Methods

A mixed methods' design was undertaken for this comparative study. In both study regions, quantitative data were collected to measure levels of acceptability for different interventions as well as their potential associated factors, and qualitative data were collected concurrently to identify and describe perceived issues that may explain the low acceptability of the least accepted interventions. Results of both qualitative and quantitative analysis were interpreted together as complementary approaches to answer the study objectives. Informed written consent was obtained from all participants. This procedure and the study protocol were reviewed by the ethical committee for health research of the University of Montreal (Comité d'éthique de la recherche en santé, CERES) (certificate number 12-050-CERES-D), and the ethical certificate was approved by the Université de Neuchâtel.

Quantitative data

Data collection: Quantitative data were collected using cross-sectional web-surveys conducted simultaneously in fall 2012 in both study regions, the Montérégie region (n = 401) and the Neuchâtel region (n = 413), as part of a larger study (Aenishaenslin, Ravel et al. 2014; Aenishaenslin, Michel et al. 2015). Respondents were selected randomly in representative web panels managed in each country by Léger and Marketing survey firm (Léger Marketing, 2015). The complete questionnaire was administered in French and included 58 questions (available in (Aenishaenslin, Michel et al. 2015)). Sixteen were specifically designed to measure levels of acceptability and levels of perceived efficacy of eight tick control interventions for LD in both studied populations, namely: using biologic control methods to reduce tick density, for example, the introduction of mushrooms capable of killing ticks (*biological control*), applying acaricides on public areas (*acaricides*), removing vegetation in public wooden areas (*landscaping*), protecting deer against ticks (*deer protection*), protecting rodents against ticks (*rodent protection*), vaccinating rodents against LD (*rodent vaccination*), controlling the number of deer (*deer reduction*) and excluding deer from public areas by fencing (*fencing*). Five-points Likert's scales were used as measurement units to assess the acceptability levels: "How acceptable do you think this

intervention is to control LD with respect to your values? (5) strongly acceptable, (4) somewhat acceptable, (3) neither acceptable or unacceptable, (2) somewhat unacceptable, (1) strongly unacceptable; as well as the levels of perceived efficacy: “Do you agree that this intervention is effective to reduce the risk of LD? ”: (5) strongly agree, (4) somewhat agree, (3) neither agree nor disagree, (2) somewhat disagree, (1) strongly disagree.” Additional data collected and used in this study included: gender, age, education level, level of knowledge on LD, and the level of risk perception for LD. Details on the survey design and on data collection strategies are described in more detail in Aenishaenslin et al. (Aenishaenslin, Ravel et al. 2014).

Data analysis: Descriptive and multivariable statistical analyses were conducted. For the descriptive analyses, we calculated the proportions of respondents with high acceptability (individual scores of 4 or 5 on the Likert’s scale) for each of the eight interventions by region. Confidence intervals for proportions (confidence level of 95%) were calculated using Agresti-Coull method with R software (Scherer 2014). Pearson Chi-square statistics were calculated to assess significant differences ($p < 0.05$) between regions. This was done to evaluate the levels of acceptability for each intervention in both populations.

For the multivariable analysis, eight multivariable logistic regression models were built: one per region for each of these four interventions: *landscaping*, *acaricide*, *rodent vaccination* and *fencing*. These four interventions were selected for multivariable analyses because they were the interventions with the lowest levels of acceptability in both populations according to the descriptive analyses. This was done to study the relationships of three specific socio-cognitive factors: knowledge, risk perception, and perceived efficacy, on high acceptability of these interventions at the individual level. Dependent variables were the acceptability of the interventions (low vs high), dichotomized as ‘low’ acceptability (individual scores of 1 to 3), and ‘high’ acceptability (individual scores of 4 or 5). Independent variables were 1) the global LD knowledge level, 2) the global risk perception score, and 3) the perceived efficacy of the specific control interventions. The global LD knowledge level was dichotomized in low if 0 to 2 good answers, and high if 3 or 4 good answers, based on four LD knowledge related questions about the transmission mode, early symptoms, treatment, and risk zones (Aenishaenslin, Ravel et al. 2014). The global risk perception score was the calculated mean score of four observed perception variables about the disease (perceived severity, perceived individual susceptibility, perceived regional susceptibility and feelings of worry, as described in Aenishaenslin et al.(Aenishaenslin, Ravel et al. 2014)) and was considered as a continuous variable in the multivariable analyses. The

perceived efficacy of the specific control interventions was also dichotomized in low (scores 1 to 3) and high (scores 4 and 5) in the models. Gender, age and education level were considered as potential confounders and forced in all models. Participants with missing values ("prefer not to answer") for one of the included variables were excluded from the models (Montérégie: n=8; Neuchâtel, n=6). Multivariable analyses were performed using IBM SPSS Statistics 19.

Qualitative data

Data collection: Qualitative data were collected during five focus group discussions (FGD) conducted between August and October 2012 (previously to the websurveys) in Neuchâtel city and La-Chaux-de Fond (Neuchâtel canton, Switzerland) and in Saint-Hyacinthe and Longueuil (Montérégie region, Québec, Canada). In each region, residents who were more than 18 years old were invited to participate. Recruitment of this convenience sample was done locally through posters displayed in grocery stores, train stations, universities, public parks and health centers. Advertisements were also posted on outdoor group websites and sent to their members via e-mail. Specific questions addressed were: "Since when did you know LD? What worries you about this disease? What do you think about these interventions to prevent LD? Are they acceptable according to you and why?". Four environmental interventions were specifically addressed during FGD, based on their anticipated low level of acceptability in the targeted populations: *landscaping*, *acaricides*, *rodent vaccination* and *fencing*. Basic information on the interventions was given by the moderator, and participants were welcome to ask complementary questions if needed to allow a common understanding of the interventions. All participants also completed the questionnaire used in the websurveys prior to the discussions. The data collected with these questionnaires were used to compute the descriptive characteristics of participants per region. FGD were conducted in French and lasted one and a half hour. They were recorded and then transcribed entirely.

Data analysis: A thematic analysis was performed by the principal researcher with the objective to identify and describe the perceived issues that may contribute to the low acceptability of the four selected interventions (Braun and Clarke 2006; Vaismoradi, Turunen et al. 2013). Thematic analysis can be divided in six phases: familiarisation with the data, generating initial codes, searching for themes, reviewing themes, defining and naming themes and producing the report (Braun and Clarke 2006). Records and transcripts were first used during the familiarisation phase of analysis. Then, transcripts were analysed to

create initial codes representing categories of issues expressed by participants in an iterative process, using QRS NVivo version 10. Codes were then grouped into themes representing the perceived issues related to the acceptability of interventions. Themes were named and reviewed using original transcripts. Extract examples were finally selected in each region, based on their representability of the issue in question. Perceived issues relative to low acceptability were analysed globally rather than for each intervention in order to draw general observations.

Results

The proportions of respondents with high level of acceptability were significantly higher in Montérégie for all interventions (Figure 8). The least accepted intervention was *landscaping* in both regions with 16% (66/401, 95%CI=13-20) in Montérégie compared to 10% (41/413, 95%CI=7-13) in Neuchâtel (Pearson Chi-square=7.60, p=0.006). Following by increasing order of acceptability and respectively in Montérégie and Neuchâtel: *acaricides* with 29% (116/401, 95%CI=25-34) and 12% (51/413, 95%CI=9-16) (Pearson Chi-square=34.29, p<0.001), *rodent vaccination* with 33% (131/401, 95%CI=28-37) and 26% (108/401, 95%CI=22-31) (Pearson Chi-square=4.17, p= 0.04), *fencing* with 37% (150/401, 95%CI=33-42) and 14% (56/413, 95%CI=11-17) (Pearson Chi-square=61.21, p <0.001), *deer reduction* with 47% (187/401, 95%CI=42-52) and 31% (126/413, 95%CI=26-35) (Pearson Chi-square=22.35, p <0.001), *rodents protection* with 51% (204/401, 95%CI=46-56) and 42% (172/413, 95%CI=37-46) (Pearson Chi-square=6.97, p= 0.008), *deer protection* with 66% (266/401, 95%CI=62-71) and 51% (211/413, 95%CI=46-56) (Pearson Chi-square=19.49, p <0.001), and *biological control* with 86% (345/401, 95%CI=82-89) and 76% (315/413, 95%CI=72-80) (Pearson Chi-square=12.64, p <0.001).

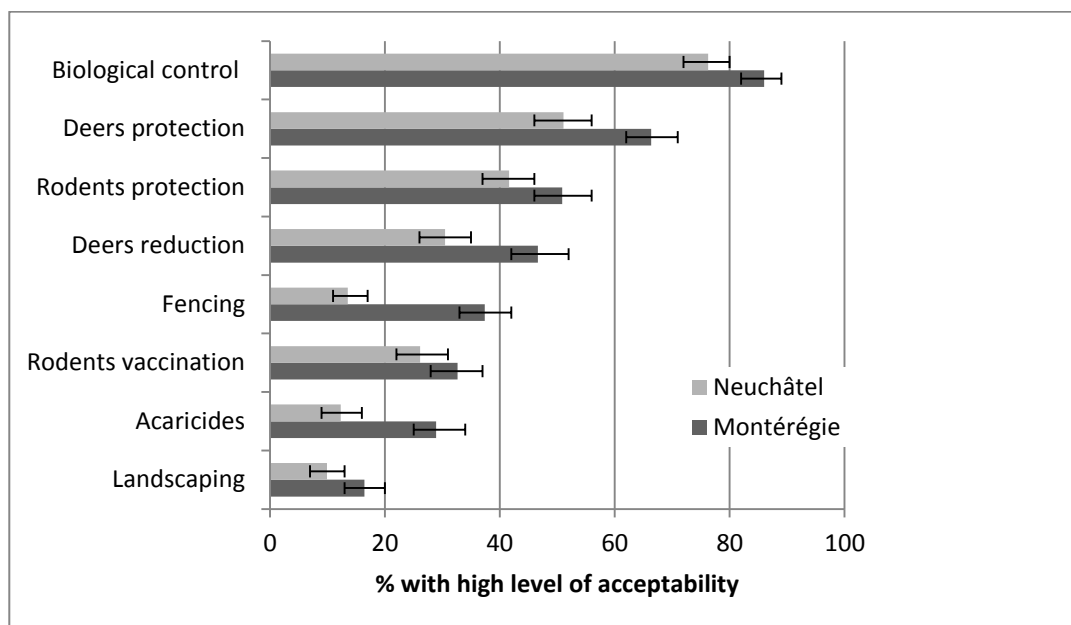


Figure 8. Proportions of respondents with high acceptability (scores of 4 or 5) for eight tick control interventions against LD in Neuchâtel (n=413) and Montérégie (n=401)

In the multivariable analyses, socio-cognitive factors that were statistically associated with high acceptability of *landscaping*, *acaricides*, *rodent vaccination* and *fencing* varied in both regions (Table X). High perceived efficacy of the intervention was strongly associated with high acceptability of all interventions in all models. Risk perception was positively associated with high acceptability of *landscaping* in both regions, and it was positively associated with high acceptability of *acaricides* and *fencing* in Montérégie. High level of knowledge about LD was negatively associated with high acceptability of *acaricides* in Neuchâtel. Being between 18 and 34 years old was negatively associated with high acceptability of *acaricides* in Montérégie, in comparison to those who were more than 55 years old. Having a university degree was negatively associated with high acceptability of *landscaping* in Neuchâtel. When considering confidence intervals of OR (confidence level: 95%), there was no difference regarding the strength of association between knowledge, risk perception and perceived efficacy and high acceptability of interventions between regional models.

Table X. Factors associated with high acceptability (scores of 4 or 5) of *landscaping*, *acaricide*, *rodent vaccination* and *fencing* (Logistic regressions).

| Factors associated with high acceptability of <i>landscaping</i> | | | | |
|---|--------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| | Montérégie (n=393) | | Neuchâtel (n=407) | |
| | OR | 95% CI | OR | 95% CI |
| Age ¹ 18-34 yr | 0.32 | (0.09-1.10) | 0.51 | (0.13-1.98) |
| 35-54 yr | 0.77 | (0.39-1.54) | 2.70 | (0.93-7.88) |
| 55+ yr ^R | 1 | na | 1 | na |
| Education ¹ (University) | 0.83 | (0.39-1.76) | 0.36 | (0.15-0.88)* |
| Knowledge of LD | 1.02 | (0.42-2.48) | 0.72 | (0.31-1.67) |
| Risk perception | 1.64 | (1.05-2.57)* | 2.88 | (1.45-5.74)** |
| Perceived efficacy | 16.31 | (8.50-31.28)*** | 37.48 | (13.95-100.71)*** |
| Factors associated with high acceptability of the use of <i>acaricides</i> | | | | |
| | Montérégie (n=393) | | Neuchâtel (n=407) | |
| | OR | 95% CI | OR | 95% CI |
| Age 18-34 yr | 0.16 | (0.05-0.49)*** | 0.47 | (0.18-1.23) |
| 35-54 yr | 0.98 | (0.54-1.80) | 0.85 | (0.37-1.95) |
| 55+ yr ^R | 1 | na | 1 | na |
| Knowledge of LD | 0.47 | (0.20-1.07) | 0.33 | (0.16-0.69)** |
| Risk perception | 1.60 | (1.08-2.36)* | 1.48 | (0.88-2.50) |
| Perceived efficacy | 20.89 | (11.41-38.22)*** | 12.28 | (6.03-24.99)*** |
| Factors associated with high acceptability of <i>rodent vaccination</i> | | | | |
| | Montérégie (n=393) | | Neuchâtel (n=407) | |
| | OR | 95% CI | OR | 95% CI |
| Education | 2.01 | (1.11-3.66)* | 0.69 | (0.39-1.20) |
| Knowledge of LD | 0.67 | (0.32-1.42) | 1.05 | (0.61-1.81) |
| Risk perception | 1.34 | (0.92-1.96) | 1.35 | (0.91-2.00) |
| Perceived efficacy | 21.37 | (12.15-37.58)*** | 17.37 | (9.69-31.15)*** |
| Factors associated with high acceptability of <i>fencing</i> to restrict deer from public areas | | | | |
| | Montérégie (n=393) | | Neuchâtel (n=407) | |
| | OR | 95% CI | OR | 95% CI |
| Age 18-34 yr | 0.65 | (0.27-1.57) | 1.48 | (0.53-4.16) |
| 35-54 yr | 0.56 | (0.31-1.03) | 2.60 | (1.04-6.48)* |
| 55+ yr ^R | 1 | na | 1 | na |
| Knowledge of LD | 0.64 | (0.29-1.43) | 0.93 | (0.48-1.79) |
| Risk perception | 1.65 | (1.13-2.41)** | 1.07 | (0.68-1.68) |
| Perceived efficacy | 22,82 | (12.83-40.59)*** | 10,17 | (5.27-19.63)*** |

*p <0.05; **p<0.01; ***p<0.001.

¹ Only statistically significant associations are shown for gender, age and education.

Thirty-four participants were recruited for the five FGD (specific locations, number of participants and participant characteristics are presented in Table 2). Women represented 71% of the participants (24/34), and age groups from 18-24 years old to 75+ years old were represented by at least one participant. Most participants had a high level of knowledge about LD (58% in Montérégie and 86% in Neuchâtel). In Neuchâtel, 27% (7/22) of participants had a high risk perception score, compared to 50% (6/12) in Montérégie.

Table XI. Distribution of participants by region for the five FGD

| Region | Focus groups (number of participants) | Descriptive characteristics of participants by region |
|------------|---|---|
| Neuchâtel | Focus group 1 (7) Focus group 2 (9) Focus group 3 (6) Total = 22 | 22/22 (100%) knew LD for more than one year 7/22 (27%) had a high risk perception (global risk perception score ≥ 4) 19/22 (86%) had a high level of knowledge on LD 3/22 (14%) declared that they had LD in the past 17/22 (77%) declared that they knew someone who have ever had LD 16/22(73%) were women Age of participants was distributed between 18 and more than 75 years old. |
| Montérégie | Focus group 4 (6) Focus group 5 (6) Total = 12 | 10/12 (83%) knew LD for more than one year 6/12 (50%) had a high risk perception (global risk perception score ≥ 4) 7/12(58%) had a high level of knowledge on LD 0/12 (0%) declared that they had LD in the past 1/12 (8%) declared that they knew someone who have ever had LD 8/12 (67%) were women Age of participants was distributed between 25 and 64 years old |

Through qualitative analysis, we identified eight common themes representing the perceived issues that may explain the low acceptability of the four selected interventions in the FGD performed in both regions. The first and commonly reported in both regions was the perception that the intervention would be disproportionate to manage the level of risk due to LD. Even with a good knowledge of LD and being aware that the risk of contracting the disease was present in their region, participants frequently mentioned that LD risk was not high enough for the population to justify the use of tick control interventions, as reported by a Montérégie participant: *'In the current situation, I do not feel it would be important to have such an impact, but in case it becomes a major public health problem, I would consider [rodent vaccination]'*. In relation to this perception of disproportion, the fear of unknown consequences following the use of interventions to reduce the tick density was frequently mentioned, as illustrated by this Neuchâtel participant, while discussing about rodent vaccination: *'There is chemistry in this intervention. Maybe we eradicate an evil, but we recreate another'*. More specifically, participants of both regions mentioned the fear of negative environmental impacts. This issue was both reported as a rational argument based on the potential impact on biodiversity or natural habitat: *'[...] If we speak*

of destroying animal habitat in protected areas, it seems to me rather questionable ... it depends upon the impact on other species.' (Montérégie participant about *landscaping*).

This fear was also expressed as a conflict with more general personal values regarding both animal well-being and protection of natural environments. This dimension was often mentioned in both regions, but more clearly defined in Neuchâtel: *'I do not see why we should change the nature because of a little bug'* (Neuchâtel participant about *landscaping*). Another perception frequently mentioned was the economic impacts of implementing the interventions. Participants of both regions shared concerns about the high public costs of interventions, as stated by this Neuchâtel participant: *'[...] To take rodents and vaccinate them... we can spend public money otherwise'*.

Implementing these tick control interventions to prevent LD was also perceived as a threat to individual empowerment. It was perceived that if public health authorities made the choice of using such interventions, individuals would be tempted to distance themselves from their responsibility to adopt preventive behaviors: *'To want to protect humans by destroying nature when they do nothing to protect themselves, to me, it is unacceptable.'* (expressed by a Montérégie participant). Doubts about the feasibility of the interventions were also reported, regarding all presented interventions. Even after explanations from the FGD moderator about the feasibility of the interventions, participants had sometimes difficulties to believe that it was feasible, as stated by this Montérégie participant: *'I find it peculiar a little. How to prevent deer from going to places? [...] Can you really control it? I don't think that you can control the movement of deer.'* Finally, some interventions, such as *landscaping*, were perceived as acceptable only if implemented at a smaller scale: *'It is also different concepts if it is to destroy half a forest to reduce the tick population [or] if it is to expand certain paths by removing a portion of the low vegetation [...]. That is acceptable because it has less impact on the ecosystem.'* (Neuchâtel participant about *landscaping*).

We did not identify major differences through qualitative analysis in categories of issues explaining low acceptability of these tick control interventions between Neuchâtel and Montérégie participants. One observed difference was that Neuchâtel participants more frequently stated that public authorities should prioritize actions aiming to raise the population awareness on LD and promote individual preventive behaviors instead of considering the use of tick control interventions to reduce LD risk: *'I would go further. [Fencing] is indefensible. It is not always to the man to adapt the landscape to what he wants [...] It is also up to us to learn to live with our environment.'* (Neuchâtel participant). Moreover, the perception that individuals can and should protect themselves was stronger

among participants of this region when compared to Montérégie, where participants more frequently asked questions on how to prevent Lyme disease in general. Nevertheless, it was perceived that access to information about LD was lacking in both regions.

Discussion

This study showed that the levels of acceptability of tick control interventions to prevent LD was low in Neuchâtel and Montérégie, with only two interventions out of eight (*deer protection* and *biological control*) reaching at least 50% of the studied populations in both regions. These results contrast with those reported by Gould and colleagues in Connecticut (USA) (Gould, Nelson et al. 2008). In this study, levels of acceptability for *deer control*, *deer protection*, and *acaricides* were measured at two periods in 1999 and in 2004. All three interventions reached levels of acceptability of more than 50% of the population for the two periods and in all three studied districts (Gould, Nelson et al. 2008). One partial explanation for this difference can be that the incidence of LD in the studied districts ranged from 240 to 411 cases per 100,000 people at the time of the study, which is considerably higher than our two study regions (Gould, Nelson et al. 2008). Considering our results, the fact that respondents from Montérégie region in Canada had low levels of acceptability can be understood when considering that LD incidence in this region is still very low (estimated at 0.5 case per 100,000 inhabitants in Montérégie in 2012) (Ferrouillet, Lambert et al. 2012). The population may not perceive the need for these kinds of interventions. This explanation is corroborated by the qualitative analysis, underlining that one major issue related to low acceptability was the perception that tick control interventions are disproportionate options for the level of LD risk to which the population is exposed.

Surprisingly, the fact that levels of acceptability of all interventions were even lower in Neuchâtel canton was unexpected, given our initial hypothesis which stated that populations living in regions with higher incidence of LD would be more receptive to tick control interventions. Neuchâtel canton has an incidence estimated to be between 49 to 95 cases per 100,000 inhabitants per year (data from 1996 and 2001) (Nahimana, Gern et al. 2000; Moosmann, Brossard et al. 2012) which is still lower than the three Connecticut districts studied in Gould et al. (Gould, Nelson et al. 2008), but much higher than in Montérégie, and comparable to some endemic regions of the East coast of the United States. Even if we cannot consider that FGD participants are representative of the surveyed

population, results of the qualitative analysis provided information that may help to explain these findings: Neuchâtel participants seemed to put a high value on the environment and its conservation, and shared the perception that the risk of LD does not justify the use of interventions that can affect the environment. This is coherent with a recent study by Aenishaenslin and colleagues (Aenishaenslin, Gern et al. 2015) which reported that Swiss stakeholders involved in decision-making for implementing LD preventive strategies did not want to include as hypothetical interventions in a decision-model some tick control interventions such as application of acaricides or landscaping at large scales, because their potential impact on the environment was against their population's values.

Results from multivariable analyses showed that high perceived efficacy was strongly associated with high acceptability of interventions, and that risk perception was also a factor associated with it in several logistic models. These two socio-cognitive factors were associated with the adoption of individual preventive behaviors toward LD in a recent study which analyzed the same sampled populations (Aenishaenslin, Michel et al. 2015), and they are known predictors of health behaviors in a number of theoretical models, including the Health Belief Model (Conner M. 2005). On the other hand, the negative relationship between high level of knowledge on LD and high acceptability of *acaricides* was unexpected. The relationship was also negative in Montérégie and in other intervention's models, but not statistically significant. A high level of knowledge was positively associated with higher levels of adoption of preventive behaviors against LD as performing tick checks, wearing protective clothing and putting tick repellent in another study (Aenishaenslin, Michel et al. 2015). Again, results of the qualitative analysis can help to understand this observation. In both regions, participants of the FGD had a higher level of knowledge than their respective population, as measured by Aenishaenslin in a previous study (Aenishaenslin, Ravel et al. 2014): in Montérégie, 58% of the FGD participants had a good level of knowledge against only 15% in the survey, and in Neuchâtel, 86% of the FGD participants, compared to 51% in the survey. This difference may be due to the recruitment process: FGD participants were recruited voluntarily by responding to a public invitation, so it is normal that this method selected individuals who were interested by the subject and who knew more about it than the population mean. Nevertheless, two important themes were omnipresent during discussions in Neuchâtel: 1) participants felt that individuals can protect themselves from LD by adopting preventive behaviors and should be responsible of their own protection, and then 2) they felt that LD risk was not high enough to use interventions with potential consequences on the environment. Indeed, our results suggest

that a good level of knowledge may increase the perception of self-control on LD prevention, rather than increasing the acceptability of tick control interventions.

We found no statistical difference in the strength of association between high perceived efficacy of the intervention, risk perception, high level of knowledge on LD and high acceptability between both regions. This result is interesting given that the studied population contexts differed on several aspects, including their LD epidemiological situation, their history with the disease and their socio-cultural context. We could not find other published studies that measured such an association over the past. Further research conducted in other countries or regions where LD is present would be needed to support these findings.

The eight perceived issues identified to explain low acceptability of selected interventions have interesting similarities with the decision criteria identified by stakeholders involved in LD prevention and control in two previous studies conducted in Québec, Canada (Aenishaenslin, Hongoh et al. 2013) and in Switzerland (Aenishaenslin, Gern et al. 2015). These studies respectively aimed at developing a multi-criteria decision model for LD prevention in Québec, and to adapt this model to the Swiss context, using a participatory approach with local stakeholders. These stakeholders participated in the elaboration of a list of important criteria to consider in order to prioritize LD preventive and control interventions, as well as a list of potential interventions. Most of the perceived issues explaining low acceptability find their equivalent in some of the criteria included in these two decision models. Conflict with personal values such as animal well-being and respect of natural environment, fear of environmental and other unknown consequences are issues addressed in the following criteria: “impacts on habitat”, “impacts on wildlife” and “adverse health effects”(Aenishaenslin, Hongoh et al. 2013). Doubts about the feasibility of interventions are reflected by the inclusion of operational criteria such as the “complexity of the intervention’s implementation” (Aenishaenslin, Hongoh et al. 2013; Aenishaenslin, Gern et al. 2015) and the “durability of effects”(Aenishaenslin, Gern et al. 2015). Concerns with public costs are directly addressed with the criterion “cost to the public sector”(Aenishaenslin, Hongoh et al. 2013; Aenishaenslin, Gern et al. 2015). Danger of disempowerment of the population is aligned with the criterion measuring the capacity of the intervention to raise the level of public awareness, which was added by Swiss stakeholders (Aenishaenslin, Gern et al. 2015). Moreover, the distinction made by participants to the FGD regarding large vs small scales interventions is also taken into account in the decision models by separating some potential interventions (acaricide and

landscaping) into small scale vs large scale interventions in order to measure their impacts if they were implemented (Aenishaenslin, Hongoh et al. 2013). This observation suggests two interesting trends. First, issues expressed by individuals reflect community-level issues rather than only self-oriented considerations, such as adverse health effects on oneself or its close relatives. Second, these perceived issues are shared by stakeholders involved in LD management in public organisations and can be taken into account in the decision-making process by using tools such as multi-criteria decision analysis (Aenishaenslin, Hongoh et al. 2013).

This study has some limitations. First, this study design was cross-sectional and cannot presume of any causal relationships between factors associated with high acceptability in the quantitative analyses. Moreover, quantitative data were collected using a web panel and the sample cannot be considered as probabilistic. Nevertheless, distributions of gender, age and level of education of both studied samples were representative of demographic characteristics of Montérégie and Neuchâtel, as described in further details in Aenishaenslin et al. 2014 (Aenishaenslin, Ravel et al. 2014). Another point to keep in mind is that several variables were measured with an ordinal scale in the survey, but were dichotomized for the analysis. This was done to allow a useful interpretation of the results in the public health context, to carry out multivariable logistic regression analyses and to maximise statistical power. But this methodological step results in a partial loss of information when compared to the raw survey data.

Regarding qualitative analysis, it is important to underline that the perceived issues identified to explain the low acceptability represent the perceptions of two small groups of participants, and may change over time according to contextual factors such as modifications in LD epidemiological situation or in the media attention toward this subject. The qualitative analysis was performed to explore perceived issues in the general public, but this approach cannot produce results that can be directly generalised to both regional populations. Also, FGD participants were recruited on a voluntary basis, and fewer participants manifested their interest to participate in Montérégie than in Neuchâtel (12 participants in Montérégie vs 22 in Neuchâtel). This can be understood by the difference in the levels of knowledge and risk perception between both regions (Aenishaenslin, Ravel et al. 2014), but may have affected the results. Moreover, it was noted that during the Montérégie FGD, participants had sometimes difficulties to express clear opinions on the acceptability of LD interventions given that they did not know enough about the disease, its consequences and individual preventive behaviors. This may reflect fluidity in the opinion

expressed and, consequently, it would be worthwhile to follow-up on this study to assess variation in opinions as well as progress in the population's knowledge and perceptions since 2012.

Conclusion

This study strongly suggests that the perceived efficacy of public health interventions and LD risk perception in populations may be factors to consider in communication and knowledge translation efforts to increase the acceptability of tick control interventions when appropriate. Public health authorities may expect a higher level of reluctance to accept some of these interventions in populations with a higher level of knowledge about the disease, which may orient the consideration of different preventive strategies. In addition, low acceptability cannot be explained only by issues that may closely affect individuals such as immediate adverse health effects. Individuals who participated in this study expressed multiple issues related to LD management at the community level, such as possible impacts on environment and wildlife, high public costs and disempowerment of the population. These concerns are shared by decision-makers and can be integrated to the decision-making process by using tools such as multi-criteria decision analysis. Results of this study highlight the importance for decision-makers to account for regional socio-cognitive factors and perceived issues that may affect the acceptability of interventions in the targeted populations in order maximize the efficacy of actions to prevent and control LD.

Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contributions

CA conceived and designed the study and drafted the manuscript. AR, PM and LG helped in the elaboration of the questionnaires and organisation of focus groups. AR, PM,

LG, FM, JPW and DB helped in the conception of the study. All authors read, revised and approved the final manuscript.

Acknowledgements

The authors would like to acknowledge Caroline Burri, Leonore Lovis and Liselore Roeslstra, as well as the University of Neuchâtel and the Direction de la santé publique de la Montérégie for their help in the organisation of the focus groups. Funding was provided by the Fonds de la recherche du Québec, the Public Health Agency of Canada, the 4P Training program in health promotion, prevention and public policy, and the Ministère de l'Éducation, des Loisirs et des Sports du Québec.

References

- Aenishaenslin C, Gern L, Michel P, Ravel A, Hongoh V, Waaub JP et al. Adaptation and evaluation of a multi-criteria decision analysis model for Lyme disease prevention. *PLoS One*. 2015;10(8):e0135171.
- Aenishaenslin C, Hongoh V, Cisse HD, Hoen AG, Samoura K, Michel P et al. Multi-criteria decision analysis as an innovative approach to managing zoonoses: results from a study on Lyme disease in Canada. *BMC Public Health*. 2013;13:897.
- Aenishaenslin C, Michel P, Ravel A, Gern L, Milord F, Waaub JP et al. Factors associated with preventive behaviors regarding Lyme disease in Canada and Switzerland: a comparative study. *BMC Public Health*. 2015;15:1539.
- Aenishaenslin C, Ravel A, Michel P, Gern L, Milord F, Waaub JP et al. From Lyme disease emergence to endemicity: a cross sectional comparative study of risk perceptions in different populations. *BMC Public Health*. 2014;14(1):1298.
- Aenishaenslin C, Ravel A, Michel P, Gern L, Milord F, Waaub JP et al. From Lyme disease emergence to endemicity: a cross sectional comparative study of risk perceptions in different populations. *BMC Public Health*. 2014;14:1298.
- Alavanja MC, Hoppin JA, Kamel F. Health effects of chronic pesticide exposure: cancer and neurotoxicity. *Annu Rev Public Health*. 2004;25:155-97.
- Braun V, Clarke V. Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*. 2006;3(2):77-101.
- Brei B, Brownstein JS, George JE, Pound JM, Miller JA, Daniels TJ et al. Evaluation of the United States Department of Agriculture northeast area-wide tick control project by meta-analysis. *Vector Borne Zoonotic Dis*. 2009;9(4):423-30.

- Conner M, Norman P. Predicting Health Behaviour. Whitby: Open University Press; 2005.
- Curran KL, Fish D, Piesman J. Reduction of nymphal *Ixodes dammini* (Acari: Ixodidae) in a residential suburban landscape by area application of insecticides. *J Med Entomol.* 1993;30(1):107-13.
- Daniels TJ, Fish D, Falco RC. Evaluation of host-targeted acaricide for reducing risk of Lyme disease in southern New York state. *J Med Entomol.* 1991;28(4):537-43.
- Deblinger RD, Rimmer DW. Efficacy of a permethrin-based acaricide to reduce the abundance of *Ixodes dammini* (Acari: Ixodidae). *J Med Entomol.* 1991;28(5):708-11.
- Deblinger RD, Wilson ML, Rimmer DW, Spielman A. Reduced abundance of immature *Ixodes dammini* (Acari: Ixodidae) following incremental removal of deer. *J Med Entomol.* 1993;30(1):144-50.
- Ferrouillet C, Lambert L, Milord F. Consultation sur l'état actuel de la surveillance des zoonoses au Québec et son adéquation avec les changements climatiques et écologique. Institut national de santé publique du Québec. 2012.
https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1541_ConsulEtatActSurvZoonoQcAdeqChangClimEcolo.pdf. Accessed 1 Sept 2015.
- Finch C, Al-Damluji MS, Krause PJ, Nicolai L, Steeves T, O'Keefe CF et al. Integrated assessment of behavioral and environmental risk factors for Lyme disease infection on Block Island, Rhode Island. *PLoS One.* 2014;9(1):e84758.
- Gomes-Solecki MJ, Brisson DR, Dattwyler RJ. Oral vaccine that breaks the transmission cycle of the Lyme disease spirochete can be delivered via bait. *Vaccine.* 2006;24(20):4440-9.
- Gould LH, Nelson RS, Griffith KS, Hayes EB, Piesman J, Mead PS et al. Knowledge, attitudes, and behaviors regarding Lyme disease prevention among Connecticut residents, 1999-2004. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 2008;8(6):769-76.
- Hallman W, Weinstein N, Kadakia S, Chess C. Precautions taken against Lyme disease at three recreational parks in endemic areas of New Jersey. *Environment and behavior.* 1995;27(4):437-53.
- Herrington JE. Risk perceptions regarding ticks and Lyme disease: a national survey. *Am J Prev Med.* 2004;26(2):135-40.
- Hoen AG, Rollen LG, Papero MA, Carroll JF, Daniels TJ, Mather TN et al. Effects of tick control by acaricide self-treatment of white-tailed deer on host-seeking tick infection prevalence and entomologic risk for *Ixodes scapularis*-borne pathogens. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases.* 2009;9(4):431-8.
- Lane RS, Manweiler SA, Stubbs HA, Lennette ET, Madigan JE, Lavoie PE. Risk factors for Lyme disease in a small rural community in northern California. *Am J Epidemiol.* 1992;136(11):1358-68.
- Léger Marketing. [<http://leger360.com/en-ca/legerwebpanel.asp>]. Accessed 1 Sept 2015.

- Llewellyn DM, Brazier A, Brown R, Cocker J, Evans ML, Hampton J et al. Occupational exposure to permethrin during its use as a public hygiene insecticide. *Ann Occup Hyg.* 1996;40(5):499-509.
- Malouin R, Winch P, Leontsini E, Glass G, Simon D, Hayes EB et al. Longitudinal evaluation of an educational intervention for preventing tick bites in an area with endemic lyme disease in Baltimore County, Maryland. *Am J Epidemiol.* 2003;157(11):1039-51.
- Mather TN, Ribeiro JM, Spielman A. Lyme disease and babesiosis: acaricide focused on potentially infected ticks. *Am J Trop Med Hyg.* 1987;36(3):609-14.
- Moosmann Y, Brossard M, Raeber P, Gern L. Estimated Lyme borreliosis incidence in the canton of Neuchâtel (Switzerland). *Bulletin de la Société neuchâteloise des Sciences Naturelles.* 2012;132:47-56.
- Mowbray F, Amlot R, Rubin GJ. Predictors of protective behaviour against ticks in the UK: A mixed methods study. *Ticks Tick Borne Dis.* 2014;5(4):392-400.
- Mowbray F, Amlot R, Rubin GJ. Ticking all the boxes? A systematic review of education and communication interventions to prevent tick-borne disease. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 2012;12(9):817-25.
- Nahimana I, Gern L, Peter O, Praz G, Moosmann Y, Francioli P. [Epidemiology of Lyme borreliosis in French-speaking Switzerland]. *Schweiz Med Wochenschr.* 2000;130(41):1456-61.
- Ogden NH, Lindsay LR, Morshed M, Sockett PN, Artsob H. The emergence of Lyme disease in Canada. *CMAJ.* 2009;180(12):1221-4.
- Phillips CB, Liang MH, Sangha O, Wright EA, Fossel AH, Lew RA et al. Lyme disease and preventive behaviors in residents of Nantucket Island, Massachusetts. *Am J Prev Med.* 2001;20(3):219-24.
- Piesman J, Eisen L. Prevention of tick-borne diseases. *Annu Rev Entomol.* 2008;53:323-43.
- Richer LM, Brisson D, Melo R, Ostfeld RS, Zeidner N, Gomes-Solecki M. Reservoir targeted vaccine against *Borrelia burgdorferi*: a new strategy to prevent Lyme disease transmission. *J Infect Dis.* 2014;209(12):1972-80.
- Rizzoli A, Hauffe H, Carpi G, Vourc HG, Neteler M, Rosa R. Lyme borreliosis in Europe. *Euro Surveill.* 2011;16(27).
- Samish M, Rehacek J. Pathogens and predators of ticks and their potential in biological control. *Annu Rev Entomol.* 1999;44:159-82.
- Scherer R. PropCIs: Various confidence interval methods for proportions. 2014. <http://cran.r-project.org/web/packages/PropCIs/index.html>. Accessed 1 Sept 2015.
- Schulze TL, Jordan RA, Hung RW, Schulze CJ. Effectiveness of the 4-Poster passive topical treatment device in the control of *Ixodes scapularis* and *Amblyomma americanum* (Acari: Ixodidae) in New Jersey. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 2009;9(4):389-400.

- Schulze TL, Jordan RA, Hung RW. Suppression of subadult *Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae) following removal of leaf litter. *J Med Entomol.* 1995;32(5):730-3.
- Schulze TL, Jordan RA. Potential influence of leaf litter depth on effectiveness of granular carbaryl against subadult *Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae). *J Med Entomol.* 1995;32(2):205-8.
- Sibbald B. Larvicide debate marks start of another West Nile virus summer. *CMAJ.* 2003;168(11):1455.
- Smith G, Wileyto EP, Hopkins RB, Cherry BR, Maher JP. Risk factors for Lyme disease in Chester County, Pennsylvania. *Public Health Rep.* 2001;116 Suppl 1:146-56.
- Stafford KC, 3rd, Ward JS, Magnarelli LA. Impact of controlled burns on the abundance of *Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae). *J Med Entomol.* 1998;35(4):510-3.
- Stafford KC, 3rd. Effectiveness of host-targeted permethrin in the control of *Ixodes dammini* (Acari: Ixodidae). *J Med Entomol.* 1991;28(5):611-7.
- Stafford KC, 3rd. Third-year evaluation of host-targeted permethrin for the control of *Ixodes dammini* (Acari: Ixodidae) in southeastern Connecticut. *J Med Entomol.* 1992;29(4):717-20.
- Steere AC, Coburn J, Glickstein L. The emergence of Lyme disease. *Journal of Clinical Investigation.* 2004;113(8):1093-101.
- Tsao JI, Wootton JT, Bunikis J, Luna MG, Fish D, Barbour AG. An ecological approach to preventing human infection: vaccinating wild mouse reservoirs intervenes in the Lyme disease cycle. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2004;101(52):18159-64.
- Tsao K, Fish D, Galvani AP. Predicted outcomes of vaccinating wildlife to reduce human risk of Lyme disease. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 2012;12(7):544-51.
- Vaismoradi M, Turunen H, Bondas T. Content analysis and thematic analysis: Implications for conducting a qualitative descriptive study. *Nursing & Health Sciences.* 2013;15(3):398-405.
- Valente SL, Wemple D, Ramos S, Cashman SB, Savageau JA. Preventive behaviors and knowledge of tick-borne illnesses: results of a survey from an endemic area. *J Public Health Manag Pract.* 2014.
- Vazquez M, Muehlenbein C, Cartter M, Hayes EB, Ertel S, Shapiro ED. Effectiveness of personal protective measures to prevent Lyme disease. *Emerg Infect Dis.* 2008;14(2):210-6.

Multi-criteria decision analysis as an innovative approach to managing zoonoses: results from a study on Lyme disease in Canada*

Cécile Aenishaenslin^{1*}, Valérie Hongoh¹, Hassane Djibrilla Cissé², Anne Gatewood Hoen³, Karim Samoura², Pascal Michel^{1,4}, Jean-Philippe Waaub², Denise Bélanger¹

¹ Groupe de Recherche en Épidémiologie des Zoonoses et Santé Publique (GREZOSP), Faculté de médecine vétérinaire, Université de Montréal, Saint-Hyacinthe CP 5000, Québec, Canada

² Département de Géographie, Université du Québec à Montréal, Succursale Centre-ville, Montréal CP 8888, Québec, Canada

³ Department of Community and Family Medicine, Geisel School of Medicine, One Medical Center Drive, Lebanon HB 7927, New Hampshire, USA

⁴ Laboratory for Foodborne Zoonoses, Public Health Agency of Canada, Saint-Hyacinthe CP 5000, Québec, Canada

*Article publié: Aenishaenslin C, Hongoh V, Cisse HD, Hoen AG, Samoura K, et al. (2013) Multi-criteria decision analysis as an innovative approach to managing zoonoses: results from a study on Lyme disease in Canada. BMC Public Health 13: 897. Disponible: <http://www.biomedcentral.com/1471-2458/13/897>

Abstract

Background: Zoonoses are a growing international threat interacting at the human-animal-environment interface and call for transdisciplinary and multi-sectoral approaches in order to achieve effective disease management. The recent emergence of Lyme disease in Quebec, Canada is a good example of a complex health issue for which the public health sector must find protective interventions. Traditional preventive and control interventions can have important environmental, social and economic impacts and as a result, decision-making requires a systems approach capable of integrating these multiple aspects of interventions. This paper presents the results from a study of a multi-criteria decision analysis (MCDA) approach for the management of Lyme disease in Quebec, Canada. MCDA methods allow a comparison of interventions or alternatives based on multiple criteria.

Methods: MCDA models were developed to assess various prevention and control decision criteria pertinent to a comprehensive management of Lyme disease: a first model was developed for surveillance interventions and a second was developed for control interventions. Multi-criteria analyses were conducted under two epidemiological scenarios: a disease emergence scenario and an epidemic scenario.

Results: In general, we observed a good level of agreement between stakeholders. For the surveillance model, the three preferred interventions were: active surveillance of vectors by flagging or dragging, active surveillance of vectors by trapping of small rodents and passive surveillance of vectors of human origin. For the control interventions model, basic preventive communications, human vaccination and small scale landscaping were the three preferred interventions. Scenarios were found to only have a small effect on the group ranking of interventions in the control model.

Conclusions: MCDA was used to structure key decision criteria and capture the complexity of Lyme disease management. This facilitated the identification of gaps in the scientific literature and enabled a clear identification of complementary interventions that could be used to improve the relevance and acceptability of proposed prevention and control strategy. Overall, MCDA presents itself as an interesting systematic approach for public health planning and zoonoses management with a “One Health” perspective.

Keywords: Lyme disease, Lyme borreliosis, Multi-criteria decision analysis, Lyme disease prevention, Vector-borne diseases, Zoonoses, Public health decision-making

Background

Zoonoses, and more generally infectious diseases arising from the interaction of human populations with animals and the environment, are a growing international public health threat that is likely to increase with ongoing globalisation and climate change. Currently, these diseases represent three quarters of all recognized emerging infectious diseases [1]. Recent outbreaks of avian influenza and SARS had expensive and multi-sectoral consequences across continents [2,3]. The worldwide emergence of bovine spongiform encephalopathy and West Nile virus (WNV) in North America are two additional examples of such diseases that have caused widespread concern with the general public and decision makers [4,5].

Interacting at the human-animal-environment interface, zoonoses that involve vectors and wildlife species have particular characteristics making them difficult to prevent and control. On the one hand, they involve multiple species, often with complex ecologies, making control or eradication very difficult. On the other hand, because of this ecological complexity, preventive and control interventions of zoonoses can have environmental, social and economic impacts. For example, larvicides used in attempts to control WNV during the 1999–2007 outbreak in Canada were found to be toxic for some wild bird and fish species, and their use was publicly criticized by local media and experts [6]. Moreover, zoonoses pose important prevention and control challenges because multiple organisations and stakeholders share responsibilities with regards to public health actions; however, the implementation and anticipated effects of cross-sectoral interventions can be more difficult to predict for strategic planners and decision-makers. This complexity calls for transdisciplinary and multi-sectoral approaches in order to achieve effective disease management, a call which can no longer be ignored [7].

A “One Health” approach is needed to develop effective management for zoonoses. The “One Health” approach recognizes the intimate linkages between human, animal and environmental health systems and proposes an international, interdisciplinary, and cross-sectoral approach to disease surveillance, monitoring, prevention, control and mitigation of emerging and re-emerging diseases [8]. In recent years, this approach has been adopted by several national and international organisations as a promising way to improve public health interventions [9,10].

Multi-criteria decision analysis (MCDA) methods come from the field of operations research and are commonly used in environmental, industrial and business management

[11,12]. Multiple MCDA algorithms exist to analyse different types of decision problems, one of which consists of ranking and comparing alternatives based on multiple criteria that can be evaluated using either quantitative and/or qualitative indicators [13]. In the absence of quantitative data for a criterion in a specific context, MCDA methods allow for the incorporation of qualitative evaluations, for example based on expert opinion. Moreover, it offers the possibility, if needed, for a participatory approach with stakeholders concerned by a particular issue, allowing them to actively engage in all stages of the decision analysis supported by MCDA. As such, MCDA methods are well suited for complex, transdisciplinary and multi-sectoral decision-making problems such as zoonotic disease management [14,15]. The use of MCDA in public health has thus far been limited but is emerging as a complementary method for evidence-based public health [16-18]. It has been used in different contexts, such as for the prioritization of general health issues, including zoonoses [17-23], and to compare potential alternatives or interventions for public health management. For this later goal, most published studies have been in the field of environmental health, but some more recent studies were done to prioritize interventions for infectious diseases management [24-26]. Fewer studies have attempted to confront zoonotic or animal related disease problems with an MCDA approach: one such study used MCDA to compare strategies for the elimination of carcasses following a hypothetical event of food-industry targeted terrorism [27], another used MCDA to compare different methods of quarantine and control during animal disease epidemics [28,29]. Hongoh and colleagues [30] proposed a general model and discussed the potential strengths of the use of MCDA methods for vector-borne disease management with explicit spatial considerations.

Lyme disease, a zoonosis caused by the bacteria *Borrelia burgdorferi* and transmitted to humans via the bites of ticks infected from animal reservoirs, is one of the most common vector-borne diseases in temperate countries and is a good example of a public health issue at the human-animal-environment interface [31]. The incidence of Lyme disease has been increasing annually in North America, particularly in the north-eastern United States where more than 20,000 cases are reported annually [31]. In the Canadian province of Quebec, the incidence of Lyme disease has thus far been low (0.5 per 100 000 in 2011 according to a recent report by the Quebec National Institute of Public Health [32] compared to rates of 60.3, 67.3 and 76 per 100 000 in the same year in the neighbouring states of Maine, New Hampshire and Vermont respectively [33]), but could grow to 8 000 cases annually by 2050 in the southeast and the central southern parts of Canada [34-37]. The first autochthonous human case of Lyme disease in Quebec was reported in 2008 (Quebec National Institute of

Public Health, unpublished observations). Black legged tick populations, the vector of *B. burgdorferi*, are now recognized as having become established in the southern part of the province, with up to 13% of ticks infected with *B. burgdorferi* [37]. Given these changing dynamics, the Quebec public health authorities have expressed the desire to proactively respond to this public health concern and to develop a Lyme disease management plan. As such, this is an ideal context for the use of MCDA methods for zoonotic disease management. In the Quebec health system, public health responsibilities, including Lyme disease prevention, are shared between provincial and regional public authorities. The Ministry of Health and Social Services, supported by the National Institute of Public Health in Quebec, is the provincial authority and first level responsible for applying provincial public health programs in collaboration with regional authorities [38]. Each of the 18 administrative regions of the province has their own Health and Social Services Agency. No province-wide program for Lyme disease management currently exists due to the fact that the disease is presently only concentrated in the southern part of Quebec and has affected only a few regions. This article aims to present the context, goals, methods and results from a study of the use of MCDA for Lyme disease management in Quebec, Canada.

Methods

The study was conducted between September 2010 and February 2012 with the general objective of identifying, evaluating and ranking different strategies for Lyme disease management in Quebec, in order to support decision-making and program direction by public health authorities. A research team composed of senior and junior researchers active in the fields of public health, veterinary public health and decision analysis research was assembled specifically for this study.

Three main intervention areas were first identified to address Lyme disease management in a comprehensive manner (see the result section for the detailed research questions): preventive communication strategies (COMM), surveillance strategies (SURV) and control strategies (CONT). Preventive communication strategies refers to all modes of communication implemented by public health authorities to prevent Lyme disease in humans; surveillance strategies refers to vector, animal and human related surveillance activities designed to monitor the disease and the state of the infection in the reservoir and the vector; and control strategies refers to field interventions which can be implemented to reduce the risk of transmission of the infectious agent to humans. This article will focus on

the results from the MCDA approach applied to the ranking of surveillance and control strategies. Analyses of communication strategies with MCDA will not be presented in the present paper as they required a slightly different methodological framework. The term 'intervention' will be used to refer to the specific strategies included in this study for surveillance and control.

The MCDA process used for this study can be divided into ten general steps, each with specific methods (Figure 9). These ten steps are non-linear and may require a few iterations. For example, the identification and inclusion of certain strategies in the model can lead to the inclusion of additional stakeholders in the group as was the case for our project. A participatory approach (focus groups, individual interviews, questionnaires) with a group of stakeholders was adopted for this study. A stakeholder was defined as a person representing an organisation or a group with direct responsibilities or with specific interests in Lyme disease management. This included representatives of governmental or non-governmental organisations, health professionals and experts (different from the research team). Stakeholders were asked to represent the preferences of their organisation and not their own preferences. To make this possible, they were invited to consult other colleagues in their organisation throughout the MCDA process. Stakeholders participated most intensively in the problem definition stage, identification of the extended stakeholders group, identification of key decision issues, translation of these issues into measurable criteria, identification of Lyme disease intervention strategies (steps 1 to 5) and weighting of the criteria (step 7).

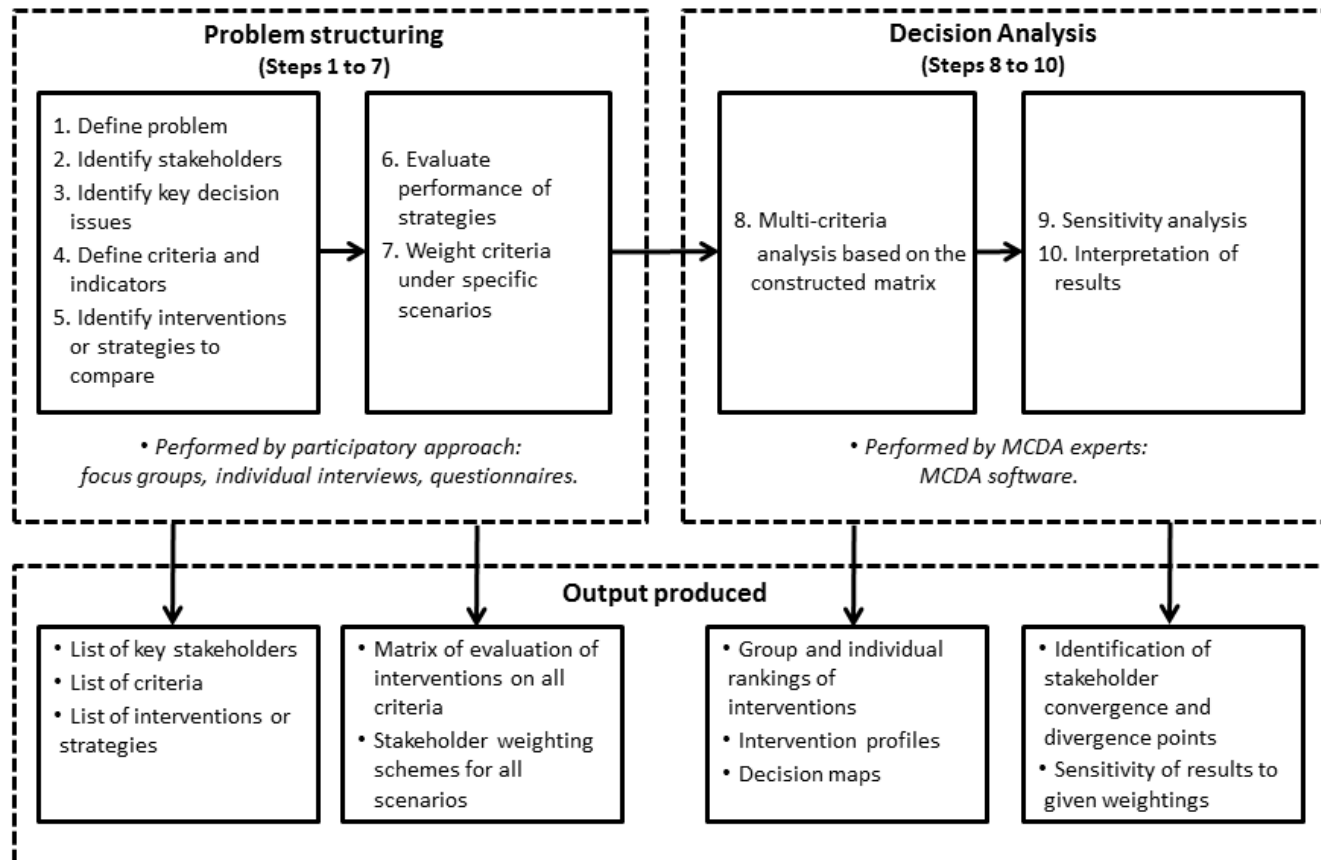


Figure 9. MCDA general steps and outcomes.

The identification of issues (step 3), the definition of criteria (step 4) and the selection of interventions (step 5) were done using an iterative process with the stakeholders: the research group proposed a first set of interventions and criteria along with their definitions, indicators for each criteria and appropriate measurement scales based on their understanding of the major surveillance and control issues for Lyme disease. This initial set was discussed and modified by the stakeholders by means of a focus group discussion. The final versions of the criteria (name, definition, indicator, measurement scales) and interventions lists were then validated by each stakeholder using a web-based questionnaire.

The evaluation of performance parameters for the retained list of interventions was carried out over each criterion (step 6) using literature supported data when available. When data were not available to evaluate parameters for criteria, Delphi surveys were conducted with stakeholders (CONT model) and external experts (SURV model). If there was no consensus on parameters after two iterations of the Delphi process, the mean value was selected. For the CONT model, selected stakeholders and members of the research team were consulted as experts for the determination of parameters. For the SURV model, a group of three external experts in Lyme surveillance were consulted.

Individual weighting of all criteria was done by each stakeholder under two different scenarios (step 7). The first scenario described the current epidemiological situation of Lyme disease in Quebec (referred to as “emergence scenario”). The second scenario described a hypothetical substantial increase in the annual number of human cases of Lyme disease in Quebec, coupled with more intensive media coverage and public awareness (referred to as “epidemic scenario”). Each stakeholder was asked to create model-specific weighting schemes based on the stakeholder’s perceived importance of criteria for decision-making in line with their organisational affiliation. This was done by first distributing 100 points among the criteria categories and then re-distributing the category specific points to all criteria within each category. A tool was created using Excel software version 2007 to facilitate this exercise. Individual support was offered to stakeholders to complete the weighting when needed to ensure a good comprehension of the process.

Decision analysis (steps 8 to 10) was carried out in D-Sight (software version 3.3.2) which uses the PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations) methods and gives access to the GAIA (Geometrical Analysis for Interactive Aid) visual model to explore analysis results [39-41]. PROMETHEE methods enable fully

comparative rankings of a set of alternatives [11]. The decision map, which is called a GAIA plan and is generated by the D-sight software, is a two-dimensional graphical representation of a stakeholder's position, dictated by their individual preferences (ranking of interventions). The decision map is referenced with a decision axis (in red), which points toward the "best" interventions in accordance with the group scores of interventions on all included criteria. The proximity of stakeholder's positions within the GAIA plan represents proximity in their overall preferences. This graphical representation of stakeholder values can be used to identify potential coalitions or clusters of positions among stakeholders and to identify positions that are distinctive from that of other stakeholders by their distances in relation to others or to the decision axis. Similarly to positioning stakeholders, the GAIA plan also positions all interventions in relation to the overall decision axis. Multi-criteria analyses carried out in D-sight assess the performance of interventions over all criteria resulting in numerical scores for each intervention. D-sight uses specific algorithms based on a pair wise method of analysis to calculate scores (PROMETHEE I and II) [33]. The intervention scores and weighting schemes set by stakeholders can be combined to produce three sets of results of particular interest in our study: 1) group rankings of the interventions, representing an ordered ranking of most preferred to least preferred intervention that takes all weighting schemes and intervention performance scores into account; 2) individual rankings for each stakeholder, representing the most preferred to least preferred intervention for a particular stakeholder given their specific weighting scheme; and 3) individual performance of interventions for every criterion, showing how an intervention performs on every criterion independently of all stakeholder weighting schemes. Intervention scores represent the relative performance of an intervention with respect to another, and as such scores do not have individual meanings by themselves. The objective of these scores is to provide a common numeric value to enable comparisons of interventions. Further details on MCDA methods have been published by Figueira and colleagues [42].

Analyses presented in this paper include group rankings and individual performance of selected interventions, as well as decision maps of stakeholder's preferences for particular interventions (GAIA planes), and an example of a sensitivity analysis of one stakeholder's weighting schemes. Each of the 10 MCDA steps was conducted separately for each intervention area (SURV and CONT). Results for the first 5 steps will be presented using SURV and CONT models and a more in depth illustration will be presented for steps 6 to 10 using the CONT model.

Results

Problem definition and identification of stakeholders (Steps 1 & 2)

To address the general problem of identifying, evaluating and ranking different strategies for Lyme disease management in Quebec, five governmental and one academic organisations involved in Lyme disease management were identified and invited to participate in the MCDA process. Eight representative stakeholders agreed to participate. The composition of the group was defined in order to capture the multidisciplinary nature of Lyme management (Table XII). For the examination of surveillance and control strategies, two models were developed to address two specific research questions identified by the stakeholders: 1) what strategies are most effective for Lyme disease surveillance? (SURV model); and 2) what interventions are most effective for the prevention and control of Lyme disease? (CONT model). In the context of this study, effectiveness represents the overall relative performance of strategies and interventions over multiple decision criteria, taking into account their importance as defined by the stakeholders for the Quebec context.

Table XII. Composition of the stakeholder group

| Models | Organisations (number of stakeholders) |
|---------------------|---|
| SURV and CONT | <ul style="list-style-type: none">• Québec National Institute of Public Health (Institut national de santé publique du Québec): Infectious diseases sector (2), Environmental health sector (1)• National Public Health Laboratory (Laboratoire national de santé publique) (1) |
| | <ul style="list-style-type: none">• Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec) (1)• Ministry of Natural Resources and Wildlife (1)• Montérégie Regional Board of Health and Social Services (1)• Academic expert (1) |

Criteria (Steps 3 & 4)

Sixteen criteria were selected for the two models to evaluate the effectiveness of interventions relative to the main issues of Lyme surveillance and control (Table XIII). These criteria were divided into five general categories: public health criteria (PHC), animal and environmental health criteria (AEC), social impact criteria (SIC), strategic, economic and operational impact criteria (SEC) and surveillance criteria (SUC). Indicators were defined for

each criterion and used qualitative scales for measurement. Categorical ordinal scales were used for all criteria, except for AEC1 and AEC2 where a multiplicative indicator was defined.

Strategies and interventions (Step 5)

For the SURV model, 11 interventions were identified and consisted of various passive and active surveillance strategies targeting vectors, domestic animals and humans: passive surveillance of vectors found on humans (SURV1a) and animals (SURV1b); active surveillance of vectors by flagging or dragging (SURV2a), by trapping of small rodents (SURV2b) and from hunted deer (SURV2c); passive surveillance of domestic animals seropositive cases of *B. burgdorferi* funded by the animal owners (SURV3a), funded by the private sector (industry) (SURV3c) or funded by the public sector (SURV3b); active surveillance of cases of Lyme disease in domestic animals (SURV4); passive surveillance of suspected and confirmed cases of Lyme disease in humans (SURV5); sentinel surveillance of suspected cases in humans (SURV6). For the CONT model, 16 interventions were selected, again with the aim to compare different approaches for Lyme disease prevention and control targeting vectors, vector hosts and human populations. Vector targeted interventions included: small (CONT1a) and large (CONT1b) scale acaricide applications, desiccants/insecticidal soap applications (CONT2), removal of tick habitats by small scale landscaping bordering houses and alleys (CONT3a) or by large scale landscaping in public forested areas (CONT3b). Vector host targeted interventions included: the use of '4-poster' device to control tick infestation on deer (CONT4) or feed-administered ivermectin (CONT5), reduction of deer populations by increased hunting quotas (CONT6a), by culling (CONTb), or by exclusion of deer from public areas (CONT7), tick control on small rodents by 'Damminix' device (CONT8) or fipronil application (CONT9). Human population targeted interventions included: exclusion of people from high risk areas (CONT10), vaccination (CONT11), development of Lyme disease clinics to facilitate diagnostic and treatment (CONT12)). All selected CONT interventions have been used in the past to prevent and control Lyme disease in experimental or real life contexts. A 'status quo' intervention (CONT0) was also included to represent a 'no additional measures taken' option where only a basic public communications strategy for Lyme disease prevention is provided by public health authorities with dissemination via web sites and occasional press releases.

Table XIII. Criteria and measurement scales used in the surveillance (SURV) and control (CONT) models

| Category | Criteria | Scale | Model | |
|---|---|--|-------|------|
| | | | SURV | CONT |
| Public health criteria (PHC) | PHC1 Reduction in incidence of human cases | 0: Nil; 1: Low; 2: Moderate; 3: High | | x |
| | PHC2 Reduction in entomological risk | 0: Nil; 1: Low; 2: Moderate; 3: High | | x |
| | PHC3 Impacts of adverse health effects | 0: Nil; 1: Indirect effects on mental or social health; 2: Direct effects on physical health | | x |
| Animal and environmental health criteria (AEC) | AEC 1 Impact on habitat | Surface*Sensitivity*Intensity ¹ Surface : 1: Nil; 2: Small scale; 3: Large scale; Sensitivity: 1: Nil; 2: Land; 3: Water ; 4: Land and water; Intensity: 1: Nil; 2: Fences; 3: Mowing; 4: Acaricides; 5: Removal of vegetation or burning | | x |
| | AEC 2 Impact on wildlife | Number*Species*Intensity ² Number: 1: Nil; 2: Effect on specific species; 3 : Effect on several species; Species: 1: Nil, 2: low valued species; 3: Highly valued species; Intensity: 1: No effect; 2: Morbidity; 3: Mortality | | x |
| Social impact criteria (SIC) | SIC 1 Level of public acceptance | 1: Nil; 2: Low; 3: Moderate; 4: High | | x |
| | SIC 2 Proportion of population benefitting from intervention | 1:<25%; 2:25-50%; 3:50-75%; 4:>75% | | x |
| Strategic, economic and operational impact criteria (SEC) | SEC1 Cost to the public sector | 0: Nil; 1: Low; 2: Moderate; 3: High | x | x |
| | SEC2 Cost to the private sector | 0: Nil; 1: Low; 2: Moderate; 3: High | x | x |
| | SEC3 Delay before results | 1: Days; 2: Weeks; 3: Months; 4: Years | x | x |
| Surveillance criteria (SUC) | SEC4 Complexity | 1: Simple; 2:Intermediate; 3: Moderate; 4: Complex; 5: Very complex | | x |
| | SEC5 Impact on organisation's credibility | 0: Nil; 1: Low; 2: Moderate; 3: High | | |
| | SUC1 Detection of zones where tick populations are present | 1: Less than 10%; 2: Low (11-50%); 3: Moderate (51-70%); 4: High (>71%) | x | |
| | SUC2 Identification of zones where tick populations are established | 1: Less than 10%; 2: Low (11-50%); 3: Moderate (51-70%); 4: High (>71%) | x | |
| (SUC) | SUC3 Identification of Lyme endemic zones | 1: Less than10%; 2: Low (11-50%);3: Moderate (51-70%); 4: High (>71%) | x | |
| | SUC4 Quality of data | 1: Poor; 2: Medium; 3: High | x | |

¹The score is calculated using a multiplication of three indicators: surface, sensitivity and intensity.

²The score is calculated using a multiplication of three indicators: number, species and intensity.

Evaluation of performance parameters (Step 6)

Each intervention was evaluated on each of the selected criteria using the defined measurement scales and resulting in the creation of two performance matrices, one for each model (Table XIV). Performance parameters on criteria varied depending on the intervention. For example, CONT1b (large scale acaricide application) had the highest parameter value (equal to 48) for criterion AEC1 (impact on habitat), meaning that this intervention would have the highest impact on habitat among all interventions included in the matrix. CONT0 (status quo), CONT11 (vaccination) and CONT12 (development of Lyme disease clinics to facilitate diagnostic and treatment) had the lowest parameter values for criterion AEC1 (equal to 1), meaning that these interventions would have the lowest impact on habitat.

Weighting of criteria (Step 7)

The weighting of the retained criteria varied in accordance with stakeholder values in each of the models and varied between both scenarios (Table XV). Public health was the category which generally received the highest weighting. For the CONT model, under the epidemic scenario, five stakeholders (S3, S4, S5, S6 and S7) gave additional weight to the public health criteria at the expense of other categories. For example, stakeholder S4 respectively assigned 30, 25, 25 and 20 points to the public health, animal and environmental impacts, social impacts and strategic, economic and operational criteria categories under the emergence scenario, but assigned weightings of 40, 25, 25 and 10 points under the epidemic scenario for the same categories.

Table XIV. Performance matrices for the surveillance (SURV) and control (CONT) models (Parameters in bold indicate parameters reviewed by an expert panel (Delphi surveys); Parameters in bold italics indicate parameters based on literature reviews.)

| | | Performance parameters for each criteria | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|--------------|--|----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Model | Intervention | PHC | | | AEC | | SIC | | SEC | | | | | SUC | | | |
| | | PHC1 | PHC2 | PHC3 | AEC1 | AEC2 | SIC1 | SIC2 | SEC1 | SEC2 | SEC3 | SEC4 | SEC5 | SUC1 | SUC2 | SUC3 | SUC4 |
| CONT | CONT0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 | 4 | 1 | 0 | 3 | 1 | 1 | N/A | | | |
| | CONT1a | 2 | 3 | 2 | 16 | 8 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 4 | 3 | | | | |
| | CONT1b | 2 | 3 | 2 | 48 | 18 | 2 | 4 | 2 | 0 | 2 | 4 | 3 | | | | |
| | CONT2 | 1 | 2 | 2 | 24 | 8 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 | 4 | 2 | | | | |
| | CONT3a | 2 | 3 | 1 | 20 | 4 | 3 | 1 | 1 | 0 | 2 | 4 | 2 | | | | |
| | CONT3b | 2 | 3 | 2 | 30 | 9 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 | 4 | 3 | | | | |
| | CONT4 | 2 | 3 | 2 | 3 | 12 | 3 | 1 | 2 | 1 | 4 | 4 | 2 | | | | |
| | CONT5 | 1 | 2 | 2 | 3 | 12 | 3 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 3 | | | | |
| | CONT6a | 0 | 2 | 2 | 3 | 18 | 2 | 2 | 0 | 0 | 4 | 4 | 3 | | | | |
| | CONT6b | 1 | 2 | 2 | 3 | 27 | 1 | 2 | 2 | 0 | 4 | 4 | 4 | | | | |
| | CONT7 | 1 | 2 | 0 | 12 | 6 | 3 | 1 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | | | | |
| | CONT8 | 0 | 1 | 2 | 3 | 8 | 3 | 1 | 2 | 1 | 3 | 4 | 2 | | | | |
| CONT9 | 0 | 1 | 2 | 3 | 8 | 3 | 1 | 2 | 1 | 3 | 4 | 2 | | | | | |
| CONT10 | 1 | 0 | 0 | 3 | 1 | 3 | 3 | 0 | 0 | 2 | 4 | 3 | | | | | |
| CONT11 | 2 | 0 | 2 | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 0 | 2 | 5 | 2 | | | | | |
| CONT12 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 4 | 3 | 1 | 0 | 2 | 5 | 2 | | | | | |
| SURV | SURV1a | | | | | | | | 2 | 1 | 3 | 1 | | 3 | 3 | 3 | 2 |
| | SURV1b | | | | | | | | 2 | 1 | 3 | 1 | | 4 | 3 | 4 | 2 |
| | SURV2a | | | | | | | | 3 | 1 | 3 | 2 | | 4 | 4 | 3 | 3 |
| | SURV2b | | | | | | | | 3 | 1 | 3 | 4 | | 4 | 4 | 3 | 3 |
| | SURV2c | | | | | | | | 3 | 1 | 3 | 4 | N/A | 3 | 4 | 3 | 2 |
| | SURV3a | | | | | | | | 2 | 1 | 3 | 4 | | 3 | 2 | 2 | 2 |
| | SURV3b | | | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | | 3 | 2 | 2 | 2 |
| | SURV3c | | | | | | | | 2 | 1 | 3 | 4 | | 3 | 2 | 2 | 2 |
| | SURV4 | | | | | | | | 3 | 1 | 3 | 4 | | 3 | 3 | 4 | 3 |
| SURV5 | | | | | | | | 2 | 1 | 3 | 3 | | 4 | 4 | 3 | 3 | |
| SURV6 | | | | | | | | 2 | 1 | 3 | 3 | | 2 | 3 | 3 | 3 | |

Table XV. Stakeholder weights (S1 to S8) under the emergence (EM) and the epidemic scenario (EP)

| for the surveillance (SURV) and | | Weights | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|--------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | SURV model | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | S1 | | S2 | | S3 | | S4 | | S5 | | S6 | | S7 | | S8 | |
| | | EM | EP | EM | EP | EM | EP | EM | EP | EM | EP | EM | EP | EM | EP | EM | EP |
| SUC | SUC1 | 13 | 13 | 13 | 13 | 21 | 21 | 20 | 21 | 12 | 18 | 25 | 23 | 2 | 3 | 7 | 8 |
| | SUC2 | 13 | 13 | 13 | 13 | 14 | 0 | 20 | 21 | 12 | 18 | 8 | 11 | 8 | 12 | 21 | 16 |
| | SUC3 | 13 | 13 | 15 | 15 | 14 | 18 | 16 | 6 | 12 | 18 | 4 | 17 | 25 | 38 | 21 | 32 |
| | SUC4 | 13 | 13 | 10 | 10 | 21 | 21 | 24 | 12 | 24 | 18 | 26 | 11 | 5 | 3 | 21 | 24 |
| | Total | 50 | 50 | 50 | 50 | 70 | 60 | 80 | 60 | 60 | 70 | 63 | 63 | 40 | 60 | 70 | 80 |
| SEC | SEC1 | 9 | 9 | 15 | 15 | 9 | 8 | 6 | 8 | 10 | 6 | 3 | 2 | 20 | 13 | 6 | 6 |
| | SEC2 | 9 | 9 | 15 | 15 | 0 | 0 | 2 | 2 | 10 | 6 | 10 | 10 | 20 | 13 | 6 | 4 |
| | SEC3 | 13 | 13 | 15 | 15 | 9 | 16 | 6 | 16 | 10 | 12 | 10 | 10 | 10 | 7 | 6 | 6 |
| | SEC4 | 19 | 19 | 5 | 5 | 12 | 16 | 6 | 14 | 10 | 6 | 15 | 15 | 10 | 7 | 12 | 4 |
| | Total | 50 | 50 | 50 | 50 | 30 | 40 | 20 | 40 | 40 | 30 | 37 | 37 | 60 | 40 | 30 | 20 |
| Total | | 100 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Criteria | | CONT model | | | | | | | | | | | | | | | |
| PHC | PHC1 | 8 | 8 | 21 | 21 | 20 | 25 | 12 | 20 | 16 | 25 | 10 | 4 | 25 | 35 | 30 | 30 |
| | PHC2 | 8 | 8 | 3 | 3 | 8 | 13 | 9 | 8 | 12 | 13 | 3 | 6 | 5 | 5 | 10 | 10 |
| | PHC3 | 8 | 8 | 6 | 6 | 12 | 13 | 9 | 12 | 12 | 13 | 8 | 16 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| | Total | 25 | 25 | 30 | 30 | 40 | 50 | 30 | 40 | 40 | 50 | 21 | 26 | 40 | 50 | 50 | 50 |
| AEC | AEC 1 | 13 | 13 | 15 | 10 | 5 | 3 | 13 | 13 | 5 | 5 | 13 | 14 | 15 | 15 | 10 | 10 |
| | AEC 2 | 13 | 13 | 15 | 10 | 5 | 3 | 13 | 13 | 5 | 5 | 13 | 14 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| | Total | 25 | 25 | 30 | 20 | 10 | 5 | 25 | 25 | 10 | 10 | 26 | 29 | 25 | 25 | 20 | 20 |
| SIC | SIC 1 | 18 | 18 | 5 | 10 | 10 | 4 | 15 | 10 | 13 | 10 | 4 | 4 | 10 | 10 | 11 | 9 |
| | SIC 2 | 8 | 8 | 5 | 10 | 10 | 6 | 10 | 15 | 13 | 10 | 4 | 9 | 5 | 5 | 5 | 6 |
| | Total | 25 | 25 | 10 | 20 | 20 | 10 | 25 | 25 | 25 | 20 | 8 | 13 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| SEC | SEC1 | 3 | 3 | 8 | 8 | 5 | 4 | 6 | 2 | 5 | 3 | 15 | 10 | 6 | 3 | 3 | 2 |
| | SEC2 | 3 | 3 | 8 | 8 | 0 | 0 | 2 | 1 | 3 | 2 | 15 | 5 | 6 | 3 | 3 | 2 |
| | SEC3 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 11 | 4 | 3 | 5 | 6 | 1 | 8 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| | SEC4 | 9 | 9 | 3 | 3 | 11 | 11 | 4 | 2 | 5 | 4 | 8 | 4 | 2 | 1 | 4 | 3 |
| | SEC5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 9 | 11 | 4 | 2 | 8 | 5 | 6 | 5 | 3 | 2 | 4 | 5 |
| | Total | 25 | 25 | 30 | 30 | 30 | 35 | 20 | 10 | 25 | 20 | 45 | 32 | 20 | 10 | 15 | 15 |
| Total | | 100 | | | | | | | | | | | | | | | |

Decision analysis (Step 8 to 10)

Group rankings of interventions were performed for both models using the individual stakeholder's values expressed via criteria weightings (Table XVI). Group scores ranged from -0.34 to 0.45 for the SURV model and from -0.33 to 0.43 for the CONT model. For both models, the three preferred interventions were the same regardless of the epidemiological scenario (emergence or epidemic). For the SURV model, the three preferred interventions were SURV2a (active surveillance of vectors by flagging or dragging), SURV2b (active surveillance of vectors by trapping of small rodents) and SURV1a (passive surveillance of vectors of human origin). For the CONT model, CONT0 (status quo – basic preventive communications), CONT11 (human vaccination) and CONT3a (small scale landscaping) were the three preferred interventions. CONT6b (deer culling) and CONT6a (deer hunting) were classified as the least preferable interventions under both scenarios.

Table XVI. Group ranking of interventions for the surveillance (SURV) and control (CONT) models

| SURV model | Emergence | | Epidemic | |
|---|-----------|-------|----------|-------|
| | Rank | Score | Rank | Score |
| SURV2a – Active surveillance of vectors <i>I. scapularis</i> (flagging or dragging) | 1 | 0.43 | 1 | 0.45 |
| SURV2b – Active surveillance of vectors <i>I. scapularis</i> (trapping of small rodents) | 2 | 0.40 | 2 | 0.42 |
| SURV1a – Passive surveillance of vectors <i>I. scapularis</i> originating from humans | 3 | 0.07 | 3 | 0.10 |
| SURV6 – Sentinel surveillance of suspected Lyme cases in humans | 4 | 0.03 | 5 | -0.01 |
| SURV1b – Passive surveillance of vectors <i>I. scapularis</i> originating from animals | 5 | 0.00 | 4 | 0.04 |
| SURV5 – Passive surveillance of human Lyme disease cases | 6 | -0.08 | 9 | -0.14 |
| SURV2c – Active surveillance of vectors <i>I. scapularis</i> (from hunted deer) | 7 | -0.13 | 7 | -0.17 |
| SURV3a – Passive surveillance of seropositivity to <i>B. burgdorferi</i> in domestic animals, funding of tests supported by animal | 8 | -0.14 | 6 | -0.12 |
| SURV3c – Passive surveillance of seropositivity to <i>B. burgdorferi</i> in domestic animals, funding of tests supported by the public | 8 | -0.14 | 6 | -0.12 |
| SURV3b – Passive surveillance of seropositivity to <i>B. burgdorferi</i> in domestic animals, funding of tests supported by the private | 9 | -0.17 | 9 | -0.14 |
| SURV4 – Active surveillance of domestic animal cases of Lyme disease | 10 | -0.27 | 8 | -0.34 |
| CONT model | Rank | Score | Rank | Score |
| CONT0 – Status quo (basic preventive communication strategy) | 1 | 0.43 | 1 | 0.39 |
| CONT11 – Human vaccination ¹ | 2 | 0.31 | 2 | 0.31 |
| CONT3a – Small scale landscaping (removal of tick habitats) | 3 | 0.28 | 3 | 0.3 |
| CONT10 – Excluding people from high-risk public areas | 4 | 0.25 | 4 | 0.29 |
| CONT12 – Making available special Lyme disease diagnostic/treatment clinic(s) | 5 | 0.23 | 5 | 0.2 |
| CONT4 – ‘4-poster’ device[47] | 6 | 0.03 | 6 | 0.06 |
| CONT7 – Exclusion of deer by fencing | 7 | -0.04 | 9 | -0.02 |
| CONT1a – Small scale acaricide application to kill free-living ticks | 7 | -0.04 | 7 | 0.01 |
| CONT3b – Large scale Landscaping (removal of tick habitats) | 8 | -0.07 | 10 | -0.03 |
| CONT1b – Large scale acaricide application to kill free-living ticks | 9 | -0.08 | 8 | -0.01 |
| CONT2 – Application of desiccants / insecticidal soap | 10 | -0.14 | 11 | -0.15 |
| CONT5 – Feed-administered ivermectin to deer at bait stations to control ticks | 11 | -0.15 | 12 | -0.17 |
| CONT8 – ‘Damminix’ device[48] | 12 | -0.22 | 13 | -0.25 |
| CONT9 – Bait boxes to deliver a passive application of fipronil to rodents[49] | 12 | -0.22 | 13 | -0.25 |
| CONT6a – Deer hunting | 13 | -0.25 | 14 | -0.29 |
| CONT6b – Deer culling | 14 | -0.33 | 15 | -0.31 |

¹ Currently, no licensed vaccine exists for human use. Data used for this analysis come from [50]

The GAIA plan decision map presented in Figure 10 shows the relative position of stakeholders with respect to the decision axis (in red) and selected interventions for the control model (CONT) under the “emergence scenario”. Stakeholder’s positions (represented by S1-8 in this figure) are determined by the combination of the intrinsic performance of interventions and by the stakeholder’s weighting scheme. The closer a stakeholder is to the decision axis (for example S2 and S7 in this map), the more important their agreement with the best consensual interventions (i.e. first ranked interventions), and vice-versa.

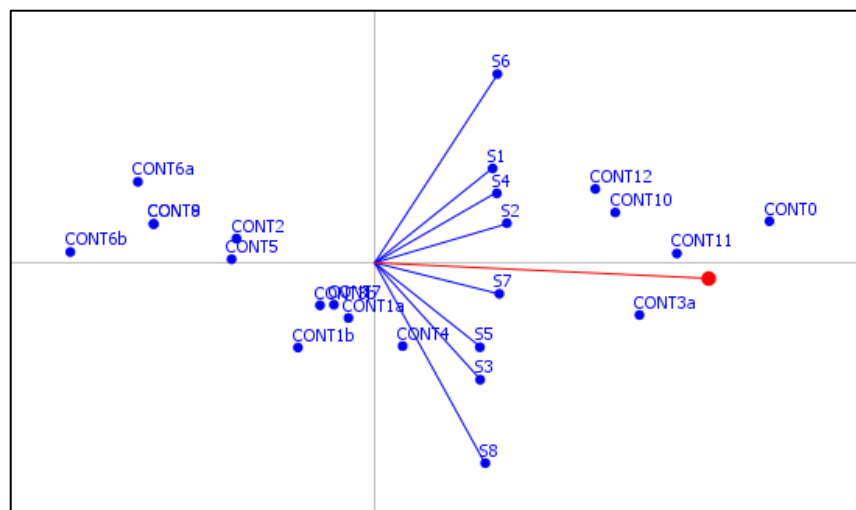


Figure 10. GAIA decision map for CONT model under the emergence scenario (Delta = 96,6%, meaning that 96,6% of the information is conserved in the two-dimensional representation of this map).

Interventions located close to the decision axis (CONT0, CONT3a and CONT11 in Figure 10) are the preferred interventions for the group, and correspond to the three best ranked interventions in Table 5. A long decision axis indicates strong decision choice power whereas a short decision axis indicates that the compromise solution is close to the origin [42]. The worst ranked interventions are diametrically opposed to this axis (CONT6b, CONT6a, and CONT8). In Figure 10, all eight stakeholders point toward the right of the x axis, meaning that there are no major discordances in their preferences. Stakeholder 6 and stakeholder 8 are located somewhat apart from the rest of the group’s preferences and had the most different preferences and individual rankings. When examining their individual rankings and intervention

scores (Table XVII), their top three ranked interventions differ slightly from those of the group ranking even though the top three ranked group interventions are among stakeholder 6 and 8's four highest ranked interventions (S8 even shares the same top three interventions as the group, but in a different order). This information can be used to help identify the stakeholders with distinct positions relative to the rest of the group, and represents a transparent articulation of decision considerations that need to be further discussed to reach a better consensus.

Table XVII. Individual scores and ranking of interventions under the emergence scenario in the control (CONT) model for two stakeholders showing distinctive positions in the GAIA decision map (stakeholder 6 (S6) and stakeholder 8 (S8))

| Intervention | Group rank | Score S6 | Rank S6 | Score S8 | Rank S8 |
|--------------|------------|----------|---------|----------|---------|
| CONT0 | 1 | 0.53 | 1 | 0.3 | 3 |
| CONT11 | 2 | 0.33 | 3 | 0.32 | 2 |
| CONT3a | 3 | 0.24 | 5 | 0.37 | 1 |
| CONT10 | 5 | 0.37 | 2 | 0.15 | 5 |
| CONT12 | 6 | 0.29 | 4 | 0.07 | 7 |
| CONT4 | 8 | -0.15 | 9 | 0.19 | 4 |
| CONT1a | 9 | -0.11 | 8 | 0.09 | 6 |
| CONT7 | 9 | -0.18 | 11 | 0.02 | 9 |
| CONT3b | 10 | -0.06 | 7 | 0.05 | 8 |
| CONT1b | 11 | -0.22 | 12 | 0.02 | 9 |
| CONT2 | 12 | -0.04 | 6 | -0.18 | 11 |
| CONT5 | 13 | -0.17 | 10 | -0.12 | 10 |
| CONT8 | 14 | -0.26 | 13 | -0.3 | 13 |
| CONT9 | 14 | -0.26 | 13 | -0.3 | 13 |
| CONT6a | 15 | -0.04 | 6 | -0.37 | 14 |
| CONT6b | 16 | -0.27 | 14 | -0.29 | 12 |

Intervention profiles graphically represent the relative intrinsic performance of an intervention on each criterion, independently of stakeholder expressed preferences (weighting schemes) (Figure 11). A descriptive analysis of the intervention profiles allows for a better understanding of the trade-off to be considered in the overall decision and to identify complementary interventions. The Y axis represents the score of the intervention for each criterion. The first ranked intervention of the group, CONT0 (status quo - basic preventive communications) performs well on animal and environmental health criteria and most

operational criteria, but performs poorly on the first two public health criteria, PHC1 (reduction of human case incidence) and PHC2 (reduction of entomological risk). Conversely, the third ranked intervention, CONT3a (small scale landscaping), performs poorly on the AEC1 criterion (impact on habitat) and SIC2 criterion (proportion of the population benefiting from the intervention), but performs more efficiently on the PHC1 and PHC2 criteria. A score of 1 on a criterion (e.g. Criteria SEC4 (Complexity) and SEC5 (Impact on organisation's credibility) for CONT0) means that the intervention has the best intrinsic performance for this criterion among all interventions. By examining an intervention's profile, stakeholders can consider various portfolios of interventions in order to create balanced control programmes capable of addressing multiple objectives.

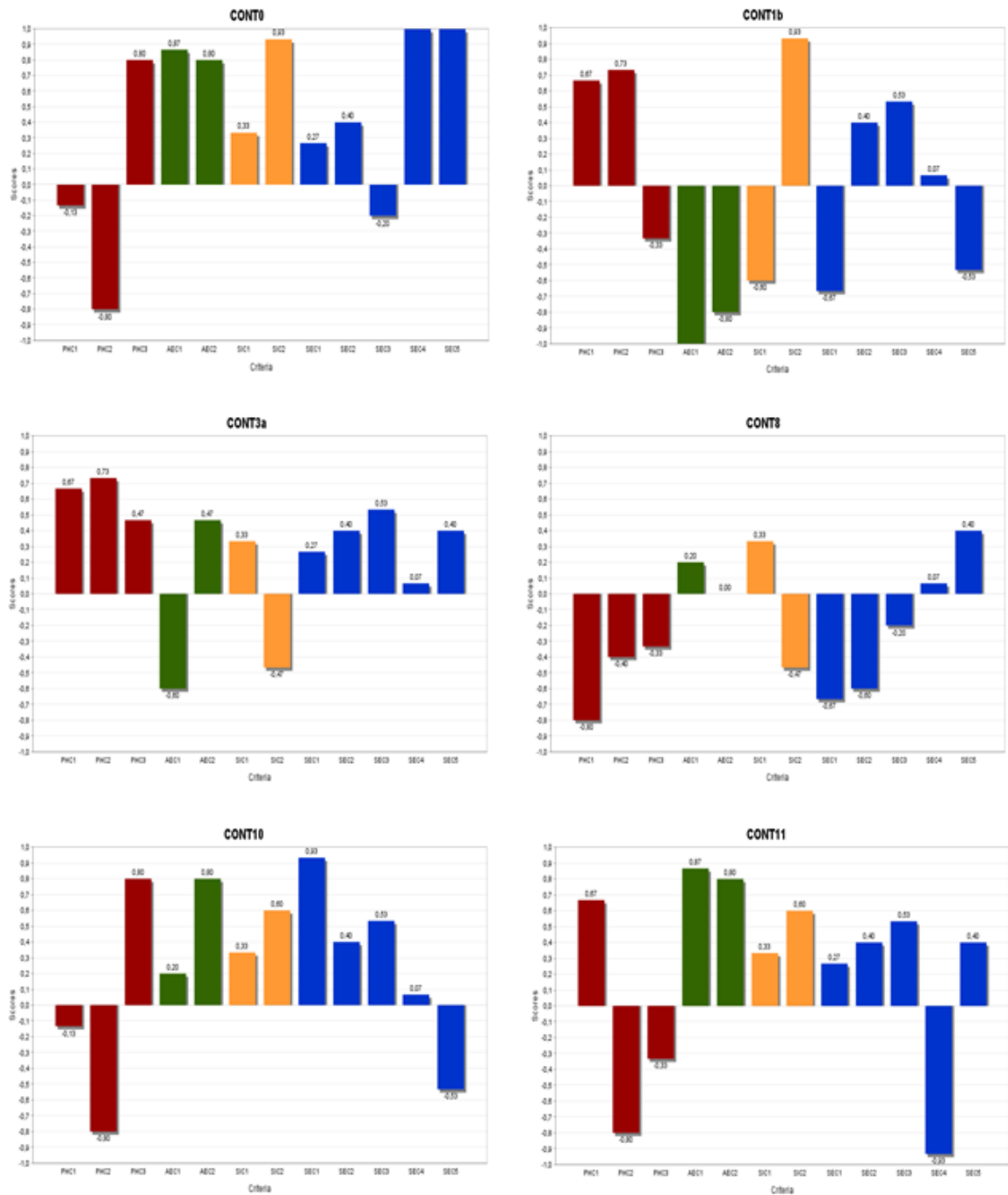


Figure 11. Six intervention profiles for the control (CONT) model under the “emergence scenario” (red: Public health criteria; green: Environmental and animal health criteria; yellow: Social impact criteria; Blue: Strategic, economic and operational impact criteria).

A sensitivity analysis was performed to assess the impact of a stakeholder’s weighting preferences on their individual and group rankings. This analysis gives indications of the robustness of the results. Stability intervals can be generated for each stakeholder for all criteria. For example, as shown in Table XVIII, stakeholder 8 can change the weight given to the SEC2 criteria (cost for the private sector) from 0 to 100% without this change affecting the nature of the stakeholder’s top three ranked interventions. However, any variations in the weight of the “PHC1-Reduction in human cases incidence” criterion beyond the range of 27.5 to 38.2 will result in a change in nature of the top ranked interventions for stakeholder 3 indicating that the results are more sensitive to this later criterion.

Table XVIII. Example of a sensitivity analysis using stakeholder 8 (S8) weightings

| Criteria | Minimum weight | Actual weight | Maximum weight |
|-----------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| PHC1 | 27.5 | 30 | 38.2 |
| PHC2 | 7.4 | 10 | 15.8 |
| PHC3 | 4.9 | 10 | 12.1 |
| AEC1 | 0 | 10 | 12.6 |
| AEC2 | 2 | 10 | 20.2 |
| SIC1 | 0 | 10.5 | 33.4 |
| SIC2 | 0 | 4.5 | 8.2 |
| SEC1 | 0 | 3 | 20.1 |
| SEC2 | 0 | 3 | 100 |
| SEC3 | 0 | 1.5 | 17.6 |
| SEC4 | 0 | 3.8 | 5.1 |
| SEC5 | 0 | 3.8 | 8 |

Discussion

This study demonstrated the application of a transparent decision analysis method to identify decision criteria and rank interventions for the control of Lyme disease in Quebec as an illustration of its potential for the planning and management of other complex public health issues. To our knowledge, this is the first report of the use of MCDA models to document stakeholder engagement in the prioritization of Lyme disease management interventions, and the first use of such an approach to analyse public health interventions for an emerging

zoonosis tackling surveillance and control interventions in a comprehensive manner. One of the key observations resulting from this study pertains to the list of criteria identified for use in the different fields of interventions relating to Lyme disease management. The general criteria categories demonstrate the comprehensiveness of the models and lend support to the use of MCDA methods as concrete applications of a “One Health” approach to zoonoses management. The list of criteria could likely be generalized or adapted for use with other vector-borne and zoonotic disease management problems. As an example, four of the general categories (public health, animal and environmental health, social impacts and strategic, economic and operational impacts) and several criteria identified with a different group of stakeholders for two other MCDA models developed to address communication strategies for Lyme disease in Quebec by the research team were identical to those identified for SURV and CONT models (MCDA-Lyme Consortium, 2012, data not shown). Furthermore, the criteria identified in this study correspond directly to the dimensions which should be integrated when analysing public policies, as identified and recommended by the Canadian National Collaborating Centre for Healthy Public Policy.

Table XIX. Alignment of Canadian National Collaboration Centre for Health Public Policy dimensions with criteria identified in the study

| Canadian National Collaborating Centre for Healthy Public Policy | Study |
|--|--|
| Dimensions | Criteria |
| Effectiveness | PHC1 Reduction in incidence of human cases PHC2 Reduction in entomological risk SUC1 Detection of zones where tick populations are present SUC2 Identification of zones where tick populations are established SUC3 Identification of Lyme endemic zones SUC4 Quality of data |
| Unintended effects | PHC3 Impacts of adverse health effects AEC1 Impact on habitat AEC2 Impact on wildlife |
| Cost | SEC1 Cost to the public sector SEC2 Cost to the private sector |
| Equity | SIC2 Proportion of the population benefitting from intervention |
| Feasibility | SEC3 Delay before results SEC4 Complexity |

| | |
|---------------|---|
| | SEC5 Impact on organisation's credibility |
| Acceptability | SIC1 Level of public acceptance |

This centre recently published a method for synthesizing knowledge about public policies, integrating six dimensions [43], which can be directly correlated to our list of criteria as shown in Table XIX. This observation reinforces the fact that MCDA methods have the potential to improve public health decisions in line with the most recent national recommendations for evaluating public policies.

The observed variations in stakeholder's weighting of criteria was expected and can be explained as a result of differences in values, perspectives, objectives and expertise of the participating stakeholders, which is desirable within an interdisciplinary and multi-sectoral approach. On the other hand, changing the scenario from "emergence" to "epidemic" was found to have little effect on the results, which was unexpected for the research team. Although some additional weighting was given to the public health criteria by several stakeholders during the epidemic scenario, the changes were not sufficient to produce clear differences in the overall rankings of interventions between scenarios. More weight for public health criteria and social acceptability criteria during the epidemic scenario were expected but not clearly observed in this study. One hypothesis is that the description given of the epidemic scenario was not sufficiently alarming to prompt important differences in stakeholder weighting schemes between scenarios. Further analyses are needed under real epidemic situations to validate these observations and to correlate the findings of the MCDA analysis with actions that would actually be implemented by stakeholders in such situations.

In both models, performance evaluations of interventions used qualitative categorical indicators for every criterion. If ordinal scales were better suited for the evaluation of certain criteria, as was the case for the SEC4 (complexity) criterion, numeric scales were used to incorporate more precision for other criteria, such as PHC1 (reduction in human case incidence), SEC1 and SEC2 (costs for the public and the private sectors). Moreover, experts who contributed to the evaluation of certain parameters were also stakeholders on the MCDA process for the CONT model. If this approach can be interesting for the appropriation of the decision-making process by the stakeholders, it could also introduce bias in the evaluation of parameters, as preferences and expertise can vary among them. This reflected the data quality

which was available at the time of the study and is the main limit of this study. Lyme disease is emerging in Quebec, and very few field studies have been performed to date. The data quality evaluation performed in the models was useful for identifying gaps in the scientific knowledge on public health intervention efficacy and impacts in the Quebec context. For the vast majority of interventions and criteria, expert opinions were the most effective way to obtain the data required to complete the models. More time and resources could be used to counter this weakness: field studies can be realized with the objective of increasing the precision of performance evaluations in models. For example, to assess the social acceptability of different control interventions, a Delphi survey was conducted among the stakeholders. A more representative survey conducted among the target population could increase the precision of this performance measure. Furthermore, additional analysis using the same MCDA model structure in other geographical areas where Lyme disease epidemiology is better characterised would provide an opportunity to validate the present model.

The first position occupied by CONT0 (status quo-basic preventive communications) in the group ranking for the CONT model was expected. The current communication method in place involves the diffusion of general information via the public organisation's web interface. This intervention is a baseline intervention upon which stakeholders should build (but not eliminate) and include additional interventions to improve Lyme management. For the SURV model, the top two ranked interventions were SURV2a (active surveillance of *I. scapularis* by flagging or dragging) and SURV2b (active surveillance of *I. scapularis* by trapping of small rodents). Again, this was expected, because these two interventions are considered the gold standard approach for Lyme vector surveillance in Canada at the moment [31]. The rank order of other SURV interventions should be interpreted relative to these gold standards in the group ranking.

Despite small differences, the decision map for the CONT model showed a good level of agreement between stakeholders. SURV model revealed similar observations. Even if these results represent only the views of a small group of stakeholders, greater differences could have been expected. For example, from stakeholders working for public environmental organisations, one could have expected stronger preferences for low environmental impact interventions, when compared to public health professionals. This observation demonstrates that public health protection is still a strong commonly held value, despite expertise and sectoral differences between stakeholders. In this study, there were no representatives from

the general public or from public interest groups. This was a methodological choice made after discussion with participating stakeholders and in light of the exploratory nature of the objectives. The inclusion of such groups, either as representatives of the general public or of representatives of select interest groups (for example members of the Canadian Lyme disease foundation, CanLyme, or public park users) could help diversify the range of expressed preferences and concerns, an important dimension that should be considered in public health decision making.

Analysis of the intervention profiles allowed identification of complementary interventions for all models. The strengths and weaknesses of an intervention can be easily identified with these types of analyses, and highlights the need to include diverse interventions for an efficient prevention programme capable of responding to multiple objectives.

Sensitivity analyses conducted were limited to identifying stability intervals for weights given to criteria by each stakeholder. Other types of variation, for example on performance parameters of interventions, have to be simulated manually by changing parameters in the matrix. This was not realised in a systematic manner for this study but would be an interesting further step, particularly on parameters which are not supported by the scientific literature. This could help to identify which would be the more urgent knowledge gaps to tackle to consolidate decision-making in this context. Except for sensitivity analysis, the evaluation of a MCDA model's validity is rarely mentioned in the scientific literature [44]. A framework for MCDA model validity testing would be of great use for public health research. This framework could include more extensive sensitivity analysis on weights and parameters, as well as a standardised approach to assess how accurately the model captures issues of importance to decision-makers.

Building on this study's experience, the authors believe that MCDA approaches offer a structured and systematic process for identifying gaps in the scientific knowledge relating to important decision issues, and can be of great use to guide research priorities in public health in a context of finite and sometimes scarce resources. Another major advantage of formal decision analysis methods is the long-term utility it can confer to decision-makers. Once the matrix is completed (i.e. criteria, interventions and performances have been identified), stakeholders can re-evaluate their weights on each criteria as the epidemiological situation of the disease changes, and can observe the impacts on intervention prioritization. Used in this

manner, MCDA models could be adapted and potentially used with real-time decision-making methods.

Some challenges arose during the study. First, depending on the scope and depth of the analysis, the MCDA process can be time-consuming: given the participatory approach used in this study, a significant time commitment was needed for meetings and discussions. Experts recommend a minimum of six months to complete an MCDA process with participative components. However, in this case, two years were needed to put together the research team and complete the study. Public health experts had no experience with MCDA methods, and the learning process demanded time and resources. This is not surprising and prolonged timelines have been observed in other multidisciplinary teams [7]. As such, MCDA approaches may be best suited for strategic public health planning rather than for daily decisions and emergency situations, unless MCDA models are already developed. Creating weighting schemes was also challenging and not intuitive for the majority of stakeholders. Individual support was needed in several cases, and participants needed a good understanding of the MCDA process to perform the weighting. Methods exist to facilitate the weighting process in MCDA approaches, such as the use of card sets to help order criteria before attributing numerical values [45]. We strongly recommend using them to increase the validity of analysis.

The participative approach used in identifying key stakeholders, criteria and potential interventions contributed to building a comprehensive structure of the key issues in need of consideration and helped capture the complexity of the health problem. The use of a participatory approach in this study also had an interesting and important consequence: the learning process put stakeholders from different sectors and organisations together and enabled mutual learning about each other's organisation's issues and priorities. During this project, stakeholders met between two to five times within the year to complete the process. We believe that this approach reinforces an interdisciplinary and multi-sectoral approach to public health management, leading to institutional empowerment. These long-term outcomes were previously observed in several examples of participatory approaches in health research [46].

Conclusion

This study presented the results of an MCDA approach for the management of a complex public health issue - an emerging zoonosis - using a study of Lyme disease management in Quebec, Canada. Results showed that despite different weighting schemes among stakeholders, both models revealed a good level of agreement with regards to preferred interventions for surveillance and control of Lyme disease. The reliance primarily on expert opinion for development of the performance matrices underscores the need to enhance scientific knowledge on issues of importance for decision-making for Lyme management in Quebec. Overall, explicit decision analysis methods present themselves as an interesting systematic approach for the management of complex public health issues and particularly for emerging infectious diseases arising from human populations interacting with animals and the environment. Future steps should include an assessment of the applicability and usefulness of the proposed models for program-level decision support pertinent to the prevention and control of Lyme disease in Canada. Moreover, building on the outcome of this project, future projects should evaluate the utility of MCDA for structuring a formal decision analysis approach for other complex public health issues (e.g.: prevention of foodborne and waterborne diseases, antimicrobial resistance, influenza, and environmental health issues) as well as within various ongoing processes and prioritization settings targeting effective multi-sectoral engagement. The development of a methodological framework for MCDA model validation would also be of great interest for the public health sector.

Abbreviations

AEC, Animal and environmental health criteria; COMM, Communication model; CONT, Control model/Control interventions; SOC, Strategic, economic and operational criteria; HSSA, Health and Social Services Agency; MCDA, Multi-criteria decision analysis; PHC, Public health criteria; SIC, Social impact criteria; SUC, Surveillance criteria; SURV, Surveillance model/Surveillance interventions

Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contributions

JPW, DB and PM directed the study. All authors contributed to the study design. AGH, CA, KS, VH played lead roles in the data collection process. Data analysis was performed by CA, HDC, KS and VH with guidance from other authors. CA and VH wrote the first draft of the manuscript. JPW, DB, PM, AGH and HDC contributed to further drafts. All authors read and approved the final manuscript.

Acknowledgements

The authors would like to acknowledge the Direction régionale de la santé publique de la Montérégie, and the Quebec National Institute of Public Health (Institut national de santé publique du Québec), for their collaboration in this project. This project was funded by the Public Health Agency of Canada.

References

1. Woolhouse ME, Gowtage-Sequeria S: Host range and emerging and reemerging pathogens. *Emerg Infect Dis* 2005, 11(12):1842–1847.
2. Lee JW, McKibbin WJ: Estimating the global economic costs of SARS. In *Institute of Medicine (US) Forum on Microbial Threats*. Edited by Knobler S, Mahmoud A, Lemon S. Learning from SARS: Preparing for the Next Disease Outbreak: Workshop Summary. Washington (DC): National Academies Press (US); 2004. [<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK92473/>].
3. Guan Y, Smith GJ: The emergence and diversification of panzootic H5N1 influenza viruses. *Virus Res* 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.virusres.2013.05.012> [Epub ahead of print].
4. Ricketts MN: Public health and the BSE epidemic. *Curr Top Microbiol Immunol* 2004, 284:99–119.

5. Petersen LR, Brault AC, Nasci RS: West Nile virus: review of the literature. *JAMA* 2013, 310(3):308–315.
6. Sibbald B: Larvicide debate marks start of another West Nile virus summer. *CMAJ* 2003, 168(11):1455.
7. Anholt RM, Stephen C, Copes R: Strategies for collaboration in the interdisciplinary field of emerging zoonotic diseases. *Zoonoses Public Health* 2012, 59(4):229–240.
8. Zinsstag J, Schelling E, Wyss K, Mahamat MB: Potential of cooperation between human and animal health to strengthen health systems. *Lancet* 2005, 366(9503):2142–2145.
9. Public Health Agency of Canada: *One World One Health: From ideas to action - Report of the expert consultation.* ; 2009.
<http://aitoolkit.org/site/DefaultSite/filesystem/documents/OWOH%20Winnipeg%20July%202009%20version.pdf>.
10. Food and Agriculture Organisation, WHO, OIE, UNICEF, World Bank, UN System Influenza Coordination: *Contributing to One World, One Health, A strategic framework of reducing risks of infectious diseases at the Animal-Human-Ecosystems Interface.* ; 2008.
<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/aj137e/aj137e00.pdf>.
11. Behzadian M, Kazemadep RB, Albadvi A, Aghdasi M: PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. *Eur J Oper Res* 2010, 200(1):198–215.
12. Huang IB, Keisler J, Linkov I: Multi-criteria decision analysis in environmental sciences: ten years of applications and trends. *Sci Total Environ* 2011, 409(19):3578–3594.
13. Roy B: *Méthodologie multicritère d'aide à la décision.* Paris: Economica; 1985.
14. Brownson RC, Fielding JE, Maylahn CM: Evidence-based public health: a fundamental concept for public health practice. *Annu Rev Public Health* 2009, 30:175–201.
15. The Expert Panel on Approaches to Animal Health Risk Assessment: *Healthy animals, Healthy Canada.* Ottawa: Council of Canadian Academies; 2011.
16. Gamper CD, Turcanu C: On the governmental use of multi-criteria analysis. *Ecol Econ* 2007, 62(2):298–307.
17. Van Gennip CEG, Hulshof JAM, Lootsma FA: A multi-criteria evaluation of diseases in a study for public-health planning. *Eur J Oper Res* 1997, 99(2):236–240.
18. Baltussen R, Niessen L: Priority setting of health interventions: the need for multi-criteria decision analysis. *Cost Eff Resour Alloc* 2006, 4:14.

19. Bots PWHJA: Designing multi-criteria decision analysis processes for priority setting in health policy. *J Multi-Criteria Decis Anal* 2000, 9(1–3):56–75.
20. Jehu-Appiah C, Baltussen R, Acquah C, Aikins M, d’Almeida SA, Bosu WK, Koolman X, Lauer J, Osei D, Adjei S: Balancing equity and efficiency in health priorities in Ghana: the use of multicriteria decision analysis. *Value Health* 2008, 11(7):1081–1087.
21. Ng V, Sargeant JM: A stakeholder-informed approach to the identification of criteria for the prioritization of zoonoses in Canada. *PLoS One* 2012, 7(1):e29752.
22. Del Rio Vilas VJ, Voller F, Montibeller G, Franco LA, Sribhashyam S, Watson E, Hartley M, Gibbens JC: An integrated process and management tools for ranking multiple emerging threats to animal health. *Prev Vet Med* 2013, 108(2–3):94–102.
23. Nutt DJ, King LA, Phillips LD: Drug harms in the UK: a multicriteria decision analysis. *Lancet* 2010, 376(9752):1558–1565.
24. Briand S, Beresniak A, Nguyen T, Yonli T, Duru G, Kambire C, Perea W: Assessment of yellow fever epidemic risk: an original multi-criteria modeling approach. *PLoS Negl Trop Dis* 2009, 3(7):e483.
25. Youngkong S, Baltussen R, Tantivess S, Koolman X, Teerawattananon Y: Criteria for priority setting of HIV/AIDS interventions in Thailand: a discrete choice experiment. *BMC Health Serv Res* 2010, 10:197.
26. Baltussen R, Ten Asbroek AH, Koolman X, Shrestha N, Bhattarai P, Niessen LW: Priority setting using multiple criteria: should a lung health programme be implemented in Nepal? *Health Policy Plan* 2007, 22(3):178–185.
27. Milz G: *Beyond Ad-Hoc: An application of Multiple Criteria Decision Analysis in Emergency Planning and Response*. College of Design, Architecture, Art and Planning: University of Cincinnati; 2008.
28. Mourits M, Oude Lansink A: Multi-Criteria decision making to evaluate quarantine disease control strategies. In *New approaches to the Economics of Plant Health*. Wageningen: Springer; 2006:131–144.
29. Mourits MC, Van Asseldonk MA, Huirne RB: Multi Criteria Decision Making to evaluate control strategies of contagious animal diseases. *Prev Vet Med* 2010, 96(3–4):201–210.
30. Hongoh V, Hoen AG, Aenishaenslin C, Waaub JP, Belanger D, Michel P: Spatially explicit multi-criteria decision analysis for managing vector-borne diseases. *Int J Health Geogr* 2011, 10:70.
31. Ogden NH: The emergence of Lyme disease in Canada. *Can Med Assoc J* 2009, 12(180):1221–1224.

32. Ferrouillet C, Lambert L, Milord F: In *Consultation sur l'état actuel de la surveillance des zoonoses au Québec et son adéquation avec les changements climatiques et écologiques*. Edited by Institut National de Santé Publique du Québec. Quebec: Gouvernement du Québec; 2012:169.
33. *Lyme Disease Incidence Rates by State, 2002–2011*.
<http://www.cdc.gov/lyme/stats/chartstables/incidencebystate.html>.
34. Ogden NH, Artsob H, Lindsay LR, Sockett PN: Lyme disease: a zoonotic disease of increasing importance to Canadians. *Can Fam Physician* 2008, 54(10):1381–1384.
35. Ogden NH, Lindsay LR, Morshed M, Sockett PN, Artsob H: The rising challenge of Lyme borreliosis in Canada. *Can Commun Dis Rep* 2008, 34(1):1–19.
36. Ogden NH, Bigras-Poulin M, Hanincova K, Maarouf A, O'Callaghan CJ, Kurtenbach K: Projected effects of climate change on tick phenology and fitness of pathogens transmitted by the North American tick *Ixodes scapularis*. *J Theor Biol* 2008, 254(3):621–632.
37. Ogden NH, Bouchard C, Kurtenbach K, Margos G, Lindsay LR, Trudel L, Nguon S, Milord F: Active and passive surveillance and phylogenetic analysis of *Borrelia burgdorferi* elucidate the process of Lyme disease risk emergence in Canada. *Environ Health Perspect* 2010, 118(7):909–914.
38. *Structural Profile of Public Health in Canada*.
<http://www.ncchpp.ca/en/structuralprofile.aspx>.
39. Hayez Q, De Smet Y, Bonney J: D-Sight: A New Decision Making Software to Address Multi-Criteria Problems. *IGI Global* 2012, 4(4):1–23.
40. Brans JP, Mareschal B: The PROMETHEE GAIA decision support system for multicriteria investigations. *Investigation Operative* 1994, 4(2):107–117.
41. Brans: *L'ingénierie de la décision: élaboration d'instruments d'aide à la décision. La méthode PROMETHEE*. Quebec: Presses de l'Université Laval; 1982.
42. Figueira J, Greco S: *Ehrgott M (Eds.): Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. New York: Springer; 2005.
43. Morestin F, Gauvin F, Hogue M, Benoit F: *Method for synthesizing knowledge about public policies*. ; 2011. http://www.ncchpp.ca/docs/MethodPP_EN.pdf.
44. Qureshi ME, Harrison SR, Wegener MK: Validation of multicriteria analysis models. *Agr Syst* 1999, 62(2):105–116.
45. Figueira J, Roy B: Determining the weights of criteria in the ELECTRE type methods with a revised Simos' procedure. *Eur J Oper Res* 2002, 139(2):317–326.

46. Jagosh J, Macaulay AC, Pluye P, Salsberg J, Bush PL, Henderson J, Sirett E, Wong G, Cargo M, Herbert CP, *et al*: Uncovering the Benefits of Participatory Research: Implications of a Realist Review for Health Research and Practice. *Milbank Q* 2012, 90(2):311–346.
47. Solberg VB, Miller JA, Hadfield T, Burge R, Schech JM, Pound JM: Control of *Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae) with topical self-application of permethrin by white-tailed deer inhabiting NASA, Beltsville. *Maryland. J Vector Ecol* 2003, 28(1):117–134.
48. Daniels TJ, Fish D, Falco RC: Evaluation of host-targeted acaricide for reducing risk of Lyme disease in southern New York state. *J Med Entomol* 1991, 28(4):537–543.
49. Dolan MC, Maupin GO, Schneider BS, Denatale C, Hamon N, Cole C, Zeidner NS, Stafford KC 3rd: Control of immature *Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae) on rodent reservoirs of *Borrelia burgdorferi* in a residential community of southeastern Connecticut. *J Med Entomol* 2004, 41(6):1043–1054.
50. Thanassi WT, Schoen RT: The Lyme disease vaccine: conception, development, and implementation. *Ann Intern Med* 2000, 132(8):661–668.

Adaptation and evaluation of a multi-criteria decision analysis model for Lyme disease prevention*

Cécile Aenishaenslin^{1,6}, Lise Gern³, Pascal Michel^{1,2}, André Ravel⁶, Valérie Hongoh^{1,6}, Jean-Philippe Waaub⁵, François Milord⁴, Denise Bélanger^{1,6}

¹ Research Group on Epidemiology of Zoonoses and Public Health, Pavillon de la santé publique, Faculté de médecine vétérinaire, Université de Montréal, CP 5000, Saint-Hyacinthe, J2S 7C6, Québec, Canada

² Laboratory for Foodborne Zoonoses, Public Health Agency of Canada, CP 5000, Saint-Hyacinthe, J2S 7C6, Québec, Canada

³ Laboratoire d'Eco-Épidémiologie, Institut de Biologie, Université de Neuchâtel, 11 Émile-Argand, CP 158, 2009 Neuchâtel, Suisse

⁴ Institut national de santé publique du Québec, 1255 Beauregard, Longueuil, J4K 2M3, Québec, Canada

⁵ Group for Research in Decision Analysis (GERAD), 3000 Côte-Sainte-Catherine, Montréal, H3T 2A7, Québec, Canada

⁶ Département de pathologie et microbiologie, Faculté de médecine vétérinaire, Université de Montréal, CP 5000, Saint-Hyacinthe, J2S 7C6, Québec, Canada

*Article publié : Aenishaenslin C, Gern L, Michel P, Ravel A, Hongoh V, et al. (2015) Adaptation and Evaluation of a Multi-Criteria Decision Analysis Model for Lyme Disease Prevention. PLoS One 10: e0135171. Disponible: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4546612/>

Abstract

Designing or assessing preventive programs relevant to vector-borne diseases such as Lyme disease (LD) can be complex given the need to include multiple issues and perspectives into prioritizing public health actions. A multi-criteria decision aid (MCDA) model was previously used to rank interventions for LD prevention in Quebec, Canada, where the disease is emerging but where the incidence is still relatively low. The aim of the current study was to adapt and evaluate the decision model constructed in Quebec under a different epidemiological context, in Switzerland, where LD has been endemic for the last thirty years. The model adaptation was undertaken with a group of Swiss stakeholders using a participatory approach. The PROMETHEE method was used for multi-criteria analysis. Results and proposed modifications to the key elements (decision criteria, interventions, the criteria's weights) of the MCDA model resulting from this exercise are described and contrasted with the Quebec model.

All criteria and most interventions of the MCDA model developed for LD prevention in Quebec were directly transferable to the Swiss context. Four new decision criteria were added, and the list of proposed interventions was modified. Based on the overall group ranking, interventions targeting human populations were prioritized in the Swiss model, with the top ranked action being the implementation of a large communication campaign, an intervention which was added in the Swiss model. The addition of criteria did not significantly alter the intervention rankings, but increased the capacity of the model to discriminate between highest and lowest ranked interventions.

The current study suggests that beyond the specificity of the MCDA models developed for Quebec and adapted for Switzerland, their general structure captures the fundamental and common issues that characterize the complexity of vector-borne disease prevention. These results should encourage public health organizations to adapt, use and share MCDA models as an effective and functional approach to enable the integration of multiple perspectives and considerations in the prevention and control of complex public health issues such as Lyme disease or other vector-borne and zoonotic diseases.

Keywords: Lyme disease, Lyme borreliosis, Vector-borne diseases, Tick-borne diseases, Zoonoses, decision analysis, One health, MCDA, Multi-criteria decision analysis, Prevention.

Background

In the context of global climate changes, zoonotic and vector-borne diseases may intensify their threat to human health (Gage, Burkot et al. 2008). Lyme disease (LD) is a good example of a complex disease that is affected by global changes, including climate disruption and changing landscapes (Randolph 2001; Randolph 2004; Brownstein, Holford et al. 2005; Brownstein, Skelly et al. 2005). Transmitted to humans by a tick bite, LD is caused by the bacteria *Borrelia burgdorferi* sensu lato whose reservoirs include wild animals such as small rodents and various bird species (Stanek, Wormser et al. 2012). Its main geographic distribution is Eurasia and North America. It is currently the most frequent vector-borne disease in temperate countries on Northern hemisphere with incidence rising in many of them. In Europe, about 85,000 cases are reported annually (WHO 2006) and a recent adjusted estimation evaluates that the number of cases per year could reach 300,000 in the United States (CDC 2013). LD vectors have been increasingly found in new northern locations, such as in South-Eastern Canada, where *Ixodes scapularis* ticks have recently become established and where LD is emerging (Ogden, Artsob et al. 2008; Ogden, Lindsay et al. 2008).

LD preventive strategies can be divided into actions targeting human populations, such as the promotion of individual preventive behaviors through enhanced public health communications or the development of a vaccine against LD, and actions that aim to reduce the exposure of individuals by reducing tick density in the environment (Poland 2001; Poland and Jacobson 2001; Piesman 2006; Piesman and Eisen 2008; Mowbray, Amlot et al. 2012). For this second category of actions, several interventions have been tested in experimental settings or in the field, and include actions that directly target tick populations via the use of acaricides or landscaping, and indirect actions that target wild animals which are hosts of the vector and/or reservoirs of the agent, such as the reduction of deer density, the treatment of deer against ticks, the treatment of small rodents against ticks and the vaccination of rodents against *Borrelia* sp (environmental preventive measures against LD are reviewed in Piesman and Eisen (Piesman and Eisen 2008)). While most public health efforts have been focused on promoting individual preventive measures in the populations at risk in affected countries, no clear consensus has been reached among experts and public health professionals as to what constitute the best practices for LD prevention. One reason for this is that the majority of proposed strategies may have potential impacts which can be conflicting with their positive

effects on human health, such as high public costs, unknown public acceptability, complex implementation and uncertain efficacy to reduce LD incidence (Aenishaenslin, Hongoh et al. 2013).

Prevention and control of zoonoses and vector-borne diseases such as LD is a complex challenge that needs to be addressed with a systemic and transdisciplinary approach. Multi-criteria decision aid (MCDA) tools comes from the field of decision sciences and have been used to prioritize and rank public health interventions, including preventive interventions for zoonoses and vector-borne diseases (Aenishaenslin, Hongoh et al. 2013; Del Rio Vilas, Burgeno et al. 2013; Marsh, Dolan et al. 2013). Several multi-criteria analysis methodologies exist to study different types of problems (Roy 1985), including for ranking multiple options based on a list of decision criteria, for which the PROMETHEE method (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations) has been widely used (Brans, Vincke et al. 1986; Behzadian, Kazemaddeh et al. 2010). PROMETHEE method is in the family of outranking methods in MCDA and can be understood as a 10-step systematic process which can be broadly divided into two phases (Aenishaenslin, Hongoh et al. 2013). First, the 'problem structuring' phase leads to the building of a MCDA matrix that allows the evaluation of a list of possible options according to a list of decision criteria. The criteria should be exhaustive, coherent and non-redundant and should represent all important issues as identified by concerned stakeholders in relation to the problem. The measurement scale of the criteria can be either quantitative or qualitative, a flexibility that permits the incorporation of expert assessment whenever literature or field-supported data are missing on an aspect of the problem. The criteria can be weighted by different stakeholders according to the criteria's relative importance in the decision process. Second, the 'decision analysis' phase proceeds to pair-wise comparisons to produce several outputs with the objective of facilitating decision-making, including stakeholder and overall group rankings of options. Option profiles and decision maps (GAIA plans (Mareschal and Brans 1988)) are outputs that are useful for visualizing points of convergence and divergence points among stakeholders across the range of issues captured by the identified criteria.

Aenishaenslin and colleagues (Aenishaenslin, Hongoh et al. 2013) used MCDA to prioritize actions for LD surveillance, prevention and control in the province of Quebec, Canada, in an epidemiological context of LD emergence with low global incidence. One of the main conclusions made by the authors was that a part of the models parameters, and particularly

the list of criteria, could be seen as a generic structure for other vector-borne and zoonotic disease management contexts.

Based on this hypothesis, the aim of the current study was to evaluate the applicability of the MCDA model for LD preventive interventions previously developed in Quebec in a different epidemiological context. More precisely, we had the objective to identify parameters that were directly transferable and those that needed to be modified to capture issues specific to the new context. For this purpose, Switzerland was chosen as a result of its contrasting LD epidemiological situation. In this country, LD has been endemic for over thirty years with a high incidence of 83 cases per 100,000 inhabitants estimated in 2010 (Swiss Federal Public Health Office, 2011). LD ecology differs between Europe and North America with a greater diversity of species that can be reservoir of the bacteria, hosts species of the vector and the primary tick vector, *Ixodes ricinus*, generally found in European regions (Piesman and Gern 2004). Despite this, the majority of the recommended preventive strategies are believed to be applicable in both contexts. A secondary objective of the study was to contrast the main results produced with the Swiss MCDA model with those of the Quebec MCDA model (Aenishaenslin, Hongoh et al. 2013).

Material and methods

Adaptation of the MCDA model for the Swiss context

As per Aenishaenslin and al. (2013), a MCDA model was developed to prioritize LD preventive interventions in the province of Québec, Canada, as part of a larger project leading to the development of several MCDA models related to LD management (Aenishaenslin, Hongoh et al. 2013). This Quebec MCDA model included a comprehensive list of 12 criteria spread across four general categories (public health, animal and environmental health, social impacts and economic, strategic and operational impacts) that were weighted by eight stakeholders (experts from academic and public organisations). Sixteen preventive interventions were proposed targeting either human or tick populations and evaluated over all identified criteria to produce a performance matrix (or MCDA matrix). Multi-criteria analysis (PROMETHEE method) produced a number of results, including a group ranking of the prioritized interventions (Aenishaenslin, Hongoh et al. 2013).

For the current study, a participatory process was undertaken with a group of Swiss stakeholders. Members of the National Reference Centre for Tick-Borne Diseases were invited to participate in the process (National Reference Centre for Tick-Borne Diseases 2015). At the time of the study, this center was mandated to provide recommendations for LD and other tick-borne diseases prevention in Switzerland and its members included representatives of governmental, academic and civic organisations concerned by these issues. Nine members participated in the study (Table XX). Informed written consent was obtained for all participants. This procedure and the study protocol was reviewed and approved by the Ethical Committee for Health Research of the University of Montreal (CERES).

The participating stakeholders were asked to act as the voice of their organisation, and invited to consult with other members of their organisation in order to validate the list of criteria, their measurement scales, and the list of interventions to be included in the model as well as their criteria weighting scheme. A focus group and individual follow-up interviews with those unable to attend the initial focus group (n=2) were conducted between May and August 2012 to collect their input. Criteria weighting was performed by each stakeholder by distributing 100 points among the finalized list of criteria via an Excel spreadsheet tool (Microsoft Excel software version 2007). They had the choice of two strategies to perform the weighting: they were asked to divide the 100 points among the 16 criteria, or to divide 100 points among the four main categories of criteria, and then to divide the points to the sub-criteria. The tool developed to perform the weighting automatically calculated the weights by category of criteria, and the weights for each individual criterion, as the stakeholders completed the calculation sheet. They were asked to verify whether their final weights per category and per individual criteria truly represented their perceived relative importance.

The evaluation of the performance of proposed interventions over all criteria was done based on a modified version of the Quebec dataset, adapted to the Swiss context. This step consisted of evaluating the performance score of each intervention for each criterion according to its measurement scale. Data from the literature were updated and new data were incorporated for modified interventions and criteria. Evaluations that needed contextual information, such as the level of complexity in the implementation of an intervention and the impact on an organisation's credibility, were validated and/or modified by the stakeholder group.

Table XX. Composition of the Swiss stakeholder group

| Organisations (number of stakeholders) |
|---|
| Swiss federal office of Public Health (1) |
| Swiss federal veterinary office (1) |
| Diagnostic Laboratory Experts (2) |
| Neuchâtel canton medical officer (1) |
| Swiss National Accident Insurance Fund representative (1) |
| Lyme disease patient advocacy group representative (1) |
| Academic experts (2) |

Multi-criteria analysis

Multi-criteria analysis were conducted using D-Sight Software (version 4.2.0), using the PROMETHEE method (Brans, Vincke et al. 1986; Brans and Mareschal 1994). The PROMETHEE method performs pair-wise comparisons of each intervention's performance based on a preference function to compute a net outranking flows, refer to as 'scores' in this study, that enable group rankings of a list of interventions. Algorithms used to calculate these scores, as well as a review of PROMETHEE method applications, can be found in Behzadian and colleagues (Behzadian, Kazemaddeh et al. 2010). PROMETHEE method also enables to perform individual rankings for each stakeholder. This can help each stakeholder to better understand his/her position and preferences with regard to the group, and can be an interesting tool to negotiate with other stakeholders regarding a decision. Individual rankings are not presented in this paper.

For this study, group rankings were computed under two different scenarios: the first consisting of all criteria defined by the Swiss stakeholders (scenario A), and the second consisting only of the criteria identified in the original Quebec model (scenario B). The complete modified list of interventions was used for both scenarios. For scenario B, Swiss stakeholder's weights were normalized to total 100 points in order to keep the size of the relative importance of the remaining criteria. This was done to improve the comparison between countries. Group rankings were computed using specific algorithms based on a pair wise method of analysis to calculate scores for each intervention according to its performance on all criteria and on all stakeholders weighting scheme (Hayez, De Smet et al. 2012). Intervention scores represent the relative performance of an intervention with respect to

another, and as such scores do not have individual meanings by themselves. Analyses were conducted using a preference function with a linear scale for all criteria.

A GAIA (Geometrical Analysis for Interactive Aid) decision map was produced to visually assess the level of agreement between stakeholders under scenario A. GAIA decision maps are graphical tools of the PROMETHEE method that can be generated by the D-Sight Software (Mareschal and Brans 1988; Hayez, De Smet et al. 2012). They are two-dimensional representation of a stakeholder's position around a decision axis (in red) representing the direction of the 'best' interventions (positioned around this axis), based on the evaluation of intervention performances over all criteria combined with stakeholders group weighting schemes. The proximity of stakeholder's positions to one another indicates proximity in their overall preferences for specific decision criteria. This graphical representation can thus be used to identify convergence and divergence (in other words, the level of agreement) between stakeholders. Results were discussed with Swiss stakeholders during a second focus group conducted in November 2014 to validate the representativeness of the final model in the Swiss context. Eight out of the original nine stakeholders participated.

Comparative analysis

Three elements of the decision model were specifically selected to evaluate the adaptability of the model from the Quebec to the Swiss context: 1) the list of identified criteria and 2) the list of selected interventions, and 3) the group rankings in scenario A and B. The group ranking in both scenarios were compared qualitatively to assess whether criteria added in the Swiss model had a significant impact on the resulting group ranking or not. Stakeholders weighting schemes between the two countries were also compared using normalized weights under scenario B (only Quebec model criteria) for the Swiss stakeholders. Overall group rankings were also compared between country models.

Results

The 12 original criteria from the Quebec model were considered as important and were retained in the model without modification. In addition, the Swiss stakeholders suggested four new criteria, for a total of 16 criteria. The efficacy of the intervention to reduce the incidence of

disseminated LD cases was added to the 'public health' category of criteria (disseminated LD cases represents the subset of cases for which the infection has become systemic, resulting generally in a more severe illness). The ability of the intervention to raise the level of public awareness was added to the 'social impacts' category. The sustainability of the intervention's effect and the level of coherence within the European strategy to prevent LD were added to the 'economic, operational and strategic' category (Table XXI). The description of measurement scales for each criterion can be found in Table XXII.

Table XXI. Original and new criteria included in the Swiss model

| Category | Original criteria from the Quebec model | New criteria added in the Swiss model |
|---|--|---|
| Public health criteria (PHC) | PHC1 Reduction in incidence of human cases PHC2 Reduction in entomological risk PHC3 Impacts of adverse health effects | PHC4 Reduction in incidence of disseminated LD human cases |
| Animal and environmental health criteria (AEC) | AEC 1 Impact on habitat AEC 2 Impact on wildlife | None |
| Social impact criteria (SIC) | SIC 1 Level of public acceptance SIC 2 Proportion of population benefitting from intervention | SIC3 Level of public awareness |
| Strategic, economic and operational impact criteria (SEC) | SEC1 Cost to the public sector SEC2 Cost to the private sector SEC3 Delay before results SEC4 Complexity SEC5 Impact on organisation's credibility | SEC6 Sustainability of effect SEC7 Level of coherence with the European strategies |

The list of potential interventions was modified following discussion with stakeholders. Six interventions were removed, two were modified and two new interventions were added, resulting in a final list of 13 interventions labeled INTO to INT12 (see Table XXIII: modification details and justifications). The resulting performance matrix can be found in Table XXIV. During the second focus group meeting held in November 2014, all stakeholders agreed that the modified model (criteria, interventions and performance matrix) was representative of important issues relative to LD prevention in Switzerland.

Table XXII. Measurement units for all selected criteria

| Criteria | Measurement units |
|--|--|
| PHC1 Reduction in incidence of human cases | 0: Nil; 1: Low; 2: Moderate; 3: High |
| PHC2 Reduction in entomological risk | 0: Nil; 1: Low; 2: Moderate; 3: High |
| PHC3 Impacts of adverse health effects | 0: Nil; 1: Indirect effects on mental or social health; 2: Direct effects on physical health |
| PHC4 Reduction in incidence of disseminated LD human cases | 0: Nil; 1: Reduction of LD cases in general; 2: Reduction of disseminated cases specifically |
| AEC 1 Impact on habitat | $Surface * Sensitivity * Intensity^1$ Surface : 1: Nil; 2: Small scale; 3: Large scale Sensitivity: 1: Nil; 2: Land ; 3: Water ; 4: Land and water Intensity: 1: Nil; 2: Fences; 3: Mowing; 4: Acaricides; 5: Removal of vegetation or burning |
| AEC 2 Impact on wildlife | $Number * Species * Intensity^2$ Number : 1 : Nil; 2 : effect on specific species; 3 : Effect on several species Species: 1: Nil. 2: low valued species; 3: Highly valued species Intensity: 1: No effect; 2: Morbidity; 3: Mortality |
| SIC 1 Level of public acceptance | 1: Nil; 2: Low; 3: Moderate; 4: High |
| SIC 2 Proportion of population benefitting from intervention | 1 : <25%; 2 : 25-50%; 3 : 50-75%; 4 : >75% |
| SIC3 Level of public awareness | 0: Nil. The intervention targets the reduction in tick density; 1: Low. The intervention targets human populations but does not have the objective to raise the awareness; 2: Moderate. The intervention has the objective to raise awareness in a passive way; 3: High. The intervention has the objective to raise awareness in an active way. |
| SEC1 Cost to the public sector | 0: Nil; 1: Low; 2: Moderate; 3: High |
| SEC2 Cost to the private sector | 0: Nil; 1: Low; 2: Moderate; 3: High |
| SEC3 Delay before results | 1: Days; 2: Weeks; 3: Months; 4 : Years |
| SEC4 Complexity | 1: Simple (Minor institutional changes); 2: Intermediate (necessitates new hires); 3: Moderate Necessitates new work teams in one sector of intervention; 4: Complex (requires inter-sectoral/inter-institutional changes); 5: Very complex (necessitates creation of new structures or organisations) |
| SEC5 Impact on organisation's credibility | 0: Nil; 1: Low; 2: Moderate; 3: High |
| SEC6 Sustainability of effect | 1: Low. The intervention must be re-applied for a long-term effect; 2: Moderate. The intervention must be maintained for a time before the appearance of an effect, but the effect lasts for a long time; 3: High. The effect lasts for a long time without the need to re-apply the intervention. |
| SEC7 Level of coherence with the European strategies | 0: Nil. The intervention is not recommended by European authorities; 1: the intervention is recommended by the European authorities. |

Table XXIII. Swiss modifications made to the original list of proposed interventions

| Category | Original interventions | Modification and justification | Modified list of interventions |
|----------------|---|--|---|
| Human targeted | Status quo, i.e. basic preventive communication on LD risk through official websites. | Kept in the model. | INT0 Status quo |
| | Excluding people from high-risk public areas | Modified for: Reduction of human visits to high-risk public areas via the use of fences or prohibitive signs High level of concern of public acceptance in case of formal interdiction. Complete exclusion from high-risk areas may be difficult given that LD is endemic in all Swiss territory under 1500 m asl. | INT1 Reduction of human visits to high-risk public areas via the use of fences or prohibitive signs |
| | Human vaccination (Shen, Mead et al. 2011) | Kept in the model. Not currently available, but a possible future option. | INT2 Human vaccination |
| | - | Addition of: Large communication campaign (Daltroy, Phillips et al. 2007; Mowbray, Amlot et al. 2012) A large communication campaign would be interesting in Switzerland given that all territory is considered as endemic for LD under 1500 m asl. | INT3 Large communication campaign |
| | Making available special Lyme disease diagnostic/treatment clinic(s) | Modified in two different interventions: Making available special clinics for diagnosis of complex cases: Improve laboratory diagnostic of complex LD cases. Making available special clinics for complex LD cases management: Improve management of complex LD cases. One main concern in Switzerland was to reduce the incidence of complex LD cases such as neuroborreliosis. | INT4 Making available special clinics for diagnosis of complex cases INT5 Making available special clinics for complex LD cases management |
| | - | Addition of: Learning sessions for physicians One main concern in Switzerland was to reduce the incidence of complex LD cases such as neuroborreliosis. Enhancing physician competencies may improve LD diagnosis, reduce the incidence of complex LD cases and strengthen the management of complex LD cases. | INT6 Learning sessions for physicians |

Table XXIII. Continued

| Category | Original interventions | Modification and justification | Modified list of interventions |
|--|--|--|--|
| Vectors targeted through environmental interventions | Small scale acaricide application to kill free-living ticks (Piesman 2006) | Kept in the model. | INT7 Small scale acaricide application |
| | Large scale acaricide application to kill free-living ticks | Removed. Large-scale interventions should not be considered for the Swiss context given the limited superficies of wooded areas in the country, and the great value put on the protection of the environment. | - |
| | Small scale landscaping (removal of tick habitats) (Poland 2001; Brei, Brownstein et al. 2009) | Kept in the model. | INT8 Small scale landscaping |
| | Large scale Landscaping (removal of tick habitats) | Removed. Large-scale interventions should not be considered for the Swiss context given the limited superficies of wooded areas in the country, and the great value put on the protection of the environment. | - |
| | Application of desiccants / insecticidal soap | Removed. This intervention was considered as non-applicable in Switzerland, given the great value put on the protection of the environment. | - |
| Vectors targeted through hosts interventions | Installation of devices for topical acaricide application to deer ('4-poster' device) (Solberg, Miller et al. 2003; Schulze, Jordan et al. 2009) | Kept in the model. | INT9 '4-poster' device |
| | Feed-administered ivermectin to deer at bait stations to control ticks | Removed. The '4-poster' device was considered as a better option for targeting deer. | - |
| | Deer hunting (Deblinger, Wilson et al. 1993) | Kept in the model. | INT10 Deer hunting |
| | Deer culling | Removed. High level of concern of public acceptance. | - |
| | Bait boxes to deliver a passive application of fipronil to rodents ('Damminix' devices) ^(Dolan, Maupin et al. 2004) | Removed. The 'Damminix' device was considered as a better option for targeting rodents. | - |
| | Exclusion of deer by fencing (Daniels, Fish et al. 1993) | Kept in the model. | INT11 Exclusion of deer by fencing |
| | 'Damminix' device (Daniels, Fish et al. 1991) | Kept in the model. | INT12 'Damminix' device |

Table XXIV. Performance matrix of the model adapted for Switzerland.

| | PHC1 | PHC2 | PHC3 | PHC4 | AEC1 | AEC2 | SIC1 | SIC2 | SIC3 | SEC1 | SEC2 | SEC3 | SEC4 | SEC5 | SEC6 | SEC7 |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| INT0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 3 | 4 | 2 | 1 | 0 | 3 | 1 | 1 | 3 | 1 |
| INT1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 0 |
| INT2 | 2 | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 | 3 | 4 | 1 | 1 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 0 |
| INT3 | 3 | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 | 4 | 4 | 3 | 2 | 0 | 2 | 3 | 2 | 2 | 1 |
| INT4 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 | 4 | 3 | 1 | 1 | 2 | 2 | 4 | 2 | 2 | 0 |
| INT5 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 | 4 | 3 | 1 | 1 | 2 | 2 | 4 | 2 | 2 | 0 |
| INT6 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 | 4 | 4 | 0 | 1 | 1 | 4 | 1 | 2 | 2 | 1 |
| INT7 | 2 | 3 | 2 | 1 | 16 | 12 | 1 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 4 | 3 | 1 | 0 |
| INT8 | 2 | 3 | 0 | 1 | 12 | 4 | 1 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 4 | 3 | 1 | 0 |
| INT9 | 2 | 3 | 2 | 1 | 3 | 12 | 3 | 2 | 0 | 2 | 1 | 4 | 4 | 2 | 1 | 0 |
| INT10 | 1 | 2 | 2 | 1 | 3 | 18 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 4 | 3 | 3 | 1 | 0 |
| INT11 | 1 | 2 | 1 | 1 | 12 | 6 | 1 | 2 | 0 | 2 | 2 | 4 | 3 | 4 | 1 | 0 |
| INT12 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 8 | 3 | 2 | 0 | 2 | 1 | 3 | 4 | 2 | 1 | 0 |

Weights per category and specific criteria varied according to stakeholders (Table XXV). For 7 out of 9 stakeholders, the highest weight was given to the public health category, but other category weights varied greatly between stakeholders. Figure 12 shows the distribution of criteria weights for Swiss and Quebec stakeholders from the Quebec model for scenario B (showing only criteria included in the Quebec model). Figure 12 highlights the variation in weight distribution between Swiss and Quebec stakeholders, and shows how for seven criteria out of twelve, the weight range was larger among Swiss stakeholders. The largest variation can be observed for criteria ‘Adverse public health effect’ (PH3), where Swiss stakeholders weights ranged from 3 to 40, compared to a weight range of only 6 to 12 by Quebec stakeholders (Aenishaenslin, Hongoh et al. 2013).

Table XXV. Stakeholder weights by category and for criteria

| | | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S6 | S7 | S8 | S9 |
|-----------------------------|--|-----|------|-----|-----|------|------|------|------|----|
| Category weights | Public health criteria (PHC) | 33 | 48 | 35 | 80 | 59.8 | 40.0 | 25 | 50 | 40 |
| | Animal and environmental health criteria (AEC) | 16 | 20 | 20 | 5 | 2 | 20 | 25 | 10 | 10 |
| | Social impact criteria (SIC) | 18 | 23.2 | 25 | 5 | 20.6 | 26 | 25 | 15 | 20 |
| | Strategic, economic and operational impact criteria (SEC) | 33 | 8.8 | 20 | 10 | 17.7 | 14 | 25 | 25 | 30 |
| Individual criteria weights | PHC1 Reduction in incidence of human cases | 16 | 30 | 3.5 | 40 | 15 | 10 | 17.5 | 25 | 14 |
| | PHC2 Reduction in entomological risk | 6.6 | 5 | 8.8 | 0 | 0.6 | 10 | 0 | 2.5 | 4 |
| | PHC3 Impacts of adverse health effects | 5 | 10 | 8.8 | 40 | 9 | 10 | 2.5 | 12.5 | 8 |
| | PHC4 Reduction in incidence of disseminated LD human cases | 5 | 3 | 14 | 0 | 35.3 | 10 | 5 | 10.0 | 14 |
| | AEC1 Impact on habitat | 8 | 10 | 10 | 0.5 | 1 | 10 | 12.5 | 5.0 | 5 |
| | AEC2 Impact on wildlife | 8 | 10 | 10 | 4.5 | 1 | 10 | 12.5 | 5.0 | 5 |
| | SIC 1 Level of public acceptance | 4.5 | 6.8 | 7.5 | 0.8 | 7.2 | 9 | 2.5 | 6.0 | 6 |
| | SIC 2 Proportion of population benefitting from intervention | 9 | 4.4 | 7.5 | 3.5 | 6.2 | 9 | 2.5 | 3.0 | 6 |
| | SIC3 Level of public awareness | 4.5 | 12 | 10 | 0.8 | 7.2 | 8 | 20 | 6.0 | 8 |
| | SEC1 Cost to the public sector | 1.7 | 0.5 | 3 | 1.5 | 2.6 | 2 | 0 | 1.3 | 3 |
| | SEC2 Cost to the private sector | 1.7 | 0 | 2.4 | 1 | 2.6 | 2 | 0 | 1.3 | 3 |
| | SEC3 Delay before results | 1.7 | 0.5 | 1 | 0 | 0.9 | 2 | 2.5 | 2.5 | 3 |
| | SEC4 Complexity | 5 | 0.5 | 0.6 | 3 | 1.8 | 2 | 0 | 6.3 | 3 |
| | SEC5 Impact on organisation’s credibility | 6.6 | 6.8 | 5 | 3 | 7.1 | 2 | 2.5 | 3.8 | 6 |
| | SEC6 Sustainability of effect | 9.9 | 0.5 | 6 | 1 | 1.8 | 2 | 17.5 | 6.3 | 6 |
| | SEC7 Level of coherence with the European strategies | 6.6 | 0 | 2 | 0.5 | 0.9 | 2 | 2.5 | 3.8 | 6 |

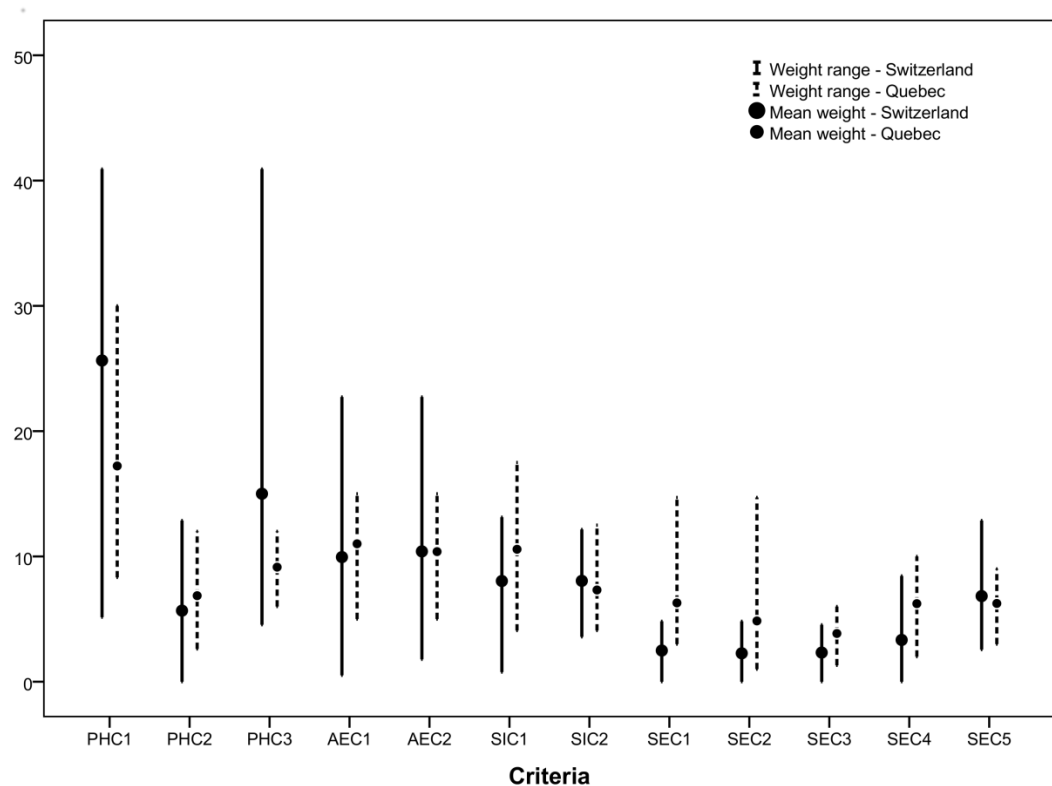


Figure 12. Distribution of weights for Swiss (dark lines. n=9) and Quebec (dotted lines. n=8) stakeholders for the 12 original criteria (PHC1 Reduction in incidence of human cases; PHC2 Reduction in entomological risk; PHC3 Impacts of adverse health effects; AEC1 Impact on habitat; AEC2 Impact on wildlife; SIC1 Level of public acceptance; SIC2 Proportion of population benefitting from intervention; SEC1 Cost to the public sector; SEC2 Cost to the private sector; SEC3 Delay before results; SEC4 Complexity; SEC5 Impact on organisation’s credibility)

The overall group ranking performed under scenario A (all criteria) shows that one intervention clearly outperforms all the others: ‘Large communication campaign’ (INT3), as the preferred intervention, with a score of 81, followed by ‘Status quo’ (INT0) (score=65) and ‘Reduction of human visits to high-risk public areas via the use of fences or prohibitive signs’ (INT1) (score=58.5) (Table XXIV). All interventions targeting human populations (INT0 to INT6) were positioned in a higher rank than interventions from other categories (INT7 to INT12, targeting ticks through direct or indirect actions) (Table XXIV). The first top two ranked interventions, INT3 and INT0, were the same under both scenarios A and B (Table XXVI, Figure 13). When ranks were compared under scenarios A and B, we observed that the most important differences in rank orderings were found for interventions ‘Special clinics for

diagnosis of complex cases’ (INT4) and ‘Special clinics for complex cases management’ (INT5), which moved from position 4 in scenario A to position 7 in scenario B (Table XXVI, Figure 13 part A and B). ‘Human vaccination’ (INT2) gained two positions and moved from position 5 in scenario A to position 3 in scenario B. All other interventions changed by no more than one position in the order of ranking.

Table XXVI. Group ranking of interventions under scenario A (all criteria) and B (Swiss criteria removed and weights normalized for all stakeholders)

| Interventions | Scenario A Considering all criteria | | Scenario B Considering only Quebec model criteria | |
|---|---|-------|--|-------|
| | Rank | Score | Rank | Score |
| INT3 Large communication campaign | 1 | 81 | 1 | 71 |
| INT0 Status quo | 2 | 65 | 2 | 60 |
| INT1 Reduction of human visits to high-risk public areas | 3 | 58.5 | 4 | 55.5 |
| INT4 Making available special clinics for diagnosis of complex cases | 4 | 57.5 | 7 | 51 |
| INT5 Making available special clinics for complex LD cases management | 4 | 57.5 | 7 | 51 |
| INT2 Human vaccination | 5 | 57 | 3 | 56.5 |
| INT6 Learning sessions for physicians | 6 | 55.5 | 5 | 53.5 |
| INT8 Small scale landscaping | 7 | 45.5 | 6 | 51 |
| INT9‘4-poster’ device | 8 | 40.5 | 9 | 46.5 |
| INT7 INT7 Small scale acaricide application | 9 | 35 | 8 | 41 |
| INT12‘Damminix’ device | 10 | 33.5 | 12 | 39.5 |
| INT11 Exclusion of deer by fencing | 11 | 31.5 | 10 | 37 |
| INT10 Deer hunting | 12 | 31 | 11 | 37 |

Note: Scores showed in this table are transformed net flows produced by PROMETHEE method as produced by D-sight software (Hayez, De Smet et al. 2012)

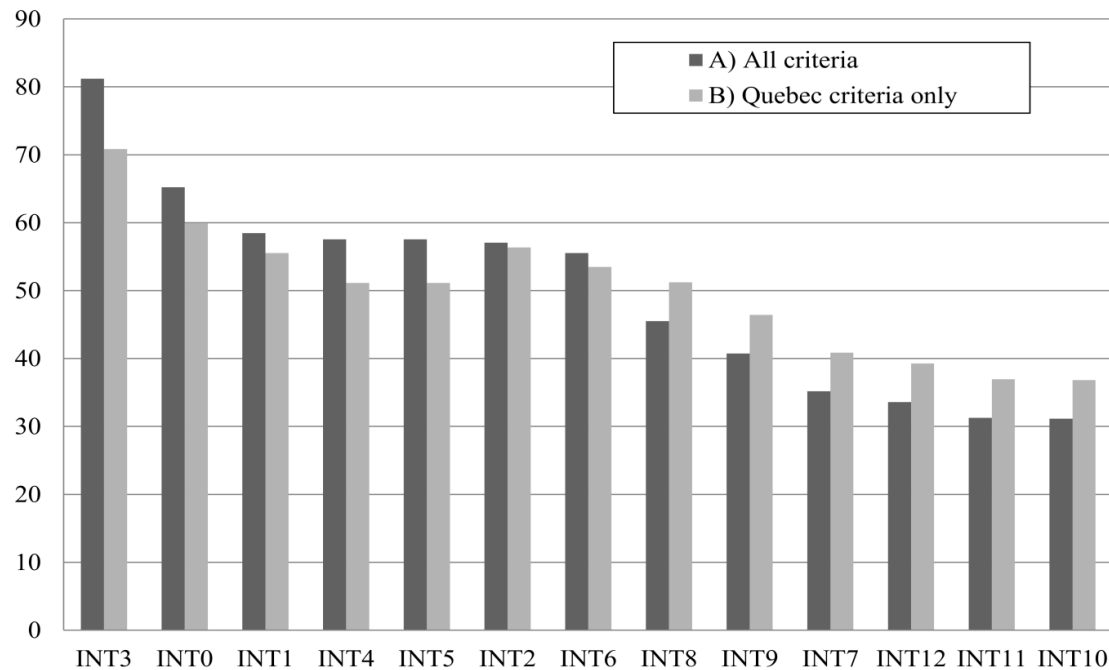


Figure 13. Effect of Swiss criteria removal on intervention scores (Y axis). In scenario (A), the overall group ranking considered all criteria from the Swiss model and in scenario (B). The overall group ranking considered only the original criteria from the Quebec model. The model becomes less discriminating between the “best” and “worst” interventions when Swiss criteria are removed (INT0 Status quo; INT1 Reduction of human visits to high-risk public areas via the use of fences or prohibitive signs; INT2 Human vaccination; INT3 Large communication campaign; INT4 Making available special clinics for diagnosis of complex cases; INT5 Making available special clinics for complex LD cases management; INT6 Learning sessions for physicians; INT7 Small scale acaricide application; INT8 Small scale landscaping; INT9 ‘4-poster’ device; INT10 Deer hunting; INT11 Exclusion of deer by fencing; INT12 ‘Damminix’ device)

One second observation is that the range between maximum and minimum scores of interventions decreases from scenario A (maximum score=81 and minimum score=31) to scenario B (maximum score=71 and minimum score=37). The score of an intervention calculated with the PROMETHEE method can be considered as a numerical representation of 'how well' an intervention outranks the others, considering its intrinsic performance on each criterion and all stakeholders weighting schemes. Globally, higher an intervention scores when compared to other intervention's scores, more performant it is relatively to the others. On the contrary, if all interventions scores are closed to each other, it is harder to identify clearly interventions that truly outrank the other's performances. Thus, the score ranges difference suggests that preference for the best-ranked interventions was stronger under the first scenario, when all criteria were taken into account (Table XXIV).

The GAIA decision map produced under scenario A showed a good level of agreement among stakeholders, with all stakeholders (S1 to S9) positioned in the same general direction as the overall group decision vector shown in red (Figure 14, part A). Interventions targeting ticks through direct actions on the environment (INT7 and INT8, in green in the map) or through actions on hosts (INT9 to INT12, in red in the map) shown on the left side of the decision map suggest that these interventions were not preferred by the group. This was also the case in the analysis performed with the Quebec model (Figure 14, part B).

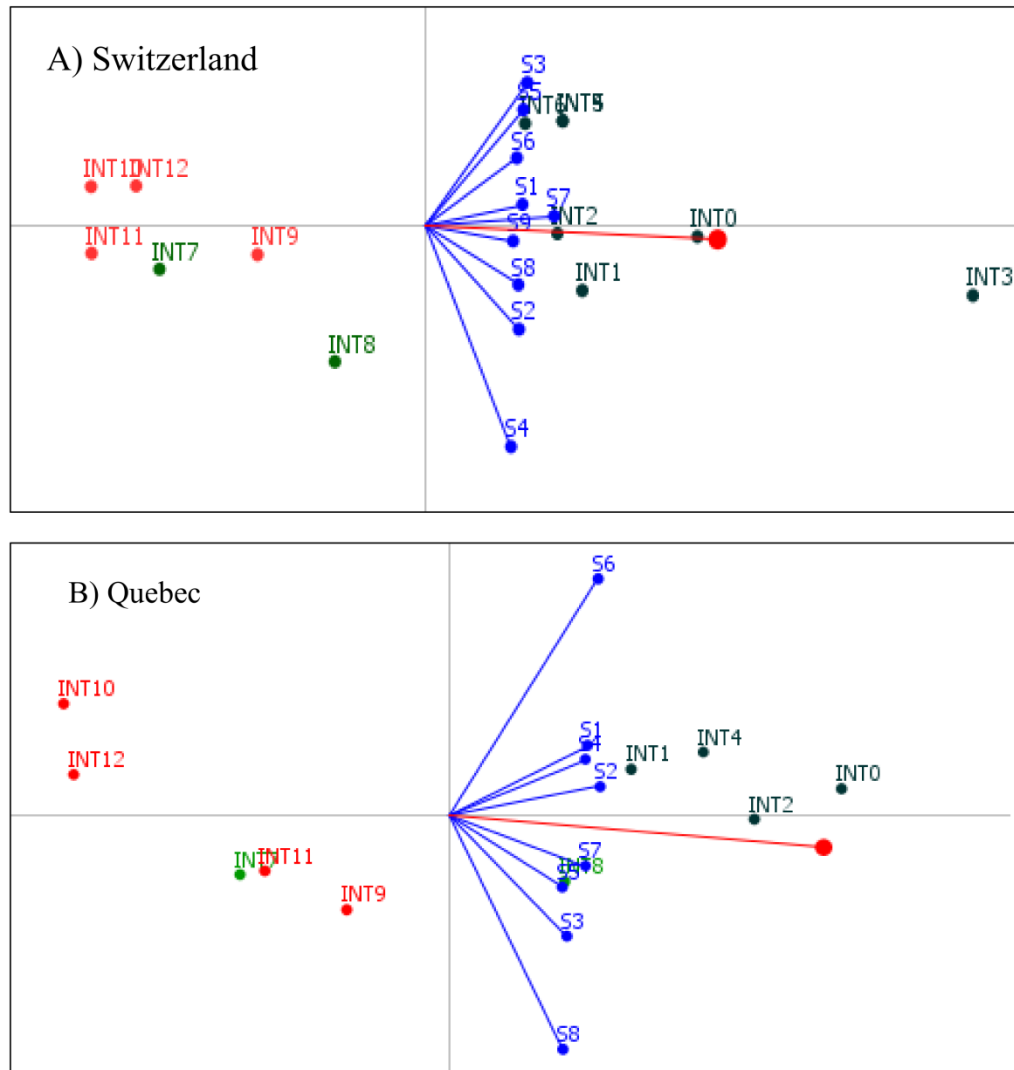


Figure 14. GAIA decision maps for (A) the 9 Swiss stakeholders (S1 to S9) considering all criteria, interventions and weighting schemes (Delta=95.1%, meaning that 95.1% of the information is conserved in the two-dimensional figure) and (B) the 8 Quebec stakeholders (S1 to S8) as computed in Aenishaenslin et Al. 2013 (16). Interventions removed from the Swiss model have been removed from the map and all interventions were renamed to allow comparisons with the Swiss model. Delta=97.5%). Interventions in grey are those targeting human populations; in green are those targeting ticks directly in the environment; and in red are those targeting ticks thought actions on hosts. (INT0 Status quo; INT1 Reduction of human visits to high-risk public areas via the use of fences or prohibitive signs; INT2 Human vaccination ; INT3 Large communication campaign; INT4 Making available special clinics for diagnosis of complex cases; INT5 Making available special clinics for complex LD cases management; INT6 Learning sessions for physicians; INT7 Small scale acaricide application; INT8 Small scale landscaping; INT9 '4-poster' device; INT10 Deer hunting; INT11 Exclusion of deer by fencing; INT12 'Damminix' device.)

Discussion

Criteria and their general category from the Quebec model were directly transposable to the Swiss context. The addition of four new criteria and follow-up discussion with Swiss stakeholders suggests that the new model succeeded in capturing specific issues of the LD epidemiological situation and geopolitical context of Switzerland. The inclusion of 'Reduction in incidence of disseminated LD cases' (PHC4) is revealing. By including this criterion that focuses on the reduction of a subset of LD cases in addition to 'Reduction of LD incidence' (PHC1), Swiss stakeholders underlined their specific concerns relating to severe cases. Notably, two stakeholders (S3 and S5) put more weights on this criterion than on PHC1. Given that early LD cases can be treated most often successfully, it is understandable that a high-incidence region may want to prioritize actions to reduce severe LD cases which are of particular concern for the population and which may have the higher societal costs, in contrast to a lower incidence region such as the province of Quebec. The addition of 'Level of public awareness' (SIC3) and 'Sustainability of effect' (SEC6) can also be understood in light of the country's LD history: the Swiss population has coped with this ongoing public health issue for a long time and may have observed or perceived that short-term actions may not be appropriate in their context. Finally, the inclusion of 'Level of coherence with European strategies' (SEC7) is understandable given the geographical and political situation of Switzerland, even if only low weights were attributed to this criterion by all stakeholders (weights range from 0 to 7).

The proposed interventions listed in the Quebec model needed modifications to suit the Swiss situation and this may be explained by the geographical and the social context of Switzerland. For example, as stated by stakeholders during the focus groups, the Swiss population has placed great value on sustainability and on the protection of its environment. Consequently, all large scale environmental actions, short-term interventions and those with little literature support on efficacy were removed.

The larger weight ranges among Swiss stakeholders compared to the Quebec study may be explained by examining the composition of the stakeholder groups. In Switzerland, an advisor group on tick-borne diseases already exists within the National Reference Centre for Tick-Borne Diseases (Université de Neuchâtel, 2015). This group includes a representative of the LD patients advocacy group in Switzerland, as well as a representative of the Swiss Accident Insurance Fund, which is responsible for insurance coverage of LD patients in Switzerland, and

hence was more heterogeneous in terms of perspectives and concerns than the group that had participated in the Quebec study, which was mostly composed of public health and environmental specialists working in public organisations or academic institutions. Keeping this observation in mind, it is indeed interesting to see that a good level of agreement (comparable with the Quebec study) was still achieved. The addition of the four criteria in the Swiss context had the effect of making the model more 'discriminating' between interventions, by increasing the distance between scores of the highest and lowest ranked interventions (Figure 13). This highlights the added value of the validation process with local stakeholders.

Finally, the fact that the top ranked interventions are those targeting human populations (top six ranked interventions in Switzerland) was also observed in the Quebec study (four on the five top ranked interventions) (Aenishaenslin, Hongoh et al. 2013). In this previous study, the implementation of large communication campaigns was not included as an intervention, so we cannot directly compare the best-ranked interventions. One important point to keep in mind when using MCDA is that one strength of the approach is not to identify one unique or best solution, but rather to identify complementary interventions. This can be done using the interventions profiles, which are not presented in this paper, but which are described in (Aenishaenslin, Hongoh et al. 2013).

This study focused on the evaluation of an existing MCDA model developed in Quebec for the Swiss context and we see a few key limitations to the approach used. A list of criteria and interventions from the Quebec model were presented and adjusted by Swiss stakeholders, but these criteria might have been different if Swiss stakeholders had created their own model, without reference to the Quebec model. This method was used in accordance to our study objective, but has likely influenced Swiss stakeholders in the inclusion of or in the choice of a measurement unit for certain issues relative to the decision-making process.

An important consideration in designing MCDA models is that criteria should be independent, in order to avoid double counting when calculating global scores if two criteria measure the same impacts. Some criteria identified in the Swiss model are interrelated. For example, the reduction of the entomological risk, the reduction of Lyme disease cases and the reduction of disseminated LD cases are not fully independent. They represent three main objectives of LD prevention and are indicators of the effectiveness of the intervention. To include the three of them may have led to inflate the importance of this effectiveness

consideration in the global rankings and is a limitation of this study. Full independence of criteria is hard to achieve when dealing with complex problematics such as LD prevention. Moreover, eliminating criteria that are perceived by stakeholders as important in the decision-making process because they are not completely independent can decrease the representability of real issues and limit the use of the model by decision-makers. Also, the list of criteria in this study was developed in order to achieve a balance between sufficient independence and comprehensiveness for capturing LD prevention issues in Switzerland.

Another limit to consider in the interpretation of the results is the use of a normalization process to calculate weights of the stakeholders when removing the added criteria. These weights were used to allow comparisons between Quebec and Swiss stakeholders in figure 1, and to perform group ranking under scenario B. This methodological choice may have led to introduce bias in the weighting schemes, as stakeholders may prefer to change the distribution of the remaining weights differently if the list of criteria was reduced. For the purposes of this study, we consider these biases as minimal.

Also, performance evaluations of interventions used qualitative categorical indicators for every criterion. If ordinal scales are well suited for the evaluation of certain type of criteria, such as the level of complexity, numeric scales would be better appropriated for other criteria, such as the level of reduction in human case incidence and the costs for the public and the private sectors. This was also the case in the Quebec model and reflects the availability of data at the time of the study.

Finally, both the Quebec and the Swiss models used the PROMETHEE method and D-Sight Software to perform multi-criteria analysis, which is desirable in order to compare the results. However, other methods and software for MCDA exist (Montibeller 2005; Behzadian, Kazemadep et al. 2010). Guidelines have been proposed to help select an appropriate MCDA method (Guitouni and Martel 1998), but the impact of the use of different MCDA methods and /or software on one particular prioritization problematic in the field of public health has not been well described in the published literature.

Conclusion

The current study suggests that beyond the specificity of the MCDA models developed for Quebec and adapted for Switzerland, their general structure captures the fundamental and common issues that characterize the complexity of vector-borne disease prevention, as all criteria and most of the interventions were directly transferable from one context to the other. Nonetheless, the model adaptation process, performed in this study using a participatory approach with local stakeholders, appears important to enhance the specificity of the model to local considerations.

Moreover, the generic parameters of the MCDA models developed in Quebec and in Switzerland, and particularly the general categories of criteria, are well aligned with the 'One health' approach, which encourages international, interdisciplinary and cross-sectoral actions for diseases at the human-animal-environment interface (Zinsstag, Schelling et al. 2005). We believe that the generic structure of MCDA models developed in Quebec and adapted in Switzerland could provide a practical tool for the management of vector-borne and zoonotic diseases in coherence with the 'One health' perspective.

These results should encourage public health organizations to adapt, use and share MCDA models as an effective and functional approach to enable the integration of multiple perspectives and considerations in the prevention and control of complex public health issues such as Lyme disease or other vector-borne and zoonotic diseases. In light of these findings, we believe that further studies would be of great value to enhance our understanding on the notion of a core set of criteria that would be widely applicable to framing the relative efficacy of possible public health interventions for vector-borne and other zoonotic diseases.

Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contributions

CA conceived and designed the study and drafted the manuscript. LG helped in the conduction of the participatory approach and data collection in Switzerland. AR, PM and VH helped in the interpretation of data. FM, JPW and DB helped in the conception of the study. All authors read, revised and approved the final manuscript.

Acknowledgements

The authors would like to acknowledge experts from Switzerland for their participation in this project. Funding was provided by the Fonds de la recherche du Québec, the 4P Training program in health promotion, prevention and public policy, and the Ministère de l'Éducation, des Loisirs et des Sports du Québec.

References

- Aenishaenslin C, Hongoh V, Cisse HD, Hoen AG, Samoura K, Michel P, et al. Multi-criteria decision analysis as an innovative approach to managing zoonoses: results from a study on Lyme disease in Canada. *BMC Public Health*. 2013;13:897.
- Behzadian M, Kazemaddeh RB, Albadvi A, Aghdasi M. PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. *Eur J Oper Res*. 2010 Jan 1;200(1):198-215.
- Brans JP, Mareschal B. The PROMETHEE GAIA decision support system for multicriteria investigations. *Investigation Operative*. 1994;4(2):107-17.
- Brans JP, Vincke P, Mareschal B. How to select and how to rank projects: The Promethee method. *Eur J Oper Res*. 1986;24(2):228-38.
- Brei B, Brownstein JS, George JE, Pound JM, Miller JA, Daniels TJ, et al. Evaluation of the United States Department Of Agriculture Northeast Area-wide Tick Control Project by meta-analysis. *Vector Borne Zoonotic Dis*. 2009 Aug;9(4):423-30.
- Brownstein JS, Holford TR, Fish D. Effect of climate change on Lyme Disease risk in North America. *Ecohealth*. 2005 Mar;2(1):38-46.
- Brownstein JS, Skelly DK, Holford TR, Fish D. Forest fragmentation predicts local scale heterogeneity of Lyme disease risk. *Oecologia*. 2005 Dec;146(3):469-75.

CDC. CDC provides estimate of Americans diagnosed with Lyme disease each year. 2013; Available from: <http://www.cdc.gov/media/releases/2013/p0819-lyme-disease.html>.

Daltroy LH, Phillips C, Lew R, Wright E, Shadick NA, Liang MH. A controlled trial of a novel primary prevention program for Lyme disease and other tick-borne illnesses. *Health Educ Behav.* 2007 Jun;34(3):531-42.

Daniels TJ, Fish D, Falco RC. Evaluation of host-targeted acaricide for reducing risk of Lyme disease in southern New York state. *J Med Entomol.* 1991 Jul;28(4):537-43.

Daniels TJ, Fish D, Schwartz I. Reduced abundance of *Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae) and Lyme disease risk by deer exclusion. *J Med Entomol.* 1993 Nov;30(6):1043-9.

Deblinger RD, Wilson ML, Rimmer DW, Spielman A. Reduced abundance of immature *Ixodes dammini* (Acari: Ixodidae) following incremental removal of deer. *J Med Entomol.* 1993 Jan;30(1):144-50.

Del Rio Vilas VJ, Burgeno A, Montibeller G, Clavijo A, Vigilato MA, Cosivi O. Prioritization of capacities for the elimination of dog-mediated human rabies in the Americas: building the framework. *Pathog Glob Health.* 2013 Oct;107(7):340-5.

Dolan MC, Maupin GO, Schneider BS, Denatale C, Hamon N, Cole C, et al. Control of immature *Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae) on rodent reservoirs of *Borrelia burgdorferi* in a residential community of southeastern Connecticut. *J Med Entomol.* 2004 Nov;41(6):1043-54.

Gage KL, Burkot TR, Eisen RJ, Hayes EB. Climate and vectorborne diseases. *Am J Prev Med.* 2008 Nov;35(5):436-50.

Guitouni A, Martel J-M. Tentative guidelines to help choosing an appropriate MCDA method *Eur J Oper Res.* 1998;109(2):501-21.

Hayez Q, De Smet Y, Bonney J. D-Sight: A new decision making software to address multi-criteria problems. IGI Global; 2012. p. 1-23.

Mareschal B, Brans J-P. Geometrical representations for MCDA. *Eur J Oper Res.* 1988;34(1):69-77.

Marsh K, Dolan P, Kempster J, Lugon M. Prioritizing investments in public health: a multi-criteria decision analysis. *J Public Health (Oxf);* 2013 Sep;35(3):460-6.

Montibeller G. From (and to) a new generation of multi-criteria decision analysts: An introduction to the field and a personal view on its future. In: E M, editor. *The Operational Research Society Birmingham;* 2005. p. 17-30.

Mowbray F, Amlot R, Rubin GJ. Ticking all the boxes? A systematic review of education and communication interventions to prevent tick-borne disease. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 2012 Sep;12(9):817-25.

Ogden NH, Artsob H, Lindsay LR, Sockett PN. Lyme disease: a zoonotic disease of increasing importance to Canadians. *Can Fam Physician.* 2008 Oct;54(10):1381-4.

- Ogden NH, Lindsay LR, Morshed M, Sockett PN, Artsob H. The rising challenge of Lyme borreliosis in Canada. *Can Commun Dis Rep*. 2008 Jan;34(1):1-19.
- Piesman J, Eisen L. Prevention of tick-borne diseases. *Annu Rev Entomol*. 2008;53:323-43.
- Piesman J, Gern L. Lyme borreliosis in Europe and North America. *Parasitology*. 2004;129 Suppl:S191-220.
- Piesman J. Strategies for reducing the risk of Lyme borreliosis in North America. *Int J Med Microbiol*. 2006 May;296 Suppl 40:17-22.
- Poland GA, Jacobson RM. The prevention of Lyme disease with vaccine. *Vaccine*. 2001 Mar 21;19(17-19):2303-8.
- Poland GA. Prevention of Lyme disease: a review of the evidence. *Mayo Clin Proc*. 2001 Jul;76(7):713-24.
- Randolph SE. Evidence that climate change has caused 'emergence' of tick-borne diseases in Europe? *Int J Med Microbiol*. 2004 Apr;293 Suppl 37:5-15.
- Randolph SE. The shifting landscape of tick-borne zoonoses: tick-borne encephalitis and Lyme borreliosis in Europe. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2001 Jul 29;356(1411):1045-56.
- Roy B. *Méthodologie multicritère d'aide à la décision*. Paris: Economica; 1985.
- Schulze TL, Jordan RA, Hung RW, Schulze CJ. Effectiveness of the 4-Poster passive topical treatment device in the control of *Ixodes scapularis* and *Amblyomma americanum* (Acari: Ixodidae) in New Jersey. *Vector Borne Zoonotic Dis*. 2009 Aug;9(4):389-400.
- Shen AK, Mead PS, Beard CB. The Lyme disease vaccine--a public health perspective. *Clin Infect Dis*. 2011 Feb;52 Suppl 3:s247-52.
- Solberg VB, Miller JA, Hadfield T, Burge R, Schech JM, Pound JM. Control of *Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae) with topical self-application of permethrin by white-tailed deer inhabiting NASA, Beltsville, Maryland. *J Vector Ecol*. 2003 Jun;28(1):117-34.
- Stanek G, Wormser GP, Gray J, Strle F. Lyme borreliosis. *Lancet*. 2012 Feb 4;379(9814):461-73.
- Swiss Federal Public Health Office. La borréiose de Lyme: Enquête Sentinella 2008 à 2010. *Bulletin de l'Office fédéral de la santé publique*. 2011;17 octobre 2011(42):895-8.
- Université de Neuchâtel. National Reference Centre for Tick-Borne Diseases website [cited 15 May 2015]. In : Université de Neuchâtel [Internet]. Neuchâtel: National Reference Centre for Tick-Borne Diseases 2009-2014. [about 1 screen]. Available: <http://www2.unine.ch/cnrt/page-11421.html>.
- WHO. Lyme borreliosis in Europe: influences of climate and climate change, epidemiology, ecology and adaptation measures. Denmark: World Health Organisation; 2006. p. 35.
- Zinsstag J, Schelling E, Wyss K, Mahamat MB. Potential of cooperation between human and animal health to strengthen health systems. *Lancet*. 2005 Dec 17;366(9503):2142-5.

Discussion générale

Cette thèse visait à étudier les facteurs sociaux et les enjeux d'importance à considérer pour l'évaluation et la priorisation d'interventions de prévention de la maladie de Lyme. Rappelons que dans le cadre de ces travaux, nous définissons les « enjeux » de la prévention comme les impacts parallèles et multidisciplinaires que peuvent avoir les interventions en plus de leur efficacité à atteindre leur objectif premier, par exemple de réduire l'incidence de la maladie. Ces enjeux se traduisent en critères de décision dans le cadre de l'aide à la décision multicritère. Ces facteurs et enjeux ont été explorés dans deux régions ayant une situation épidémiologique différente relative à la maladie de Lyme, soient le Québec, au Canada, et plus spécifiquement la région de la Montérégie qui fait face à l'émergence de la maladie, et la Suisse, spécifiquement le canton de Neuchâtel, où la maladie est endémique depuis plus de trois décennies. L'emphase était mise sur l'étude de la perception du risque, des facteurs associés à l'adoption de comportements préventifs, de l'acceptabilité des interventions de contrôle des tiques et sur le développement et l'adaptation d'un modèle d'aide à la décision multicritère permettant d'évaluer et de prioriser des interventions de prévention de la maladie de Lyme.

Cette discussion a pour objectifs de faire le lien entre les cinq études qui constituent le cœur de cette thèse, de décrire la contribution des principaux résultats à l'avancée des connaissances et de présenter une analyse critique de l'impact de ces travaux sur les pratiques de santé publique qui visent à prévenir la maladie de Lyme et les zoonoses en général. De plus, elle vise à décrire l'apport de l'approche comparative internationale, à discuter de la complémentarité des différentes approches méthodologiques adoptées, à discuter des principales limites de ces travaux, et finalement, à exposer les nouvelles perspectives de recherche qu'aura inspiré ce projet.

**Des perceptions de la population à la priorisation des interventions :
Contributions et impacts des principaux résultats pour la pratique de la santé publique**

Les cinq études qui constituent le cœur de cette thèse abordent les facteurs et enjeux d'importance pour la prévention de la maladie de Lyme selon deux grandes perspectives, soient celle des populations visées, qui fait l'objet principal des chapitres 2, 3 et 4, et celle des intervenants impliqués dans la prévention de la maladie de Lyme, traitée dans les chapitres 5 et 6. Ces études ont mené à la fois au développement des connaissances dans ces domaines, et à la création d'outils pertinents pour la santé publique, qui sont résumés au Tableau XXVII.

Les facteurs sociaux d'importance pour la prévention au niveau des populations visées ont été abordés en trois temps. Dans un premier temps, nous avons étudié la perception du risque relatif à la maladie de Lyme au sein de deux populations, l'une vivant en Montérégie, au Québec, et l'autre dans le canton de Neuchâtel, en Suisse, à l'aide d'une enquête administrée à des échantillons représentatifs des populations de ces régions (Chapitre 2). Cette étude a permis d'identifier des différences majeures au niveau des connaissances et des perceptions entre ces deux populations qui sont confrontées à des contextes différents, notamment concernant l'incidence de la maladie de Lyme. Les résultats suggèrent que les facteurs qui contribueraient à déterminer la perception du risque seraient différents entre les deux régions. Particulièrement, dans un contexte d'émergence comme la Montérégie, les connaissances générales sur la maladie sembleraient avoir un impact plus fort sur le niveau de risque perçu que dans un contexte d'endémicité, où l'histoire personnelle avec la maladie pourrait être un déterminant plus significatif. Plusieurs dimensions de la perception du risque ont été explorées, et les résultats suggèrent que quatre de ces dimensions semblent contribuer de façon majeure à la construction du risque perçu dans les deux populations: la sévérité perçue, la susceptibilité individuelle perçue, la susceptibilité régionale perçue, ainsi que le sentiment d'inquiétude. L'identification de ces quatre dimensions a permis de créer un indice global de la perception du risque (*global risk perception score*), qui a été utilisé comme mesure pour les deux études subséquentes. La construction de cet indice, ainsi que son utilisation pour étudier les facteurs contribuant à l'adoption de comportements préventifs et à l'acceptabilité des interventions de contrôle de tiques, constitue une innovation de cette thèse. Tel que discuté au chapitre 2, les études antérieures qui avaient étudié la perception du risque pour la maladie de

Lyme, et son association avec les comportements, avaient utilisé individuellement les variables de perception dans leurs modèles, principalement la susceptibilité perçue et la sévérité perçue de la maladie. Or l'utilisation individuelle de ces variables mesurées par le biais de questionnaires comporte des limites que l'utilisation d'un indice global peuvent améliorer : individuellement, ces variables sont notamment mesurées de façon imparfaite et sont fortement corrélées. Aussi, nous croyons que l'utilisation d'un indice composite tel que celui construit dans le cadre de ces travaux est susceptible de mieux capter la notion complexe qu'est la perception du risque d'un individu. Nous considérons que l'indice est ainsi plus 'robuste' que les variables considérées individuellement, c'est-à-dire plus susceptible d'être une meilleure approximation du concept de perception du risque, étant donné qu'il est basé sur un ensemble de questions et non une seule. Nous reconnaissons qu'il est nécessaire d'en valider la composition en refaisant des analyses, et notamment des analyses factorielles confirmatoires, sur le même type de variables provenant d'autres échantillons. Aussi nous recommandons l'adoption d'une approche similaire et l'usage de ce type d'indice dans des études subséquentes visant à mesurer l'impact de la perception du risque sur l'adoption de comportements préventifs. Cette étude a également montré que la perception du risque en Montérégie semblait plus élevée dans la population étudiée que chez un groupe d'experts québécois interrogés, alors que cette différence semblait plus mince à Neuchâtel. Cette observation confirme l'importance de mesurer les perceptions directement dans les populations cibles, plutôt que d'extrapoler le risque perçu par la population générale par le biais d'opinion d'experts ou d'intervenants locaux, comme il est fait régulièrement en pratique. À notre connaissance, cette étude est la première à explorer ces facteurs dans deux contextes géographiques et épidémiologiques différents et à construire un indice permettant une appréciation globale de la perception du risque.

Dans un deuxième temps, nous avons étudié l'impact de la perception du risque, ainsi que d'autres facteurs dont l'efficacité perçue, les connaissances relatives à la maladie et le niveau d'exposition, sur l'adoption de comportements préventifs individuels face à la maladie de Lyme dans les mêmes deux populations (chapitre 3). Les résultats suggèrent que les niveaux d'adoption des comportements préventifs sont plus bas en Montérégie et varient selon le comportement en question, et selon le genre, l'âge et le niveau d'exposition des répondants. De plus, le facteur étudié qui semble avoir le plus fort impact est l'efficacité perçue du comportement en question. Les résultats suggèrent également que la perception du risque

pourrait avoir un impact plus important en Montérégie, dans un contexte d'émergence, qu'à Neuchâtel, dans un contexte d'endémicité. Comme pour les facteurs associés à la perception du risque, nous n'avons pu trouver d'autres études qui ont comparé les forces d'association entre les différentes variables qui sont associées aux comportements préventifs pour la maladie de Lyme dans deux contextes différents, et en ce sens, cette étude innove également.

Dans un troisième temps, nous avons mesuré une nouvelle fois l'impact de la perception du risque, de l'efficacité perçue et des connaissances, mais cette fois sur l'acceptabilité des interventions de contrôle des tiques dans l'environnement (chapitre 4). Les résultats suggèrent que les niveaux d'acceptabilité de la majorité des interventions de contrôle des tiques étudiés sont bas dans les deux populations étudiées, et que l'efficacité perçue est aussi le seul facteur commun fortement associé à une haute acceptabilité de quatre interventions étudiées, soient l'utilisation d'acaricides, la modification de l'habitat, la pose de barrières pour restreindre l'accès aux cervidés et la vaccination des rongeurs. Cette étude est la première à mesurer les niveaux d'acceptabilité de ces interventions et les facteurs qui y sont associés en Montérégie et dans le canton de Neuchâtel. Ces nouvelles connaissances contribueront à fournir aux décideurs des informations complémentaires d'importance pour prioriser les stratégies de prévention des maladies transmises par les tiques dans ces régions.

L'étude présentée au chapitre 4 est également innovante par l'inclusion d'analyses qualitatives de groupes de discussion réalisés dans les deux régions étudiées. Cette approche a permis d'explorer les enjeux qui pourraient expliquer les bas niveaux d'acceptabilité de certaines interventions de contrôle des tiques selon la population générale en Montérégie et dans le canton de Neuchâtel. Les participants des groupes de discussion semblent partager les préoccupations des intervenants impliqués dans la prise de décision. Aussi, les enjeux identifiés se reflètent dans les critères de décision des modèles ADMC développés pour le Québec et la Suisse (chapitres 5 et 6). Ceux-ci vont au-delà des considérations en lien avec leur santé et leur bien-être individuel pour rejoindre des considérations relatives aux impacts sociaux, environnementaux, économiques et opérationnels propres à ces interventions. Ces travaux montrent une responsabilisation du grand public envers les enjeux populationnels et contribuent à légitimer une plus grande inclusion des perspectives des populations locales dans les décisions de santé publique. Aussi, cette étude offre aux autorités de santé publique des outils concrets permettant de décrire, mesurer et intégrer ces perspectives dans leur pratique. Par exemple, la réalisation d'une enquête à l'aide d'un questionnaire ainsi que des groupes de

discussion peuvent être faits régulièrement et avec peu de ressources afin de mieux comprendre les enjeux perçus, et ces enjeux peuvent être explicitement pris en compte dans un modèle d'aide à la décision multicritère. Ces résultats font le lien entre la perspective populationnelle et celle des intervenants en joignant les facteurs d'importance pour la prévention tels que perçus par les individus des populations visées et les critères de décision liés aux interventions qui pourraient être implantées pour prévenir la maladie de Lyme au niveau des communautés.

Ces trois premières études (chapitres 2, 3 et 4) ont permis de produire les premières mesures québécoises et suisses relatives aux niveaux de connaissances, de perception du risque, d'adoption des comportements préventifs et d'acceptabilité des interventions face à la maladie de Lyme, des facteurs d'importance à considérer pour le développement et l'évaluation d'interventions visant à prévenir la maladie de Lyme, et plus spécifiquement des interventions de communication du risque. Nos résultats peuvent ainsi être considérés comme des mesures de base auxquelles pourront se référer les études futures qui auront l'objectif de mesurer des changements temporels relatifs à ces facteurs dans ces deux populations. De plus, l'identification de l'efficacité perçue comme facteur fortement associé à l'adoption de comportements et l'acceptabilité d'interventions dans deux régions qui n'avaient jamais fait l'objet de ce type d'étude vient renforcer l'importance de ce facteur et réaffirmer l'impact que peuvent avoir certains types de message de communication sur le changement des comportements humains. Aussi, à la lumière de ces résultats, les autorités de santé publique responsables de la communication du risque pour la maladie de Lyme devraient conséquemment recentrer leurs messages-clés sur l'objectif d'informer et de convaincre la population de l'efficacité des comportements préventifs ayant démontré leur effet protecteur, comme la vérification corporelle, le port de vêtements protecteurs et l'utilisation d'insectifuges. De plus, davantage d'études devraient documenter l'efficacité des mesures préventives recommandées, mais pour lesquelles les données probantes sont rares, mitigées ou encore inexistantes.

L'approche comparative a également permis de mettre en évidence les différences qui qualifient les populations qui résident dans des régions et contextes différents, et a souligné l'importance d'adapter les stratégies de communication aux particularités régionales des populations. À l'échelle du Québec, par exemple, ces résultats suggèrent qu'il serait judicieux de mesurer dans un premier temps les facteurs sociaux d'importance (connaissances,

perceptions et comportements) ainsi que leurs interrelations, dans les différentes populations des régions à risque afin de développer des interventions adaptées et efficaces. Dans un deuxième temps, nous réitérons l'importance d'évaluer l'efficacité de ces interventions à modifier les comportements à l'échelle régionale et à différents moments dans le temps, étant donné que les caractéristiques des populations et leurs besoins changent. Ces recommandations sont transférables au contexte de la Suisse et d'autres pays, ainsi qu'à d'autres problématiques de santé publique, du moins celles qui partagent les particularités de la maladie de Lyme en ce qui concerne les limites inhérentes à l'implémentation de certaines stratégies de prévention.

Les résultats de cette première partie sont également intéressants à interpréter en regard de l'importance des perceptions des populations dans la prise de décision publique. Il est intéressant de rappeler que le cadre de référence pour la gestion des risques de l'INSPQ inclut la perception du risque dans l'étape d'évaluation des risques relatifs à un danger (INSPQ 2003), une évolution récente qui se démarque de l'analyse de risque traditionnelle qui limitait l'évaluation du risque aux aspects de quantification du danger, sans intégrer le risque tel que perçu par les populations (WHO and FAO 2007). Ce changement suggère une prise de conscience quant à l'importance que revêtent les perceptions de la population pour l'efficacité des interventions, bien que le cadre conceptuel de l'INSPQ ne précise pas d'outils ou d'approches concrètes qui permettent de mesurer et d'intégrer la perception du risque dans la priorisation d'interventions de gestion du risque. Les résultats de cette première partie contribuent à renforcer la compréhension de ces dynamiques entre perceptions du risque et efficacité des interventions de prévention de la maladie de Lyme en montrant qu'elles influencent l'adoption de comportements préventifs et l'acceptabilité d'interventions, tel que nous l'avons schématisé à la figure 1 (Objectifs et cadre conceptuel). De plus, ces travaux offrent des outils de mesure concrets, notamment un questionnaire et plusieurs indices, qui permettent de mesurer la perception du risque dans la population et qui peuvent être directement réutilisés par les intervenants de la santé publique impliqués dans la prévention de la maladie de Lyme.

Tableau XXVII. Principales contributions à l'avancement des connaissances

| Études | Principaux résultats | Outils |
|---|---|--|
| <p>Chapitre 2 : Perception du risque</p> <p>Chapitre 3 : Comportements préventifs</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Premières mesures des différentes dimensions de la perception du risque relatif à la ML au Québec et en Suisse. • Identification de différents facteurs associés à un haut niveau de risque perçu au Québec et en Suisse. • Premières mesures des différents niveaux d'adoption des comportements préventifs envers la ML au Québec et en Suisse. • Variations entre les niveaux d'adoption selon le genre, le groupe d'âge et le niveau d'exposition dans les deux régions. • Identification de différents facteurs associés à l'adoption selon le comportement. • L'efficacité perçue est le seul facteur commun fortement associé aux comportements. • La perception du risque semblerait avoir un impact plus important sur l'adoption au Québec, dans un contexte d'urgence. | <ul style="list-style-type: none"> • Création d'un indice du niveau de perception du risque. • Développement et validation d'un questionnaire sur les connaissances, perceptions et comportements face à la ML au Québec et en Suisse. |
| <p>Chapitre 4 : Acceptabilité des interventions</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Premières mesures des différents niveaux d'acceptabilité des interventions de contrôle des tiques au Québec et en Suisse. • Les enjeux relatifs aux interventions tels que perçus au sein des populations touchent à de multiples aspects dont ceux ayant une importance au niveau des communautés et non seulement des individus. • Ces enjeux partagent de multiples éléments communs avec les critères de décision identifiés par les intervenants locaux pour les modèles ADMC. | <ul style="list-style-type: none"> • Liste d'enjeux relatifs aux interventions de contrôle des tiques, tels que perçus au sein des deux populations à l'étude. |
| <p>Chapitre 5 : ADMC Québec</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Des critères relatifs à la santé publique, aux impacts sur l'habitat et sur la faune, aux impacts sociaux, aux impacts économiques, stratégiques et opérationnels ont été identifiés comme importants pour prioriser les interventions de prévention et de contrôle de la ML au Québec. • Les interventions prioritaires sont principalement celles qui visent les populations humaines. | <ul style="list-style-type: none"> • Modèle d'aide à la décision multicritère pour les interventions de prévention de la ML spécifique au Québec. • Modèle d'aide à la décision multicritère pour les interventions de surveillance de la ML spécifique au Québec. |
| <p>Chapitre 6 : Adaptation ADMC Suisse</p> | <ul style="list-style-type: none"> • L'ensemble des critères du modèle québécois sont transposables au contexte suisse. • Le modèle montre une polyvalence permettant de le contextualiser à l'aide d'une approche participative simplifiée auprès des intervenants locaux. • Les interventions prioritaires sont celles qui visent les populations humaines. | <ul style="list-style-type: none"> • Modèle d'aide à la décision multicritère pour les interventions de prévention de la ML spécifique en Suisse. |

L'apport de l'analyse multicritère pour évaluer et prioriser les interventions

Adoptant la perspective des intervenants, nous avons ensuite étudié les enjeux liés à la mise en place d'interventions pour la prévention et le contrôle de la maladie de Lyme au Québec, où un modèle ADMC a été développé, puis en Suisse, où le modèle a été adapté, dans l'objectif de les prioriser (chapitres 5 et 6). Les travaux présentés dans cette thèse rapportent pour la première fois l'utilisation de l'analyse multicritère pour évaluer et prioriser des interventions de surveillance et de prévention de la maladie de Lyme. Ces études ont mené, d'une part, à produire une liste d'interventions priorisées selon chacun des deux modèles, et d'autre part, au développement d'outils d'aide à la décision polyvalents et comportant un ensemble d'éléments génériques qui pourraient être transposés à différents contextes, i.e. différentes situations épidémiologiques, régions, groupes d'intervenants, et même différentes maladies à l'interface homme-animal-environnement. Outre le fait mentionné précédemment que la population générale semble partager les inquiétudes des intervenants en regard des enjeux liés à certaines interventions, les modèles ADMC développés sont liés aux facteurs sociaux étudiés dans la première partie de cette thèse de plusieurs autres façons. Parmi celles-ci, mentionnons qu'une catégorie de critères d'importance concerne les enjeux sociaux qui sont liés aux interventions comme l'acceptabilité sociale et le niveau de sensibilisation de la population induite par l'intervention, deux aspects abordés aux chapitres 2, 3 et 4. De plus, les intervenants ont aussi une perception du risque qui peut varier et influencer différents aspects des modèles ADMC, notamment la pondération des critères. Si ce dernier aspect n'a pas fait l'objet d'une évaluation formelle dans le cadre de cette thèse, nous avons toutefois présenté les différences entre les niveaux médians des différentes dimensions du risque perçu entre les intervenants québécois et suisses (chapitre 2) qui sont les intervenants qui ont participé à la construction des modèles ADMC.

Le développement pour les deux régions d'étude de modèles d'aide à la décision multicritère (chapitres 5 et 6) constitue une innovation importante et leurs impacts pour la pratique de la santé publique nécessitent d'être abordés plus en profondeur. Dans le domaine de la santé publique vétérinaire, les modèles ADMC ont été peu utilisés, et majoritairement pour la priorisation des zoonoses ou d'autres maladies animales (Humblet, Vandeputte et al. 2012; Ng and Sargeant 2012; Cox, Sanchez et al. 2013; Ng and Sargeant 2013; Del Rio Vilas, Voller et al. 2013). Nous avons utilisé l'ADMC pour l'évaluation et la priorisation

d'interventions, ce qui avait déjà été utilisé dans le passé dans d'autres domaines, mais qui constitue une première pour la maladie de Lyme. Des critères relatifs à la santé publique, à la santé animale et environnementale, aux impacts sociaux, aux impacts économiques, stratégiques et opérationnels ont été identifiés comme importants pour prioriser les interventions de prévention et de contrôle de la maladie de Lyme au Québec. L'ensemble de ces catégories et la totalité des critères ont été transposés dans le modèle adapté pour la Suisse. Ces catégories démontrent la multiplicité et la multidisciplinarité des enjeux de la prévention de la maladie de Lyme. De plus, la démarche suivie pour le développement des modèles ADMC était fondamentalement participative. Ces deux éléments démontrent le parallèle fort que l'on peut faire entre les modèles développés et les approches « Une seule santé » et « écosanté », que nous avons décrites au chapitre 1 et qui prônent l'adoption d'une approche interdisciplinaire et intersectorielle de la surveillance, de la prévention et du contrôle des zoonoses, notamment par l'intégration d'aspects participatifs à la recherche et à la prise de décision (Charron, 2014 ; Zinsstag, Schelling et al. 2005). Aussi, l'approche ADMC, lorsqu'appliquée aux problématiques à l'interface homme-animal-environnement, offre un cadre explicite intégrant ces approches « Une seule santé » et « Écosanté ».

En plus d'être en accord avec ces approches intégratrices, les apports majeurs de l'approche ADMC pour l'évaluation et la priorisation des interventions en santé publique vétérinaire sont multiples. Parmi ceux-ci, soulignons que cette approche rigoureuse et systématique permet de documenter de façon systémique chacun des enjeux relatifs à une problématique, dans notre cas la prévention de la maladie de Lyme, et constitue en ce sens un outil intéressant de synthèse des connaissances. Elle permet de contextualiser les informations incluses dans les modèles en n'imposant pas la contrainte d'avoir accès uniquement à des données quantitatives ou issues de la littérature scientifique, qui peuvent ne pas être disponibles au moment opportun. Elle facilite l'intégration des perspectives de divers intervenants par la pondération et offre des outils permettant de visualiser les positions de ces intervenants ainsi que leur degré d'accord, comme le plan GAIA. Elle offre un cadre qui permet d'identifier facilement les éléments pour lesquels les connaissances sont manquantes ou peu soutenues par des preuves scientifiques. Elle mène au développement d'outils polyvalents, qui peuvent être adaptés, par exemple à l'évolution des connaissances et aux changements dans la situation épidémiologique.

Finalement, il convient de souligner que l'approche ADMC semble contenir tous les éléments nécessaires pour renforcer une pratique de la santé publique basée sur les données probantes. Bien que cette approche de la pratique de la santé publique soit aujourd'hui prônée au Canada et à l'échelle globale, l'utilisation des données scientifiques par les praticiens de la santé publique demeure parfois limitée. Une étude américaine a estimé que seulement 58% des programmes mis en place dans les agences de santé publique aux États-Unis étaient basés sur des données scientifiques (Dreisinger, Leet et al. 2008). Brownson et al. proposent des explications pour cette faible utilisation des données probantes : 1) le manque de données sur l'efficacité des interventions et programmes de santé publique, 2) la distance entre les données provenant de la littérature scientifique et la réalité du « vrai monde » et 3) le manque de dissémination des connaissances concernant les interventions qui se sont révélées efficaces (Brownson, Fielding et al. 2009). Ces auteurs ajoutent également que pour améliorer l'utilisation des données probantes, il est nécessaire d'adapter les connaissances issues des études scientifiques publiées pour les marier aux valeurs, aux ressources et au contexte dans lequel une intervention doit être implantée (Brownson, Fielding et al. 2009). L'application de l'approche d'ADMC au Québec et en Suisse pour la prévention de la maladie de Lyme nous permet d'affirmer que ces approches peuvent répondre à ces trois problèmes. Premièrement, en permettant d'inclure des données qualitatives dans les modèles, comme le sont les opinions d'experts, cette approche peut pallier en partie au manque de données disponibles dans la littérature scientifique. Deuxièmement, en utilisant une approche participative auprès des intervenants qui sont impliqués dans la mise en œuvre des interventions ou qui sont concernés par les impacts de ces interventions, elle permet de contextualiser les données scientifiques à leur réalité et d'intégrer leurs valeurs par la pondération. Troisièmement, l'approche participative en recherche amène de nombreux bénéfices dont un majeur est qu'elle favorise le transfert de connaissances tout au long du processus, étant donné que les intervenants sont impliqués dans le développement des modèles et l'interprétation des résultats, et pourrait faciliter le changement au niveau des pratiques (Jagosh, Macaulay et al. 2012).

Nous avons également constaté, particulièrement pour l'étude ADMC réalisée au Québec, que cette démarche avait favorisé les échanges interdisciplinaires et intersectoriels au sein même du groupe de participants en offrant des opportunités d'apprentissage mutuel à propos des mandats et des enjeux propres à leur organisation, que nous avons nommé « empowerment institutionnel ». Ces échanges étaient favorisés par les rencontres de groupe

prévues pour la collecte des données (critères, interventions, pondérations) et la discussion des résultats. En Suisse, cet effet n'a pu être constaté étant donné que les intervenants se sont rencontrés seulement à deux reprises (vs jusqu'à cinq fois au Québec pour certains intervenants). De plus, le groupe suisse avait déjà une structure favorisant les échanges de ce groupe multidisciplinaire avant le projet, étant donné qu'ils étaient tous membres du comité de pilotage du Centre national de référence pour les maladies transmises par les tiques. Les bénéfices à long terme de cette approche mériteraient d'être évalués formellement afin de renforcer la pertinence de leur utilisation dans le contexte quotidien de la pratique de la santé publique, étant donné qu'elles peuvent paraître exigeantes en termes de coûts et de ressources humaines à court terme.

Les approches ADMC ont été proposées comme un cadre intégrateur et multidimensionnel permettant d'améliorer l'évaluation des risques pour la santé des animaux dans un récent rapport d'experts canadiens (The Expert Panel on Approaches to Animal Health Risk Assessment 2011). Cette thèse fait la démonstration concrète des forces de cet outil dans le contexte de la prévention de la maladie de Lyme et plus globalement des maladies vectorielles. Les nouvelles connaissances produites devraient servir de levier vers une utilisation plus généralisée par les autorités de santé publique et d'autres secteurs qui ont à faire face à des problématiques complexes. Une utilisation plus répandue de cet outil en santé publique renforcerait la rigueur, la transparence et l'inclusion des différentes perspectives des intervenants pour la prise de décision dans le respect d'une pratique de la santé publique basée sur les données probantes et des principes d'« Une seule santé » et de l'écosanté.

Intérêt de l'approche comparative internationale

Cette thèse a adopté une approche comparative internationale entre le Québec et la Suisse, et plus particulièrement les régions de la Montérégie et de Neuchâtel. L'objectif premier d'adopter cette approche était d'explorer les similitudes et différences entre les facteurs sociaux et les enjeux relatifs à la prévention de la maladie de Lyme auprès de la population générale et des intervenants dans des contextes épidémiologiques et socio-culturels contrastants. Rappelons que la Montérégie est une région où cette maladie est en émergence. L'incidence est actuellement relativement basse, mais elle constitue une nouvelle

problématique aux yeux de la population et de ses intervenants. À l’opposé, elle est endémique en Suisse depuis plus de trois décennies et Neuchâtel est un des cantons où son incidence est la plus haute en Suisse et parmi les plus élevées en Europe.

Nous avons également choisi une telle comparaison internationale dans le but d’offrir au Québec, et aux autres régions faisant face à l’émergence de la maladie de Lyme, une perspective différente de ces aspects liés à la prévention, soit une perspective riche d’une expérience de plus longue date tant au niveau de la population générale que de ses intervenants. Bien que nous reconnaissons que les éléments d’un programme de prévention doivent être bien adaptés à son contexte, nous croyons que certaines leçons apprises qui découlent des résultats obtenus en Suisse pourraient offrir de nouvelles pistes de réflexion pour la planification des interventions de prévention pour la maladie de Lyme à long terme dans d’autres régions, comme le Québec. Dans le même ordre d’idée, il peut être intéressant pour un pays où cette maladie vectorielle est endémique, comme la Suisse, de connaître la perspective québécoise afin de poser un regard nouveau sur un ‘vieux problème’. Ce point est d’autant plus intéressant dans le contexte actuel, où d’autres agents pathogènes transmis par les tiques sont en émergence en Europe, dont l’encéphalite à tique, une arbovirose pouvant engendrer un portrait clinique sévère (Rizzoli, Silaghi et al. 2014). Certaines stratégies de prévention traitées dans cette thèse sont pertinentes et applicables pour répondre à ces maladies. Ainsi, quelles sont les leçons apprises de cette comparaison internationale?

Les résultats de chacun des chapitres présentés dans cette thèse ont pu illustrer l’ampleur des différences en termes de connaissances, perceptions et comportements relatifs à la maladie de Lyme, ainsi que les similitudes qui existent entre les enjeux liés aux interventions préventives (Tableau XXVIII). Le premier constat que l’on peut retirer de ces comparaisons est le suivant : Il semble qu’à Neuchâtel, on ait atteint un état d’équilibre entre le risque associé à la maladie et les connaissances, perceptions et comportements préventifs, alors qu’en Montérégie, on se situe plutôt dans un état de déséquilibre. Globalement, à Neuchâtel, les connaissances relatives à la maladie de Lyme sont bonnes et la population a adopté des comportements préventifs. Le sentiment de maîtrise de la problématique est bon et le risque perçu est modéré. Ces perceptions sont proches de celles des experts locaux. Bien que ce risque perçu soit relativement élevé, la population générale et ses intervenants ne sont pas très ouverts à utiliser des interventions préventives « plus agressives » telles que des interventions de contrôle des tiques dans l’environnement. Un bon niveau de connaissances pourrait même

diminuer l'acceptabilité de certaines de ces interventions. L'emphase est mise sur la responsabilisation des individus à adopter des mesures préventives individuelles. Les analyses multicritères corroborent cette observation : les interventions prioritaires ciblent toutes les populations humaines en premier lieu, au détriment de celles qui visent les tiques dans leur environnement. Il semble y avoir un apprentissage collectif qui fait en sorte que la population se sent en contrôle de la situation et ne sent pas la pertinence d'avoir recours à d'autres moyens.

En Montérégie, la situation est différente. Les connaissances sont très faibles, la perception du risque est globalement basse, mais plus élevée dans la population que chez les experts. Les comportements préventifs sont faiblement adoptés, mais la population est plus réceptive aux interventions de contrôle des tiques qu'à Neuchâtel. Les intervenants considèrent toutes les options de prévention, bien que celles qui soient prioritaires ciblent majoritairement les populations humaines également. On n'observe pas le même équilibre qu'en Suisse face au risque de maladie de Lyme qui augmente : la population et ses intervenants font face à un nouveau problème et les besoins d'éducation et de sensibilisation de la population sont grands.

Tableau XXVIII. Résumé des comparaisons entre le Québec et la Suisse

| | Québec (Montréal) | Suisse (Neuchâtel) |
|--|---|--|
| Connaissances sur la ML | - | ++ |
| Perception du risque | - | + |
| Comportements préventifs | + | ++ |
| Acceptabilité des interventions | -/+ | -/+ |
| Enjeux relatifs à la mise en place des interventions | <ul style="list-style-type: none"> • Réduction de l'incidence des cas humains • Réduction du risque entomologique • Effets adverses sur la santé • Impact sur l'habitat • Impact sur la faune • Acceptabilité sociale • Proportion de la population bénéficiant de l'intervention • Coût pour le secteur public • Coût pour le secteur privé • Délai avant les résultats • Complexité • Impact sur la crédibilité de l'organisation | <p>Mêmes enjeux + ajouts :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Réduction de l'incidence des cas humains disséminés • Niveau de sensibilisation de la population • Durabilité de l'effet • Niveau de cohérence avec les stratégies européennes |
| Interventions prioritaires | Ciblées principalement sur l'être humain | Ciblées sur l'être humain |

Proportions de la population à l'étude avec des niveaux élevés pour chaque élément du tableau :

- : 0-25%

+ : 26-50%

++ : 51-75%

+++ : 76-100%

Ce premier constat entraîne la question suivante : Comment la population de Neuchâtel a-t-elle atteint cet état d'équilibre? Une partie de la réponse à cette question restera en suspens. Le devis transversal des études qui composent cette thèse ne nous permet pas de tirer des conclusions sur l'évolution des connaissances, perceptions et comportements de la population en fonction des interventions préventives ou événements relatifs à la maladie de

Lyme qui auraient marqué l'histoire de cette région, et ceci ne constituait pas un objectif de cette thèse. Cependant, nous pouvons suggérer des pistes de réflexion qui peuvent aider à mieux comprendre l'effet du contexte, et particulièrement concernant les sources d'information relatives à la maladie de Lyme dans cette région. Soulignons tout d'abord qu'aucune intervention de contrôle des tiques n'a été implantée et qu'il n'y a pas de stratégie de communication concertée et récurrente mise en place par les autorités de santé publique dans cette région. Par le biais des groupes de discussion avec les intervenants suisses, nous avons appris que les outils de communication du risque qui étaient disponibles dans la région au moment de l'étude étaient principalement un dépliant conçu par l'Université de Neuchâtel en collaboration avec la SUVA, et le site internet du Centre national de référence pour les maladies transmises par les tiques, hébergé également à l'Université de Neuchâtel (en 2015, un site internet présentant des informations de base est également hébergé sur le site du canton de Neuchâtel, mais ce site n'était pas actif au moment de l'étude). La SUVA (<http://www.suva.ch/fr/>) est la compagnie d'assurance médicale qui a le monopole des assurances contre les accidents dans les entreprises suisses et elle est responsable des indemnités en cas de maladie de Lyme chez ses membres. Elle est également proactive dans l'organisation d'activités de prévention pour la maladie de Lyme. Elle organise des sessions de formation pour les médecins, des campagnes d'information pour le grand public, et finance certains projets de recherche (Félix Ineichen, communication personnelle, 2012). Aussi, les participants aux groupes de discussion tenus dans la population générale en Suisse ont souvent mentionné avoir été sensibilisés aux maladies transmises par les tiques à l'école primaire, qui semble jouer un rôle prépondérant dans la sensibilisation de la population. Notons également que notre étude avait révélé que plus de 40% des répondants à Neuchâtel connaissaient quelqu'un qui avait déjà eu la maladie de Lyme. Le rôle de l'entourage pour la diffusion des connaissances semble donc également important. À l'opposé, les autorités de santé publique, représentées au niveau cantonal par le médecin cantonal et au niveau fédéral par l'Office fédéral de la santé publique (OFSP), sont peu impliquées dans la mise en place d'activités de prévention. Ainsi, nous constatons que les sources d'information sur la maladie de Lyme sont assez diversifiées à Neuchâtel, et que la responsabilité de leur diffusion ne repose pas entièrement sur les autorités de santé publique.

Bien qu'on ne puisse faire de lien direct entre ces observations et les bons niveaux de connaissances et de comportements atteints dans la région, il est tout de même intéressant de

les comparer à la situation du Québec, où la prévention de la maladie de Lyme, incluant la communication du risque, est clairement une responsabilité des organisations publiques provinciales et régionales. Le rôle des autres types d'organisations (universitaires, non gouvernementales, privées, etc.), en ce qui concerne la communication du risque, est négligeable. Or dans un contexte de ressources limitées et de compressions budgétaires dans les organisations publiques, cette concentration des responsabilités pourrait comporter un risque plus grand. Des recherches sont nécessaires pour évaluer formellement la performance à long terme de ce qu'on peut considérer comme deux différentes stratégies de gouvernance en santé publique. Cependant, nous soulignons que les approches ADMC peuvent favoriser l'intégration d'acteurs « non-traditionnels » dans la gestion des problématiques de santé publique, et favoriser une pratique transdisciplinaire (Hirsch-Hadorn, Hoffmann-Riem et al. 2010). La démarche systématique et transparente qui fait la force de cet outil peut offrir un cadre rigoureux rassurant pour les intervenants qui voudraient intégrer d'autres acteurs tout en restant imputable des décisions qui sont prises.

Le deuxième constat d'intérêt concerne l'importance que revêt la perception du risque dans les deux contextes différents de notre étude. Selon le modèle théorique des croyances relatives à la santé et la plupart des autres modèles théoriques s'intéressant aux facteurs psychosociaux qui influencent les comportements de santé, la perception du risque a un impact sur l'adoption de comportements préventifs (Conner 2005). Aussi, en accord avec ce modèle, il est logique pour un intervenant de la santé publique de chercher à modifier la perception du risque dans une population ciblée, dans l'objectif d'améliorer l'adoption de comportements préventifs. Or les résultats de cette thèse suggèrent que la perception du risque pourrait avoir un impact plus significatif sur l'adoption de comportement préventif dans le contexte d'émergence du Québec. À l'opposé, dans un contexte similaire à celui de Neuchâtel, cibler la perception du risque pourrait avoir moins d'impact sur les comportements. Bien que des recherches plus approfondies soient nécessaires pour corroborer cet effet, nous pouvons tout de même déduire, grâce à l'approche comparative, qu'il serait judicieux de prendre en considération le contexte dans lequel vivent les populations ciblées par un programme de prévention de la maladie de Lyme, afin de cibler le contenu des communications du risque en fonction des facteurs ayant le plus d'impact sur les comportements.

Le troisième et dernier constat que nous offre la comparaison internationale concerne les enjeux relatifs aux interventions et la priorisation qui en découle. Malgré les différents

contextes épidémiologiques et socio-culturels, les enjeux perçus identifiés lors des groupes de discussion dans les deux populations à l'étude étaient similaires. Mis à part l'ajout de quatre critères qui ont eu un effet mineur sur le résultat de la priorisation, les critères de décision identifiés par les intervenants étaient tous transférables du contexte québécois vers le contexte suisse. L'importance donnée à chaque critère par la pondération ne présentait non plus de différence majeure entre les deux groupes d'intervenants. Aussi, l'approche comparative nous permet cette fois de constater non plus les différences, mais plutôt la grande similitude qui transcende les enjeux relatifs à la prévention de la maladie de Lyme dans ces deux contextes différents. On peut en déduire que les modèles ADMC développés comportent des éléments génériques qui ne sont pas dépendants du contexte et qui pourraient être transférables à d'autres situations. Finalement, la priorisation des interventions qui découle des deux modèles multicritères tend à mettre aux premiers rangs les interventions qui ciblent les populations humaines, devant celles qui ciblent les populations de tiques vectrices ou leurs hôtes dans l'environnement. Tout en tenant compte des limites de ces modèles, qui sont discutés spécifiquement aux chapitres 5 et 6 ainsi que dans la suite de cette discussion, ce constat remet tout de même en cause la pertinence pour les intervenants de considérer actuellement l'utilisation des interventions de contrôle des tiques pour faire face à la maladie de Lyme, et ce, même dans le contexte suisse où l'incidence de la maladie de Lyme est élevée.

Complémentarité des méthodes utilisées

Les différentes études qui composent cette thèse ont utilisé des méthodologies variées et complémentaires, une approche que nous considérons comme une force de ces travaux. Principalement, nous avons eu recours aux méthodes quantitatives classiquement utilisées en épidémiologie (devis observationnel transversal), qui nous ont permis d'obtenir des mesures populationnelles des niveaux de perception du risque, de connaissances et d'autres facteurs d'importance pour la prévention de la maladie de Lyme. Ces méthodes nous ont également permis de comparer formellement différents groupes, dont les populations échantillonnées dans nos deux régions d'études, mais également des sous-groupes de ces populations, comme les différents groupes d'âge, le genre, le niveau d'exposition. Nous considérons cette approche quantitative classique en épidémiologie comme extrêmement pertinente pour obtenir des mesures qui soient les plus représentatives possibles des populations ciblées et permettre de

distinguer statistiquement les différences entre les deux régions d'étude. Cependant, nous avons également constaté les limites de l'utilisation de méthodes quantitatives pour l'étude des mécanismes complexes que sont la perception du risque et l'adoption de comportements préventifs. Par exemple, les modèles de régression tentant d'identifier les facteurs contribuant à déterminer le niveau de perception du risque, présentés au chapitre 2, expliquaient entre 11% et 12% de la variance, des pourcentages qui sont cohérents avec d'autres études utilisant le même type de mesures psychométriques. Ce résultat souligne d'une part l'importance des autres facteurs non mesurés pour la détermination de la perception du risque et d'autre part, soulève des questions quant à l'utilisation unique de ces méthodes de mesure pour comprendre ces problématiques. De plus, l'utilisation de questions fermées comme instruments de mesure a l'avantage de faciliter les analyses statistiques des données, mais ne permet pas d'expliquer les mesures obtenues.

Ce sont ces constats qui nous ont guidés vers l'utilisation de méthodes mixtes dans l'étude présentée au chapitre 4. Pour cette étude, nous avons également utilisé ces méthodes quantitatives pour étudier l'acceptabilité de différentes interventions de contrôle des tiques, mais cette approche a été jumelée à des méthodes qualitatives, notamment l'analyse thématique réalisée sur des groupes de discussion dans les deux régions d'étude. Cette méthodologie mixte nous a permis d'expliquer pourquoi certaines interventions de contrôle des tiques avaient un niveau d'acceptabilité plus bas et d'identifier une liste d'enjeux tels que perçus par les participants. Le besoin d'adopter des méthodologies mixtes pour l'étude des problématiques complexes, et notamment pour expliquer des mesures quantitatives, est reconnu dans divers domaines de recherche dont la santé publique et l'épidémiologie, bien que leur utilisation reste peu répandue en épidémiologie vétérinaire (Creswell et Clark, 2007; Weiss 2001). Certains chercheurs ont notamment développé des cadres conceptuels visant à définir plus formellement ces approches mixtes dans certains champs de l'épidémiologie, dont l'épidémiologie culturelle (Weiss, 2001).

Finalement, nous avons utilisé l'analyse multicritère, intégrant une approche participative auprès de groupes d'intervenants au Québec et en Suisse. Cette approche a permis de construire deux modèles adaptés et contextualisés à nos deux régions d'étude. La nécessité d'intégrer des processus participatifs dans les devis de recherche se concrétise depuis quelques décennies avec l'émergence d'approches et de cadres conceptuels facilitant la recherche participative, notamment pour favoriser la recherche en transdisciplinarité

(Hallstrom, Guehlstorf et al. 2015; Hirsch Hadorn, Hoffmann-Riem et al. 2007). Ces approches incluent les approches « Une seule santé » et écosanté (Bunch et Wlatner-Toews, 2015), qui ont été abordées précédemment, et d'autres approches intégratives telles que l'épidémiologie participative (Catley, Alders et al. 2012). Les bénéfices de la recherche participative ont été abordés précédemment et ne seront pas revus ici.

Cette thèse se situe à la frontière de l'épidémiologie et des sciences sociales. L'importance des facteurs sociaux sur la santé est reconnue et leur intégration dans l'étude des maladies non-transmissibles est maintenant incontournable (Commission on social determinants of health 2008). Concernant l'étude des maladies infectieuses, l'intégration des facteurs humains est plus rare. Le besoin d'améliorer l'intégration des sciences sociales dans les projets de recherche qui visent à comprendre l'émergence et la dissémination des maladies infectieuses a été souligné par plusieurs experts (Karesh, Dobson et al. 2012). Pour illustrer ce besoin, Janes et al. rappellent que les facteurs humains sociaux et comportementaux ont un impact sur les trois composantes traditionnellement utilisées pour le calcul du R_0 , soit le taux de reproduction de base d'un agent pathogène : le taux de contact, la probabilité de transmission et la période infectieuse (Janes, Corbett et al. 2012). Les interactions entre les agents pathogènes, les facteurs écologiques et humains ont des éléments qui rappellent les systèmes adaptatifs complexes, par exemple de multiples éléments en interactions, des relations non-linéaires, l'auto-organisation et la présence d'impacts ou d'évènements imprévisibles (Pearce and Merletti 2006). Aussi pour bien comprendre ces dynamiques, les sciences sociales offrent des approches complémentaires, nécessaires et incontournables (Janes, Corbett et al. 2012). Cette thèse répond à cet appel en abordant divers facteurs humains liés à la prévention de la maladie de Lyme. Les différentes méthodologies utilisées ont été choisies en fonction des questions de recherche définies initialement. Nous constatons que cette variété de méthodes a permis d'aborder les facteurs d'importance pour la prévention de la maladie de Lyme selon différentes perspectives (facteurs individuels vs enjeux communautaires et systémiques). Ces différentes perspectives peuvent être associées à un degré croissant de complexité (Tableau XIX). Le degré de complexité nous apparaît plus faible en ce qui concerne l'étude de l'impact de facteurs individuels sur l'adoption de comportements, et plus élevé lorsqu'il s'agit de prioriser des interventions selon des enjeux multidisciplinaires et les multiples perspectives des différents intervenants. Les méthodes

multicritères sont d'ailleurs reconnues globalement pour structurer les enjeux et faciliter la prise de décision relative aux problématiques complexes (Roy 1985).

Tableau XIX. Liens entre les différentes approches méthodologiques utilisées, les différentes perspectives et le niveau de complexité

| | Méthodologie quantitative | Méthodologie mixte | Aide à la décision multicritère |
|----------------------|--|---|--|
| Etudes | Chapitre 2 et 3: Étude observationnelle transversale | Chapitre 4: Étude observationnelle transversale + analyse thématique (qualitative) de groupes de discussions | Chapitre 5 et 6: Approches participatives auprès des intervenants locaux |
| Thèmes abordés | Perception du risque et adoption de comportements préventifs | Acceptabilité des interventions de contrôle des tiques | Priorisation des interventions de prévention et de contrôle |
| Facteurs | Facteurs individuels | Facteurs individuels et enjeux communautaires | Enjeux communautaires et systémiques |
| Niveau de complexité | - | Intermédiaire | + |
| Forces | <ul style="list-style-type: none"> • Permet d'obtenir des mesures au niveau populationnel • Permet de comparer formellement deux populations | <ul style="list-style-type: none"> • Permet à la fois d'obtenir des mesures au niveau populationnel, de comparer formellement deux populations et d'explorer les causes des bas niveaux d'acceptabilité de certaines interventions | <ul style="list-style-type: none"> • Permet une documentation systémique et systématique des enjeux et des préférences des intervenants |

Limites de l'étude

Cette thèse comporte des limites dont plusieurs ont été discutées spécifiquement dans chacun des chapitres présentés. Certains points généraux méritent d'être discutés davantage.

1. Facteurs non mesurés

Tout d'abord, nous avons adopté une approche comparative internationale mais cette approche était limitée à deux régions pour des considérations de faisabilité. Cette approche méthodologique nous permet de constater des différences et des similitudes entre les contextes suisse et québécois, mais ce contexte ne peut qu'être considéré que globalement, c'est-à-dire qu'il regroupe l'ensemble des différences qu'il peut exister entre ces deux régions, parmi lesquelles se regroupent notamment le contexte socio-culturel et la situation épidémiologique. Telles que réalisées, les études de cette thèse ne peuvent pas estimer l'impact des facteurs qui n'ont pas été mesurés, par exemple l'identité culturelle ou les attributs des différents systèmes de santé, bien qu'il soit probable qu'ils contribuent à la détermination de la perception du risque, l'adoption de comportements préventifs et à l'acceptabilité des interventions de contrôle des tiques. On ne peut qu'émettre des hypothèses concernant l'attribution des différences observées entre les deux régions à la situation épidémiologique, qui était un point d'intérêt majeur de cette thèse. Il aurait été plus approprié d'inclure plusieurs régions de contextes socio-culturels différents et ayant des situations épidémiologiques variées pour la conduite de ces travaux. Il aurait alors été possible d'observer des tendances macroscopiques au niveau des perceptions, des comportements et de l'acceptabilité des interventions en fonction de l'incidence de la maladie. Dans le même ordre d'idée, il aurait été judicieux de procéder à l'adaptation du modèle d'aide à la décision multicritère dans plusieurs régions afin d'apprécier la transférabilité du modèle dans plus d'un autre contexte.

2. Validation du questionnaire

Une deuxième limite de cette thèse concerne l'évaluation de la validité des instruments de mesure utilisés, i.e. les questionnaires développés pour les études présentées aux chapitres 2, 3 et 4 (Questionnaires présentés en Annexe 1 et 2). Borhstedt (2010) définit la validité d'un instrument de mesure en sciences sociales comme le degré avec lequel l'instrument mesure le

concept qui fait l'objet de la recherche. Trois types de validité sont spécifiés et peuvent faire l'objet d'une évaluation: la validité liée au critère, la validité liée au contenu et la validité liée au concept d'intérêt. La validité liée au critère peut se définir comme la capacité de l'instrument de prendre une mesure qui est la plus près du critère que l'on veut mesurer. Le critère représente l'indicateur du phénomène que l'on cherche à mesurer. Dans le questionnaire que nous avons utilisé, un exemple de critère que nous avons utilisé comme un indicateur du niveau d'exposition est la fréquence à laquelle les individus rapportent qu'ils visitent une région à risque par année. La méthode de premier choix pour évaluer ce type de validité serait de comparer les mesures obtenues en utilisant le questionnaire à celles observées directement en situation réelle. Cependant, étant donné que le questionnaire développé avait pour objectif de mesurer principalement des facteurs psychosociaux qui ne peuvent être observés en situation réelle comme les perceptions des participants, cette méthode de validation n'était pas réalisable pour la majorité des variables de nos questionnaires, et nous n'avons pas pu estimer le niveau de validité liée au critère. Borhstedt (2010) souligne que ce type de validation est peu utile pour les études utilisant des questionnaires ayant pour objectif de mesurer les opinions ou les perceptions. Le deuxième type de validité est la validité liée au contenu. Elle se définit comme la capacité de l'instrument de mesurer un ensemble d'éléments qui sont représentatifs du phénomène, ou concept, qui fait l'objet de la recherche. L'évaluation de ce type de validité repose sur une évaluation qualitative visant à répondre aux questionnements suivants: les éléments mesurés qui servent de mesure du concept sont-ils issus des plus récentes connaissances scientifiques? Sont-ils représentatifs des modèles théoriques reconnus par les pairs? Nous pouvons affirmer que les questionnaires développés dans le cadre de cette thèse ont un bon niveau de validité du contenu, étant basés sur les modèles théoriques des comportements de santé dont le modèle des croyances relatives à la santé, et sur les études antérieures sur la perception du risque et les comportements préventifs face à la maladie de Lyme. Le troisième type de validité est la validité liée à la mesure du concept, qui se définit comme la capacité de l'instrument (par exemple un ensemble de questions) de mesurer un même concept. Borhstedt (2010) suggère d'évaluer quantitativement le degré de consistance interne de l'ensemble de questions par le biais d'analyses factorielles. En mesurant le concept d'intérêt, par exemple la perception du risque de maladie de Lyme, à l'aide de plusieurs questions allant chercher le même type d'information, on augmente les chances de mesurer le concept réel et on réduit également les biais liés à la question prise individuellement. Cette validité est fonction du nombre d'éléments

qui composeront la mesure finale. Marsden (2010) recommande de développer au moins 7 à 10 questions qui mesurent un même concept (Marsden and Wright 2010). Dans cet objectif, nous avons réalisé des analyses factorielles exploratoires dans le but d'identifier lesquelles de sept variables relatives à la perception du risque semblaient les plus appropriées pour être utilisées dans la construction d'un indice global tel que décrit dans l'étude présentée au chapitre 2. Nous avons également calculé deux indicateurs de la validité, dont la qualité de l'échantillonnage de Kaiser-Meyer-Olkin et le Cronbach alpha. Nous estimons ainsi que le niveau de validité de la mesure du concept est bon. Rappelons aussi que les questionnaires ont été pré-testés de façon qualitative par plus de 20 répondants dans chacune des régions afin de s'assurer que la formulation des questions était adéquate et que la compréhension était homogène parmi les répondants.

Concernant la répétabilité du questionnaire, c'est-à-dire sa consistance entre plusieurs administrations, la méthode de choix est celle du « test-retest », et du calcul du degré d'accord à l'aide du Kappa de Cohen. En ce qui concerne les questionnaires cherchant à mesurer des facteurs psychosociaux tels que ceux mesurés dans cette thèse, la méthode « test-retest » comporte une limite importante. En effet, il est très difficile de s'assurer que le délai entre les deux administrations du questionnaire n'affecte pas les réponses de la seconde administration, car le questionnaire en lui-même peut avoir un impact sur les perceptions des répondants (Marsden and Wright 2010). Aussi, le Kappa, lorsqu'appliqué à des variables de type psychosociale, mesure plutôt la stabilité de mesures dans le temps et non la qualité des mesures au moment de la première administration (Marsden and Wright 2010). Nous avons tout de même réalisé une deuxième administration du questionnaire sur un sous-échantillon de répondants dans les deux régions de l'étude (Montréal, n=216 et Neuchâtel, n=123) dans le but de calculer le degré d'accord (Kappa) entre les deux administrations du questionnaire (données non présentées). Les analyses préliminaires étaient en effet difficiles à interpréter. Les Kappas mesurés étaient tous faibles ou modérés. Par exemple, concernant les variables relatives à la perception du risque (sept variables), nous avons d'abord mesuré le Kappa sur les données brutes (de type ordinal), ce qui donnait des niveaux d'accord bas (Kappas de 0,22 à 0,33). Nous avons ensuite mesuré le Kappa sur les variables dichotomisées, ce qui donnait un niveau d'accord modéré (0,34-0,48). Parallèlement, nous avons mesuré les proportions des répondants dans chaque catégorie de réponse entre les deux administrations, et celles-ci n'étaient pas différentes entre les deux administrations, ce qui suggérait que nos proportions

restaient stables dans nos populations. Nous avons ainsi décidé de garder toutes les variables pour nos analyses, mais d'utiliser les données dichotomisées, qui présentent moins de variabilité entre les deux administrations.

Les résultats de ces travaux doivent être interprétés en regard de ces limites qui sont inhérentes aux mesures psychosociales et qui sont encore plus importantes avec un devis d'étude transversal, étant donné que ce type de mesure est connu pour varier rapidement dans le temps. Les données recueillies à l'aide de questionnaires représentent une estimation de la réalité au moment de son administration. Nous réitérons que les mesures d'effet présentées dans cette thèse sont des associations et on ne peut présumer d'aucune relation causale.

3. **Biais**

Différents types de biais sont susceptibles d'avoir un impact sur les résultats présentés aux chapitres 2, 3 et 4. Un biais de mauvaise classification est certainement présent dans les données provenant des questionnaires, mais son ordre de grandeur est impossible à mesurer quantitativement pour les mesures psychosociales. Un biais de mauvaise classification différentielle est également potentiellement présent pour les mesures des niveaux d'adoption des comportements préventifs mesurés au chapitre 3. Rappelons que l'adoption des comportements préventifs était auto-rapportée par les répondants. En raison d'un biais de désirabilité probablement présent, les niveaux d'adoption de comportements préventifs sont certainement surestimés, surtout dans les cas où le répondant avait un haut niveau de perception de l'efficacité du comportement en question. La force d'association entre ces deux variables est ainsi également probablement surestimée.

L'utilisation de panels internet comme population source pour les deux échantillons utilisés dans ces travaux introduit également un biais de sélection. Les panels internet ont été critiqués pour leur manque de représentativité de la population de référence. Particulièrement, on leur reproche de ne faire appel qu'aux répondants ayant accès à internet et suffisamment de compétences informatiques pour compléter des sondages en ligne, de contenir un certain nombre de 'participants professionnels', c'est-à-dire des personnes qui vont répondre compulsivement à une grande quantité de sondages pour les récompenses, et d'être généralement associés à un faible taux de réponse. Dans le cadre des données récoltées pour cette thèse, un certain nombre d'éléments viennent selon nous atténuer les biais qui auraient

pu être introduits par l'utilisation des panels internet. Tout d'abord, au Québec et en Suisse, une grande proportion de la population rapporte utiliser le web couramment (plus de 87% au Québec en décembre 2012 (CEFRIO 2013), et autour de 85% en Suisse entre octobre 2012 et mars 2013 (Swiss Public Health Office 2015). Un biais de sélection est ainsi présent étant donné qu'une proportion de la population cible est exclue de la population source. De plus, la firme de sondage (Léger et Marketing) qui a administré le questionnaire aux deux populations échantillonnées a mis en place des mesures pour réduire les biais liés au recrutement des participants de ses panels : des méthodes 'traditionnelles' aléatoires (recrutement par téléphone lors de sondage téléphonique) sont utilisées pour recruter des participants provenant des strates de la population qui sont moins représentées dans les panels de répondants, comme celles ayant un plus bas niveau d'éducation. Des vérifications sont faites pour s'assurer que le panel soit représentatif de la population générale en terme des principales variables sociodémographiques dont le genre, l'âge, le revenu, l'éducation. De plus, nous avons évalué la représentativité des deux échantillons en comparant la distribution de certaines variables sociodémographiques avec les données de recensement de leur population de référence. Les distributions du genre, de l'âge et du revenu familial n'étaient pas différentes entre nos échantillons et les données de recensement. Seule la distribution du niveau d'éducation présentait des différences dans les deux groupes : les répondants ayant un diplôme universitaire étaient surreprésentés dans notre échantillon. Ce biais a notamment pu surestimer les mesures des niveaux de connaissances et de comportements de la maladie de Lyme dans les échantillons, mais n'a probablement pas affecté de façon importante les différences entre les groupes, étant donné que le niveau d'éducation était surestimé dans les deux groupes et que cette variable était incluse dans les modèles multivariés comme facteur de confusion.

De façon plus globale, il est important de rappeler que plusieurs facteurs susceptibles d'influencer la perception du risque, l'adoption de comportements préventifs et l'acceptabilité n'étaient pas mesurés par le questionnaire, par exemple l'identité culturelle ou le type de personnalité, et conséquemment, il n'est pas possible de savoir si la distribution de ces facteurs était représentative des populations cibles, ou s'ils étaient distribués de façon homogène entre les deux échantillons. Les sondages téléphoniques sont encore aujourd'hui considérés comme la méthode de référence pour l'obtention d'un échantillon aléatoire. Il est cependant important de souligner qu'avec les changements actuels dans les réseaux de téléphonie,

notamment la transition vers la téléphonie mobile, il n'est pas certain que les sondages téléphoniques produisent des résultats moins biaisés. Certaines études suggèrent que les études réalisées à l'aide de questionnaires internet auraient une aussi bonne validité externe (Gosling, Vazire et al. 2004), ou même une meilleure validité externe (Braunsberger, Wybenga et al. 2007), que les questionnaires administrés selon d'autres méthodes traditionnelles.

En ce qui concerne les biais de confusion potentiellement présents dans les études des chapitres 2 à 4, notons que nous avons inclus comme facteurs de confusion dans les modèles multivariés le genre, l'âge et le niveau d'éducation, trois variables connues pour faire varier la perception du risque et l'adoption de comportements préventifs. Étant donné la complexité associée aux mécanismes qui lient les multiples facteurs sociaux à ces deux variables, il est important de rappeler que d'autres facteurs sont susceptibles d'être des facteurs de confusion (par exemple, l'identité culturelle, la personnalité, le système de santé, les valeurs). Cependant, comme les effets de ces facteurs sur la perception du risque de maladie de Lyme sont mal connus, comme les objectifs de cette thèse étaient centrés sur l'étude des facteurs qui sont modifiables par des activités de communication, et pour des raisons de faisabilité dans l'administration du questionnaire, nous avons choisi de ne pas les mesurer dans cette étude.

4. Analyses statistiques

Concernant les modèles statistiques multivariés présentés dans cette thèse, nous avons constaté une limite imposée par la taille des échantillons. La puissance statistique n'était pas suffisante pour certaines analyses, et notamment pour détecter des interactions qui auraient pu exister entre les variables indépendantes des modèles multivariés globaux dans les études présentées aux chapitres 3 et 4 (les interactions entre le pays d'origine et les quatre principales variables d'intérêt (perception du risque, exposition, connaissance et perception de l'efficacité de la mesure préventive) n'étaient pas statistiquement significatives). De la même façon, les intervalles de confiance associés aux rapports de cotes des modèles régionaux étaient trop larges pour apprécier ces différences potentiellement existantes dans les forces d'association des facteurs entre les deux régions à l'étude. Étant donné que cette thèse a produit les premières mesures relatives à la perception du risque, à l'adoption de comportements préventifs et à l'acceptabilité des interventions de contrôle des tiques au Québec et en Suisse, nous n'avons pu qu'émettre certaines hypothèses pour planifier la taille d'échantillon, qui a

également été faite en fonction des ressources disponibles. Plus précisément, comme il n'existait pas de données sur le niveau de perception du risque pour la maladie de Lyme au Québec et en Suisse, le calcul de la taille d'échantillon était basé sur les résultats de l'étude d'Herrington et al. (2004) qui avait mesuré la proportion d'individus ayant un niveau de vulnérabilité perçue élevé dans deux États américains ayant des incidences différentes. En moyenne, 58% des individus résidant dans un État avec une haute incidence pour la ML et 51% des individus résidant dans un État avec une faible incidence avaient un niveau de perception élevé de leur vulnérabilité, pour une différence de 7%. Nous avons émis l'hypothèse que le contraste entre les proportions devait être plus important entre les individus résidant en Suisse et au Québec étant donné un écart d'incidences encore plus grand qu'entre les États américains. Nous avons donc fixé l'objectif de détecter une différence de 10%. Ainsi, avec des proportions mesurées de près de 50%, une puissance de 80% et un niveau de confiance de 95%, une taille d'échantillon de 800 répondants (400 par groupe) a été prévue. Cependant, ce calcul ne prend pas en considération les analyses multivariées. De plus, les répondants qui n'avaient jamais entendu parler de la maladie de Lyme avant l'étude ont été exclus des analyses multivariées pour prédire l'adoption de comportement préventif (Chapitre 3), ce qui a considérablement diminué la puissance statistique, particulièrement en Montérégie. Il aurait été souhaitable d'augmenter la taille de l'échantillon afin de pouvoir observer des différences statistiques dans la force d'association de plusieurs variables d'intérêt et de leurs interactions pour ces travaux.

5. Modèles ADMC

Concernant le développement des modèles ADMC, nous considérons les travaux de cette thèse comme un premier pas vers l'utilisation des outils d'aide à la décision multicritère pour prioriser les interventions face aux zoonoses. Aussi, plusieurs aspects relatifs aux composantes de l'outil et à son utilisation restent à approfondir. Premièrement, les modèles développés pour cette étude ne spécifient pas la zone géographique où devraient être implantées les interventions qui sont sujettes à l'évaluation. Or les caractéristiques d'une zone géographique particulière ont un impact sur l'efficacité des interventions en fonction de certains des critères, ce qui n'est pas pris en considération dans les modèles développés au Québec et en Suisse, qui avaient l'objectif de prioriser de façon globale les interventions sans égard à une zone particulière. Par exemple, les mêmes interventions de contrôle des tiques n'auraient certainement pas la même efficacité à réduire l'incidence des cas humains dans une

région où la zone présentant un habitat favorable aux populations de tiques vectrices est très petite, que dans une zone où ces habitats sont abondants. Hongoh et al. ont proposé différentes façons de développer des modèles ADMC géographiquement explicites (Hongoh, Hoen et al. 2011), et nous considérons cette avenue comme une perspective de recherche future nécessaire et susceptible de favoriser l'utilisation concrète de ces outils.

Un autre aspect qui n'a pu être évalué dans cette thèse est l'impact des interactions qui peuvent exister entre les différentes interventions. Dans les modèles développés, chaque intervention est évaluée individuellement en fonction de chacun des critères. Cependant, on peut imaginer que plusieurs interventions mises en place simultanément pourraient avoir un effet synergique qui irait au-delà d'une simple addition. Par exemple, l'acceptabilité de certaines interventions pourrait être augmentée si une campagne de communication à grande échelle était implantée simultanément et faisait augmenter le niveau de perception du risque dans les populations visées. Or ces effets synergiques ne sont pas pris en considération dans les modèles tels que développés pour ces études. Il serait pertinent de faire l'évaluation de programmes de prévention qui pourrait inclure différentes combinaisons d'interventions, à l'opposé d'interventions individuelles, afin de comparer leurs effets en tenant compte de la synergie possible entre ces dernières.

Une autre limite des modèles ADMC développés et qu'il convient de réitérer est le manque d'indépendance entre certains des critères. La théorie relative à l'approche ADMC stipule que les critères devraient être exhaustifs, cohérents et non-redondants (Roy 1985). Dans les modèles développés pour cette thèse, les critères sont considérés comme tel. La non-redondance des critères signifie que la performance d'une intervention pour un critère ne devrait nous donner aucune information sur la performance de l'intervention sur un autre critère. Ceci nous assure de ne pas mesurer un effet en double lors de l'agrégation des performances. Cependant, dans une problématique complexe telle que la prévention de la maladie de Lyme, il est peu probable que les critères identifiés comme importants pour les intervenants soient totalement indépendants les uns des autres. Par exemple, un des critères de nos deux modèles vise à mesurer l'efficacité des interventions à réduire l'incidence des cas humains de maladie de Lyme, et un autre vise à réduire le risque entomologique. Ces deux critères représentent des enjeux différents, et tous deux peuvent être visés séparément comme objectifs d'un programme de prévention. Or une intervention qui aurait une très forte performance à réduire la densité des tiques dans l'environnement, devrait également avoir une

meilleure performance à réduire l'incidence des cas humains. Tel que discuté au chapitre 6, les modèles ADMC présentés dans le cadre de cette thèse ont été développés en adoptant un processus participatif avec les intervenants des organisations impliquées ou concernées par la prévention de la maladie de Lyme. Adopter une telle approche permet d'inclure l'ensemble des critères perçus comme importants par ces intervenants. Le fait d'éliminer des critères, car ils ne sont pas totalement indépendants, risque d'affecter la représentativité du modèle et limiter son utilisation par les intervenants. Dans le contexte de cette étude et dans le souci de maximiser l'utilité des modèles développés, nous avons jugé préférable de conserver et présenter l'ensemble des critères du modèle. L'impact de cette violation de l'indépendance des critères sur les rangements présentés aux chapitres 5 et 6 n'a pas été formellement évalué. Des analyses de sensibilité permettraient d'évaluer l'impact du retrait des critères qui manquent potentiellement d'indépendance sur les rangements.

Futures perspectives de recherche

Cette thèse a permis de renforcer les connaissances sur les facteurs sociaux, les enjeux d'importance et la priorisation des interventions pour la prévention de la maladie de Lyme au Québec et en Suisse, soient des aspects qui n'avaient été que peu ou pas abordés jusqu'à présent. Aussi, ces travaux ne représentent qu'une première étape et les résultats inspirent de nombreuses perspectives nouvelles en recherche. Parmi celles-ci, nous avons ciblé quatre thèmes principaux.

1. Approfondir l'analyse des facteurs sociaux comme déterminants de l'adoption de comportements préventifs

Les travaux de cette thèse se sont limités à l'analyse des données sociales dans deux régions, soient la Montérégie et le canton de Neuchâtel, et de façon transversale. Ce type de données représente une source d'information importante et complémentaire aux données de surveillance pour caractériser le risque relatif aux maladies dont la maladie de Lyme, et particulièrement dans le contexte d'une nouvelle maladie émergente. Une première perspective qui permettrait de mieux comprendre les dynamiques entre facteurs sociaux, perceptions du risque, comportements préventifs et acceptabilité des interventions seraient de les étudier de façon longitudinale et à plus grande échelle, par exemple à l'échelle pancanadienne ou encore dans plus d'un pays où la maladie de Lyme est présente. Il serait alors possible d'explorer les variations de ces facteurs ainsi que de la force de leurs associations selon les régions, ce qui faciliterait la mise en place d'interventions préventives bien adaptées au contexte et aux besoins des populations cibles. De plus, des analyses longitudinales permettraient d'évaluer l'efficacité de certaines interventions, particulièrement des campagnes de communication du risque dans les différentes régions, en permettant d'apprécier leur effet sur les connaissances, perceptions et comportements préventifs des populations. Le questionnaire développé pour cette thèse est un outil qui peut être utilisé ou adapté à cet effet.

De plus, afin de mieux comprendre les impacts des facteurs non mesurés dans cette thèse (par exemple, l'identité culturelle, le système de santé publique ou l'exposition à différentes sources d'informations) sur la perception du risque, l'adoption de comportements préventifs et l'acceptabilité d'interventions de contrôle des tiques dans différentes populations, il nous

semble également impératif de renforcer la collaboration avec des chercheurs spécialisés en sciences sociales et d'avoir davantage recours à la recherche qualitative, à des méthodologies mixtes et à des approches participatives pour contribuer à l'avancement des connaissances dans ce domaine.

2. Intégrer les données sociales, écologiques et épidémiologiques

Une deuxième perspective intéressante qui découle de ces travaux serait d'intégrer ces données sociales avec les données écologiques (distribution du vecteur, caractérisation des habitats favorables à la présence des populations de tiques vectrices) et épidémiologiques (distribution des cas humains ou animaux). Ces données ont été utilisées dans des études antérieures afin de prédire les variations du risque relatif à la maladie de Lyme en fonction de l'aire géographique (Ogden, St-Onge et al. 2008; Leighton, Koffi et al. 2012; Bouchard 2013). Premièrement, il serait intéressant d'explorer les variations géographiques des niveaux de connaissances, de comportements et d'acceptabilité en fonction du niveau risque écologique. Ceci permettrait de vérifier si ces facteurs sociaux varient en harmonie avec le risque de maladie de Lyme, par exemple si les niveaux de connaissances, de perception du risque et d'adoption des comportements préventifs sont plus élevés dans les zones où le risque écologique est plus élevé. Dans le même ordre d'idée, il serait intéressant de vérifier si ce sont les facteurs écologiques ou les facteurs sociaux qui sont les meilleurs déterminants des cas humains de maladie de Lyme en fonction des régions, ce qui permettrait de mieux cibler le type d'interventions.

Pour approfondir cette perspective, il serait intéressant d'intégrer ces variations dans les facteurs sociaux en fonction de l'aire géographique avec les variations du risque écologique pour développer des cartes de risque socio-écologique. Actuellement, les cartes de risque canadiennes pour la maladie de Lyme reposent essentiellement sur le risque prédit à partir des données écologiques (Ogden, St-Onge et al. 2008; Koffi, Leighton et al. 2012). En couplant ce risque écologique à un indice de risque social qui varient en fonction des niveaux de connaissances et de comportements, on obtiendrait des cartes de risque améliorées qui permettraient aux autorités de santé publique de mieux prioriser les zones d'interventions et de mieux cibler le type d'interventions à mettre en place selon dans chaque zone. Par exemple, une zone avec un risque écologique élevé et des niveaux de connaissances et comportements préventifs bas obtiendrait un risque socio-écologique élevé et serait priorisée pour les

interventions. De la même façon, dans une zone où le risque écologique serait très élevé mais le risque social bas (donc des niveaux de connaissances et de comportements élevés), des interventions de contrôle des tiques pourraient être priorisées, et non une campagne de communication. Pour développer ces cartes de risque multicritères, de futurs travaux de recherche sont nécessaires afin de développer la méthodologie la plus appropriée pour l'intégration des données.

3. Améliorer les modèles ADMC pour favoriser leur utilisation en santé publique

Dans le cadre de cette thèse, les travaux réalisés relativement aux modèles ADMC sont innovants et ils ont été reçus positivement par les intervenants de la santé publique pour améliorer la planification de leurs interventions, tant pour la maladie de Lyme que pour d'autres maladies vectorielles et zoonotiques. Cependant, plusieurs aspects de ces modèles restent à développer pour favoriser leur utilisation réelle dans les milieux de santé publique. Spécifiquement à la maladie de Lyme, une première étape serait d'améliorer la qualité des données incluses dans les matrices des performances, en priorisant les interventions qui ont obtenu les meilleurs rangements. La première partie des travaux de cette thèse a permis d'obtenir des données plus précises concernant certains facteurs sociaux, dont l'acceptabilité des interventions de contrôle des tiques, un facteur qui figure également comme critère de décision dans les modèles ADMC. Aussi, ces données ont pu être intégrées aux modèles régionaux et ont permis de raffiner le niveau de précision relatif à ce critère. Cependant, des travaux de recherche sont nécessaires pour préciser les autres impacts des interventions dans ces régions, notamment leur efficacité à réduire l'incidence des cas humains, les impacts sur la santé environnementale et de la faune et leurs impacts économiques. Afin de mieux quantifier ces impacts, il serait pertinent de développer des modèles mieux définis géographiquement. Ceci pourrait être fait en priorisant certaines zones d'interventions à l'aide des intervenants de la santé publique. Les matrices de performances pourraient être mieux définies pour certains des critères qui sont particulièrement dépendants de l'aire géographique, comme le coût des interventions. Ces modèles multicritères améliorés pourraient produire des résultats plus concrets et faciliter leur utilisation en contexte réel.

Au-delà de la maladie de Lyme, une autre perspective future essentielle serait de définir le ou les types de résultats produits par les analyses multicritères qui sont les plus pertinents pour faciliter la décision dans un contexte de santé publique. Tel que mentionné

précédemment, les résultats des analyses multicritères qui sont présentés dans cette thèse ne reflètent qu'une partie des résultats qu'il est possible de produire à partir des modèles ADMC développés. Au-delà du rangement global des interventions selon les deux groupes, plusieurs autres résultats peuvent être pertinents pour faciliter la prise de décision, par exemple les profils des actions, les rangements individuels, et toute la gamme des analyses de sensibilité. Les résultats présentés dans cette thèse conviennent à ce premier exercice exploratoire, mais il est nécessaire de mieux cadrer l'utilisation de ces résultats selon leur pertinence et les besoins de la santé publique. Ceci pourrait être fait en adoptant une approche participative avec les décideurs et les autres utilisateurs de ces résultats et pourrait mener au développement d'un cadre d'utilisation des résultats produits par les analyses multicritères dans un contexte de santé publique.

4. Évaluer l'applicabilité des modèles pour d'autres problématiques à l'interface homme-animal-environnement

Finalement, un dernier thème de recherche inspiré par ces travaux concerne l'applicabilité des modèles ADMC développés pour la maladie de Lyme à d'autres maladies vectorielles et zoonotiques. Nous avons discuté précédemment du fait que les modèles développés et particulièrement la liste des critères qui les composent reflète les enjeux d'importance prônés par l'approche « Une seule santé » et que ces modèles pourraient constituer un premier pas vers un cadre générique d'application de ces approches pour la prévention et le contrôle des maladies vectorielles et zoonotiques. Dans cet ordre d'idée, de futurs travaux sont requis pour évaluer quels éléments de ces modèles seraient applicables à d'autres maladies vectorielles ou zoonoses. Dans ce sens, un projet de recherche est en cours sur l'applicabilité de l'ADMC pour la prévention et le contrôle du virus du Nil occidental au Québec (Valérie Hongoh, 2015, communication personnelle).

De plus, il est à noter que les approches ADMC peuvent offrir encore plus d'intérêt pour faciliter la gestion des problématiques présentant davantage de perspectives différentes et potentiellement conflictuelles. Aussi, il serait intéressant de tester l'application de ces outils dans ce type de contexte ou en intégrant d'autres parties prenantes, comme des représentants du grand public. Les résultats des analyses multicritères réalisées dans les deux régions à l'étude pour cette thèse ont montré au bon niveau d'accord entre les intervenants ayant participé, ce qui suggère que les perspectives ne sont pas conflictuelles concernant la

prévention de la maladie de Lyme. Nous avons expliqué cette observation par le fait que la composition des groupes était relativement homogène dans les deux cas, étant donné que la majorité des participants étaient des professionnels liés à la santé publique. Un exemple de problématique qui pourrait être plus conflictuelle est la prévention et le contrôle de la rage au Nunavik, où les communautés inuites, leurs autorités et les autres résidents de ce territoire éloigné ne partagent pas les mêmes perspectives concernant les méthodes à employer pour contrôler les populations de chiens et minimiser le risque de transmission de la rage du renard arctique. Dans ce type de contexte, l'adoption d'une approche ADMC participative avec les communautés pourrait permettre un apprentissage mutuel des valeurs, perspectives et priorités qui s'opposent *a priori* et faciliter la recherche d'interventions de compromis.

L'application de l'approche ADMC à ces deux zoonoses dans le contexte québécois, ainsi qu'à d'autres internationalement, permettrait d'une part de renforcer les connaissances sur la valeur ajoutée de ces méthodes pour la gestion des problématiques à l'interface homme-animal-environnement, et d'autre part, de faire progresser plus globalement les connaissances sur les composantes essentielles à considérer pour l'application de l'approche « Une seule santé ».

Conclusions

Cette thèse a permis de décrire l'importance des facteurs sociaux et des enjeux à considérer pour la priorisation d'interventions au Québec et en Suisse pour prévenir la maladie de Lyme.

Les principales conclusions sont les suivantes :

- Le contexte dans lequel vivent les populations a une influence sur les niveaux de perception du risque, sur l'adoption des comportements préventifs et sur l'acceptabilité des interventions de contrôle des tiques.
- La perception de l'efficacité des comportements préventifs et des interventions de contrôle des tiques est fortement associée à l'adoption de ces comportements et à l'acceptabilité de ces interventions. Ainsi, elle est un facteur clé à cibler lors de campagnes de communication.
- Les interventions de contrôle des tiques sont peu acceptables aux yeux des populations des deux régions étudiées. Ces dernières partagent les préoccupations des intervenants relativement aux impacts collatéraux de ces interventions.
- Les interventions priorisées en tenant compte des multiples enjeux de décision et des différentes perspectives des intervenants ciblent principalement les populations humaines tant au Québec qu'en Suisse, au contraire des interventions de contrôle des tiques.
- L'application de l'aide à la décision multicritère pour prioriser les interventions préventives pour la maladie de Lyme a permis de développer un modèle décisionnel rigoureux, transparent et adaptable à différents contextes dont la situation épidémiologique. Ce modèle intègre les données probantes et les perspectives des intervenants concernant les enjeux de la prévention relatifs à la santé publique, la santé animale et environnementale, aux impacts sociaux, et aux considérations économiques, opérationnelles et stratégiques. Une plus grande utilisation de ce type d'outil en santé publique peut favoriser l'adoption d'une approche « Une seule santé » à la prévention de la maladie de Lyme et des zoonoses en général.

Références

- Aenishaenslin, C., L. Gern, et al. (2015). "Adaptation and evaluation of a multi-criteria decision analysis model for Lyme disease prevention." *BMC Public Health* (Soumis).
- Aenishaenslin, C., A. Ravel, et al. (2014). "From Lyme disease emergence to endemicity: a cross sectional comparative study of risk perceptions in different populations." *BMC Public Health* **14**: 1298.
- Alavanja, M. C., J. A. Hoppin, et al. (2004). "Health effects of chronic pesticide exposure: cancer and neurotoxicity." *Annu Rev Public Health* **25**: 155-197.
- Alekseev, A. N., H. V. Dubinina, et al. (2001). "Identification of Ehrlichia spp. and Borrelia burgdorferi in Ixodes ticks in the Baltic regions of Russia." *J Clin Microbiol* **39**(6): 2237-2242.
- Altpeter, E., H. Zimmermann, et al. (2013). "Tick related diseases in Switzerland, 2008 to 2011." *Swiss Med Wkly* **143**: w13725.
- Armstrong, P. M., L. R. Brunet, et al. (2001). "Risk of Lyme disease: perceptions of residents of a Lone Star tick-infested community." *Bull World Health Organ* **79**(10): 916-925.
- Ashbolt, N. J., A. Amezcuita, et al. (2013). "Human Health Risk Assessment (HHRA) for environmental development and transfer of antibiotic resistance." *Environ Health Perspect* **121**(9): 993-1001.
- Baltussen, R. and L. Niessen (2006). "Priority setting of health interventions: the need for multi-criteria decision analysis." *Cost Eff Resour Alloc* **4**: 14.
- Baltussen, R., E. Stolk, et al. (2006). "Towards a multi-criteria approach for priority setting: an application to Ghana." *Health Econ* **15**(7): 689-696.
- Baltussen, R., A. H. ten Asbroek, et al. (2007). "Priority setting using multiple criteria: should a lung health programme be implemented in Nepal?" *Health Policy Plan* **22**(3): 178-185.
- Bandura, A. (2001). "Social cognitive theory: an agentic perspective." *Annu Rev Psychol* **52**: 1-26.
- Beaujean, D. J., M. Bults, et al. (2013). "Study on public perceptions and protective behaviors regarding Lyme disease among the general public in the Netherlands: implications for prevention programs." *BMC Public Health* **13**: 225.
- Beaujean, D. J., F. Gassner, et al. (2013). "Determinants and protective behaviours regarding tick bites among school children in the Netherlands: a cross-sectional study." *BMC Public Health* **13**: 1148.
- Behzadian, M., R. B. Kazemadep, et al. (2010). "PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications." *Eur J Oper Res* **200**(1): 198-215.
- Bennet, L., L. Stjernberg, et al. (2007). "Effect of gender on clinical and epidemiologic features of Lyme borreliosis." *Vector Borne Zoonotic Dis* **7**(1): 34-41.

- Bockenstedt, L. K. and G. P. Wormser (2014). "Review: unraveling Lyme disease." *Arthritis Rheumatol* **66**(9): 2313-2323.
- Bots, P.W., H. J. A. (2000). "Designing multi-criteria decision analysis processes for priority setting in health policy." *JMCDA* **9**(1-3): 56-75.
- Bohrnstedt, G. W. (2010). "Measurement models for survey research" in *Handbook of survey research*, Second Edition, Eds: Marsden and Wright. Emerald Group Publishing.
- Bouchard, C. (2013). *Éco-épidémiologie de la maladie de Lyme dans le Sud-Ouest du Québec: étude des facteurs environnementaux associés à son établissement*. Faculté de médecine vétérinaire. Saint-Hyacinthe, Université de Montréal. **PhD**: 224.
- Brans, J. P. and B. Mareschal (1994). "The PROMETHEE GAIA decision support system for multicriteria investigations." *Investigation Operative* **4**(2): 107-117.
- Brans, J. P., P. Vincke, et al. (1986). "How to select and how to rank projects: The Promethee method." *Eur J Oper Res* **24**(2): 228-238.
- Braun, V. and V. Clarke (2006). "Using thematic analysis in psychology." *Qual Res Psychol* **3**(2): 77-101.
- Braunsberger, K., H. Wybenga, et al. (2007). "A comparison of reliability between telephone and web-based surveys." *J Bus Res* **60**(7): 758-764.
- Brei, B., J. S. Brownstein, et al. (2009). "Evaluation of the United States Department Of Agriculture Northeast Area-wide Tick Control Project by meta-analysis." *Vector Borne Zoonotic Dis* **9**(4): 423-430.
- Brett, M. E., A. F. Hinckley, et al. (2014). "U.S. healthcare providers' experience with Lyme and other tick-borne diseases." *Ticks Tick Borne Dis* **5**(4): 404-408.
- Brewer, N. T., N. D. Weinstein, et al. (2004). "Risk perceptions and their relation to risk behavior." *Ann Behav Med* **27**(2): 125-130.
- Briand, S., A. Beresniak, et al. (2009). "Assessment of yellow fever epidemic risk: an original multi-criteria modeling approach." *PLoS Negl Trop Dis* **3**(7): e483.
- Brownson, R. C., J. E. Fielding, et al. (2009). "Evidence-based public health: a fundamental concept for public health practice." *Annu Rev Public Health* **30**: 175-201.
- Brownstein, J. S., T. R. Holford, et al. (2005). "Effect of Climate Change on Lyme Disease Risk in North America." *Ecohealth* **2**(1): 38-46.
- Brownstein, J. S., D. K. Skelly, et al. (2005). "Forest fragmentation predicts local scale heterogeneity of Lyme disease risk." *Oecologia* **146**(3): 469-475.
- Bunch M. J., Waltner-Toews D., 2015. "Grappling with complexity: the context for One Health and the Ecohealth approach" in *One Health: the theory and practice of integrated health approaches*. Zinsstag, J., E. Schelling, et al., Eds. *One Health: the theory and practice of integrated health approaches*. , CABI.
- Burgdorfer, W., A. G. Barbour, et al. (1982). "Lyme disease-a tick-borne spirochetosis?" *Science* **216**(4552): 1317-1319.
- Burstein, P. (2003) "The Impact of Public Opinion on Public Policy: A Review and an Agenda." *Pol Res Quat* **56**(1): 29-40.

- Carpenter, C. J. (2010). "A meta-analysis of the effectiveness of health belief model variables in predicting behavior." *Health Commun* **25**(8): 661-669.
- Carroll, J. F., P. C. Allen, et al. (2002). "Control of *Ixodes scapularis* and *Amblyomma americanum* through use of the '4-poster' treatment device on deer in Maryland." *Exp Appl Acarol* **28**(1-4): 289-296.
- Carroll, J. F., V. B. Solberg, et al. (2004). "Comparative activity of deet and AI3-37220 repellents against the ticks *Ixodes scapularis* and *Amblyomma americanum* (Acari: Ixodidae) in laboratory bioassays." *J Med Entomol* **41**(2): 249-254.
- Cartter, M. L., T. A. Farley, et al. (1989). "Lyme disease prevention--knowledge, beliefs, and behaviors among high school students in an endemic area." *Conn Med* **53**(6): 354-356.
- Catley, A., R. G. Alders, et al. (2012). "Participatory epidemiology: approaches, methods, experiences." *Vet J* **191**(2): 151-160.
- CDC (2013). "CDC provides estimate of Americans diagnosed with Lyme disease each year." from <http://www.cdc.gov/media/releases/2013/p0819-lyme-disease.html>.
- CDC (2013). "Three Sudden Cardiac Deaths Associated with Lyme Carditis — United States, November 2012–July 2013." *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* **62**(49): 993-996.
- CDC (2015). "Preventing ticks in the yard" from http://www.cdc.gov/lyme/prev/in_the_yard.html.
- CEFRIQ (2013). "Utilisation d'internet au Québec en décembre 2012." From <http://www.cefrio.qc.ca/blogue/stat/blogue-usainternet-janv2013-2/>
- Charron, D. F. (2012). "Ecosystem approaches to health for a global sustainability agenda." *Ecohealth* **9**(3): 256-266.
- Charron, D. F. (2014). *La recherche écosanté en pratique: Applications novatrices d'une approche écosystémique de la santé*, Springer, 310 p.
- Chauvin, B., D. Hermand, et al. (2007). "Risk perception and personality facets." *Risk Anal* **27**(1): 171-185.
- Commission on Social Determinants of Health (2008). *Closing the Gap in a Generation: Health Equity Through Action on the Social Determinants of Health*. World Health Organization.
- Connally, N. P., A. J. Durante, et al. (2009). "Peridomestic Lyme disease prevention: results of a population-based case-control study." *Am J Prev Med* **37**(3): 201-206.
- Conner M., N. P. (2005). *Predicting Health Behaviour*, Open University Press.
- CoPEH-CAN, 2015. « Communauté de pratique canadienne en approches écosystémiques de la santé » from <http://www.copeh-canada.org/>
- Cox, R., J. Sanchez, et al. (2013). "Multi-criteria decision analysis tools for prioritising emerging or re-emerging infectious diseases associated with climate change in Canada." *PLoS One* **8**(8): e68338.
- Crang, K. (2009). *Knowledge and perception of Lyme disease in Manitoba: Implications for risk assessment*. Department of Environment and Geography. Winnipeg, University of Manitoba. Master of Environment: 278.

- Creswell, J. W. and V. L. Clark (2011). *Designing and conducting mixed methods research*, Sage.
- Crippa, M., O. Rais, et al. (2002). "Investigations on the mode and dynamics of transmission and infectivity of *Borrelia burgdorferi sensu stricto* and *Borrelia afzelii* in *Ixodes ricinus* ticks." *Vector Borne Zoonotic Dis* **2**(1): 3-9.
- Curran, K. L., D. Fish, et al. (1993). "Reduction of Nymphal *Ixodes dammini* (Acari: Ixodidae) in a residential suburban landscape by area application of insecticides." *J Med Entomol* **30**(1): 107-113.
- Daltroy, L. H., C. Phillips, et al. (2007). "A controlled trial of a novel primary prevention program for Lyme disease and other tick-borne illnesses." *Health Educ Behav* **34**(3): 531-542.
- Daniels, T. J., D. Fish, et al. (1991). "Evaluation of host-targeted acaricide for reducing risk of Lyme disease in southern New York state." *J Med Entomol* **28**(4): 537-543.
- Daniels, T. J., D. Fish, et al. (1993). "Reduced abundance of *Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae) and Lyme disease risk by deer exclusion." *J Med Entomol* **30**(6): 1043-1049.
- De Montis, A., P. De Toro, et al. (2004). *Assessing the quality of different MCDA methods. Alternatives for Environmental Valuation*. M. Getzner, C. L. Spash and S. Stagl, Routledge: 100-133.
- de Vries, H. and S. van Dillen (2002). "Prevention of Lyme disease in Dutch children: analysis of determinants of tick inspection by parents." *Prev Med* **35**(2): 160-165.
- Deblinger, R. D. and D. W. Rimmer (1991). "Efficacy of a permethrin-based acaricide to reduce the abundance of *Ixodes dammini* (Acari: Ixodidae)." *J Med Entomol* **28**(5): 708-711.
- Deblinger, R. D., M. L. Wilson, et al. (1993). "Reduced abundance of immature *Ixodes dammini* (Acari: Ixodidae) following incremental removal of deer." *J Med Entomol* **30**(1): 144-150.
- Decker, D. J., D. T. Evensen, et al. (2010). "Understanding risk perceptions to enhance communication about human-wildlife interactions and the impacts of zoonotic disease." *ILAR J* **51**(3): 255-261.
- Del Rio Vilas, V. J., A. Burgeno, et al. (2013). "Prioritization of capacities for the elimination of dog-mediated human rabies in the Americas: building the framework." *Pathog Glob Health* **107**(7): 340-345.
- Del Rio Vilas, V. J., F. Voller, et al. (2013). "An integrated process and management tools for ranking multiple emerging threats to animal health." *Prev Vet Med* **108**(2-3): 94-102.
- Dehnert, M., V. Fingerle, et al. (2012). "Seropositivity of Lyme borreliosis and associated risk factors: a population-based study in Children and Adolescents in Germany (KiGGS)." *PLoS One* **7**(8): e41321.
- des Vignes, F., J. Piesman, et al. (2001). "Effect of tick removal on transmission of *Borrelia burgdorferi* and *Ehrlichia phagocytophila* by *Ixodes scapularis* nymphs." *J Infect Dis* **183**(5): 773-778.
- Dolan, M. C., G. O. Maupin, et al. (2004). "Control of immature *Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae) on rodent reservoirs of *Borrelia burgdorferi* in a residential community of southeastern Connecticut." *J Med Entomol* **41**(6): 1043-1054.

- Dreisinger, M., T. L. Leet, et al. (2008). "Improving the public health workforce: evaluation of a training course to enhance evidence-based decision making." *J Public Health Manag Pract* **14**(2): 138-143.
- Dube, E., D. Gagnon, et al. (2014). "Seasonal influenza vaccination uptake in Quebec, Canada, 2 years after the influenza A(H1N1) pandemic." *Am J Infect Control* **42**(5): e55-59.
- Eisen, L. and R. J. Eisen (2011). "Using geographic information systems and decision support systems for the prediction, prevention, and control of vector-borne diseases." *Annu Rev Entomol* **56**: 41-61.
- Eisen, R. J., J. Piesman, et al. (2012). "What do we need to know about disease ecology to prevent Lyme disease in the northeastern United States?" *J Med Entomol* **49**(1): 11-22.
- FAO, WHO, et al. (2008). "Contributing to One world, One health. A Strategic Framework for reducing risks of infectious diseases at the animal-human-ecosystems interface", Consultation document.
- Feria-Arroyo, T. P., I. Castro-Arellano, et al. (2014). "Implications of climate change on the distribution of the tick vector *Ixodes scapularis* and risk for Lyme disease in the Texas-Mexico transboundary region." *Parasit Vectors* **7**: 199.
- Ferrouillet, C., L. Lambert, et al. (2012). Consultation sur l'état actuel de la surveillance des zoonoses au Québec et son adéquation avec les changements climatiques et écologique. Québec, Institut national de santé publique du Québec.
- Fikrig, E., S. W. Barthold, et al. (1991). "Protection of Mice from Lyme Borreliosis by Oral Vaccination with *Escherichia coli* Expressing *OspA*." *J Infect Dis* **164**(6): 1224-1227.
- Finch, C., M. S. Al-Damluji, et al. (2014). "Integrated assessment of behavioral and environmental risk factors for Lyme disease infection on Block Island, Rhode Island." *PLoS One* **9**(1): e84758.
- Fischhoff, B. (1995). "Risk perception and communication unplugged: twenty years of process." *Risk Anal* **15**(2): 137-145.
- Fischhoff, B. (2005). "Decision research strategies." *Health Psychol* **24**(4 Suppl): S9-S16.
- Fischhoff, B., A. Bostrom, et al. (1993). "Risk perception and communication." *Annu Rev Public Health* **14**: 183-203.
- Fish, D. (1995). "Environmental risk and prevention of Lyme disease." *Am J Med* **98**(4A): 2S-8S; discussion 8S-9S.
- Fishbein, M. (1980). "A theory of reasoned action: some applications and implications." *Nebr Symp Motiv* **27**: 65-116.
- Gage, K. L., T. R. Burkot, et al. (2008). "Climate and vectorborne diseases." *Am J Prev Med* **35**(5): 436-450.
- Gamper, C. D. and C. Turcanu (2007). "On the governmental use of multi-criteria analysis." *Ecological Economics* **62**(2): 298-307.
- Garner, M. J., C. Carson, et al. (2015). "An assessment of antimicrobial resistant disease threats in Canada." *PLoS One* **10**(4): e0125155.
- Gaulin, C., Leblanc, M., et al. (2014). "Maladie de Lyme: une maladie en progression au Québec." *Flash Vigie*, 8(5), 1-3

- Gern, L. (2008). "Borrelia burgdorferi sensu lato, the agent of lyme borreliosis: life in the wilds." *Parasite* **15**(3): 244-247.
- Gern, L., E. Rouvinez, et al. (1997). "Transmission cycles of Borrelia burgdorferi sensu lato involving Ixodes ricinus and/or I. hexagonus ticks and the European hedgehog, Erinaceus europaeus, in suburban and urban areas in Switzerland." *Folia Parasitol (Praha)* **44**(4): 309-314.
- Godin, J. (1991). "L'éducation pour la santé: les fondements psychosociaux de la définition des messages éducatifs." *Sci Soc Sante* **9**(1): 67-94.
- Gomes-Solecki, M. J., D. R. Brisson, et al. (2006). "Oral vaccine that breaks the transmission cycle of the Lyme disease spirochete can be delivered via bait." *Vaccine* **24**(20): 4440-4449.
- Gosling, S. D., S. Vazire, et al. (2004). "Should we trust web-based studies? A comparative analysis of six preconceptions about internet questionnaires." *Am Psychol* **59**(2): 93-104.
- Gould, L. H., R. S. Nelson, et al. (2008). "Knowledge, attitudes, and behaviors regarding Lyme disease prevention among Connecticut residents, 1999-2004." *Vector Borne Zoonotic Dis* **8**(6): 769-776.
- Gray, J. S., M. Granstrom, et al. (1998). "Lyme borreliosis awareness." *Zentralbl Bakteriol* **287**(3): 253-265.
- Gray, J. S., O. Kahl, et al. (1994). "Acquisition of Borrelia burgdorferi by Ixodes ricinus ticks fed on the European hedgehog, Erinaceus europaeus L." *Exp Appl Acarol* **18**(8): 485-491.
- Guitouni, A. and J.-M. Martel (1998). "Tentative guidelines to help choosing an appropriate MCDA method " *Eur J Oper Res* **109**(2): 501-521.
- Gutierrez, R. L. and C. F. Decker (2012). "Prevention of tick-borne illness." *Dis Mon* **58**(6): 377-387.
- Hallman, W., N. Weinstein, et al. (1995). "Precautions taken against Lyme disease at three recreational parks in endemic areas of New Jersey." *Environ Behav* **27**(4): 437-453.
- Hallstrom, L. K., Guehlstorf, N. P., Parkes, M. W. (2015). *Ecosystems, society, and health. Pathways through diversity, convergence, and integration.* McGill-Queen's University Press, 337p.
- Hanson, M. S. and R. Edelman (2003). "Progress and controversy surrounding vaccines against Lyme disease." *Expert Rev Vaccines* **2**(5): 683-703.
- Harrison, J. A., P. D. Mullen, et al. (1992). "A meta-analysis of studies of the Health Belief Model with adults." *Health Educ Res* **7**(1): 107-116.
- Hayes, E. B. and J. Piesman (2003). "How can we prevent Lyme disease?" *N Engl J Med* **348**(24): 2424-2430.
- Hayez, Q., Y. De Smet, et al. (2012). *D-Sight: A New Decision Making Software to Address Multi-Criteria Problems*, IGI Global: 1-23.
- Heller, J. E., E. Benito-Garcia, et al. (2010). "Behavioral and attitudes survey about Lyme disease among a Brazilian population in the endemic area of Martha's Vineyard, Massachusetts." *J Immigr Minor Health* **12**(3): 377-383.

- Henningsson, A. J., B. E. Malmvall, et al. (2010). "Neuroborreliosis--an epidemiological, clinical and healthcare cost study from an endemic area in the south-east of Sweden." *Clin Microbiol Infect* **16**(8): 1245-1251.
- Henry, B., A. Crabtree, et al. (2012). "Lyme disease: knowledge, beliefs, and practices of physicians in a low-endemic area." *Can Fam Physician* **58**(5): e289-295.
- Herrington, J. E. (2004). "Risk perceptions regarding ticks and Lyme disease: a national survey." *Am J Prev Med* **26**(2): 135-140.
- Herrington, J. E., Jr., G. L. Campbell, et al. (1997). "Predisposing factors for individuals' Lyme disease prevention practices: Connecticut, Maine, and Montana." *Am J Public Health* **87**(12): 2035-2038.
- Hill, D. and T. Holmes (2015). "Provider knowledge, attitudes, and practices regarding Lyme disease in Arkansas." *J Community Health* **40**(2): 339-346.
- Hirsch-Hadorn, G., H. Hoffmann-Riem, et al., Eds. (2008). *Handbook of transdisciplinarity research*, Springer.
- Hoehl, A. G., L. G. Rollin, et al. (2009). "Effects of tick control by acaricide self-treatment of white-tailed deer on host-seeking tick infection prevalence and entomologic risk for *Ixodes scapularis*-borne pathogens." *Vector Borne Zoonotic Dis* **9**(4): 431-438.
- Hofhuis, A., J. W. van der Giessen, et al. (2006). "Lyme borreliosis in the Netherlands: strong increase in GP consultations and hospital admissions in past 10 years." *Euro Surveill* **11**(6): E060622 060622.
- Hongoh, V., A. G. Hoen, et al. (2011). "Spatially explicit multi-criteria decision analysis for managing vector-borne diseases." *Int J Health Geogr* **10**: 70.
- Hook, S. A., C. A. Nelson, et al. (2015). "U.S. public's experience with ticks and tick-borne diseases: Results from national HealthStyles surveys." *Ticks Tick Borne Dis* **6**(4): 483-488.
- Hsia, E. C., J. B. Chung, et al. (2002). "Cost-effectiveness analysis of the Lyme disease vaccine." *Arthritis Rheum* **46**(6): 1651-1660.
- Humblet, M.-F., S. Vandeputte, et al. (2012). "Multidisciplinary and Evidence-based Method for Prioritizing Diseases of Food-producing Animals and Zoonoses." *Emerg Infect Dis* **18**(4): e1-e1.
- INSPQ (2003). *Cadre de référence en gestion des risques pour la santé dans le réseau québécois de la santé publique*. Québec, Institut national de santé publique du Québec.
- Ivanova, L. B., A. Tomova, et al. (2014). "Borrelia chilensis, a new member of the Borrelia burgdorferi sensu lato complex that extends the range of this genospecies in the Southern Hemisphere." *Environ Microbiol* **16**(4): 1069-1080.
- Janz, N. K. and M. H. Becker (1984). "The Health Belief Model: a decade later." *Health Educ Q* **11**(1): 1-47.
- Jaenson, T. G. and L. Talleklint (1996). "Lyme borreliosis spirochetes in Ixodes ricinus (Acari:Ixodidae) and the varying hare on isolated islands in the Baltic, Sea." *J Med Entomol* **33**(3): 339-343.

- Jagosh, J., A. C. Macaulay, et al. (2012). "Uncovering the Benefits of Participatory Research: Implications of a Realist Review for Health Research and Practice." *Milbank Quarterly* **90**(2): 311-346.
- Janes, C. R., K. K. Corbett, et al. (2012). "Emerging infectious diseases: the role of social sciences." *Lancet* **380**(9857): 1884-1886.
- Jehu-Appiah, C., R. Baltussen, et al. (2008). "Balancing equity and efficiency in health priorities in Ghana: the use of multicriteria decision analysis." *Value Health* **11**(7): 1081-1087.
- Jenicek, M. (1997). "Epidemiology, evidenced-based medicine, and evidence-based public health." *J Epidemiol* **7**(4): 187-197.
- Jenks, N. P. and J. Trapasso (2005). "Lyme risk for immigrants to the United States: the role of an educational tool." *J Travel Med* **12**(3): 157-160.
- Jones, K. E., N. G. Patel, et al. (2008). "Global trends in emerging infectious diseases." *Nature* **451**(7181): 990-993.
- Kaplan, R. F., R. P. Trevino, et al. (2003). "Cognitive function in post-treatment Lyme disease: do additional antibiotics help?" *Neurology* **60**(12): 1916-1922.
- Karesh, W. B., A. Dobson, et al. (2012). "Ecology of zoonoses: natural and unnatural histories." *Lancet* **380**(9857): 1936-1945.
- Kasl, S. V. and S. Cobb (1966). "Health behavior, illness behavior, and sick role behavior. I. Health and illness behavior." *Arch Environ Health* **12**(2): 246-266.
- Klempner, M. S., L. T. Hu, et al. (2001). "Two controlled trials of antibiotic treatment in patients with persistent symptoms and a history of Lyme disease." *N Engl J Med* **345**(2): 85-92.
- Koffi, J. K., P. A. Leighton, et al. (2012). "Passive surveillance for *I. scapularis* ticks: enhanced analysis for early detection of emerging Lyme disease risk." *J Med Entomol* **49**(2): 400-409.
- Krupp, L. B., L. G. Hyman, et al. (2003). "Study and treatment of post Lyme disease (STOP-LD): a randomized double masked clinical trial." *Neurology* **60**(12): 1923-1930.
- Kurtenbach, K., K. Hanincova, et al. (2006). "Fundamental processes in the evolutionary ecology of Lyme borreliosis." *Nat Rev Microbiol* **4**(9): 660-669.
- Lane, R. S., S. A. Manweiler, et al. (1992). "Risk factors for Lyme disease in a small rural community in northern California." *Am J Epidemiol* **136**(11): 1358-1368.
- Leavell, H. R. and E. G. Clark (1965). *Preventive medicine for the doctor in his community: An epidemiologic approach*. New York, McGraw-Hill Book Company.
- Leger, E., G. Vourc'h, et al. (2013). "Changing distributions of ticks: causes and consequences." *Exp Appl Acarol* **59**(1-2): 219-244.
- Leger Marketing (2015). Site web: <http://leger360.com/en-CA/home.asp>.
- Leighton, P. A., J. K. Koffi, et al. (2012). "Predicting the speed of tick invasion: an empirical model of range expansion for the Lyme disease vector *Ixodes scapularis* in Canada." *J Appl Ecol* **49**(2): 457-464.
- Ley, C., E. M. Olshen, et al. (1995). "Case-control study of risk factors for incident Lyme disease in California." *Am J Epidemiol* **142**(9 Suppl): S39-47.

- Liebisch, G., B. Finkbeiner-Weber, et al. (1996). "The infection with *Borrelia burgdorferi* s.l. in the European hedgehog (*Erinaceus europaeus*) and its ticks." *Parassitologia* **38**: 385.
- Lindgren, E., L. Talleklint, et al. (2000). "Impact of climatic change on the northern latitude limit and population density of the disease-transmitting European tick *Ixodes ricinus*." *Environ Health Perspect* **108**(2): 119-123.
- Lindsay, L. R., K. Bernat, et al. (2014). "Diagnostic en laboratoire de la maladie de Lyme." *Can Commun Dis Rep* **40**(11).
- Littman, M. P., R. E. Goldstein, et al. (2006). "ACVIM small animal consensus statement on Lyme disease in dogs: diagnosis, treatment, and prevention." *J Vet Intern Med* **20**(2): 422-434.
- Llewellyn, D. M., A. Brazier, et al. (1996). "Occupational exposure to permethrin during its use as a public hygiene insecticide." *Ann Occup Hyg* **40**(5): 499-509.
- Magid, D., B. Schwartz, et al. (1992). "Prevention of Lyme disease after tick bites. A cost-effectiveness analysis." *N Engl J Med* **327**(8): 534-541.
- Magri, J. M., M. T. Johnson, et al. (2002). "Lyme disease knowledge, beliefs, and practices of New Hampshire primary care physicians." *J Am Board Fam Pract* **15**(4): 277-284.
- Maher, N. E., J. L. Akerblom, et al. (2004). "A Lyme disease education program changes knowledge, attitudes and behaviors in elementary school children living in an endemic area." *Arthritis and Rheumatism* **50**(9): S77-S77.
- Malouin, R., P. Winch, et al. (2003). "Longitudinal evaluation of an educational intervention for preventing tick bites in an area with endemic lyme disease in Baltimore County, Maryland." *Am J Epidemiol* **157**(11): 1039-1051.
- Mareschal, B. and J.-P. Brans (1988). "Geometrical representations for MCDA." *Eur J Oper Res* **34**(1): 69-77.
- Margos, G., A. Hojgaard, et al. (2010). "Multilocus sequence analysis of *Borrelia bissettii* strains from North America reveals a new *Borrelia* species, *Borrelia kurtenbachii*." *Ticks Tick Borne Dis* **1**(4): 151-158.
- Marsden, P. V. and J. D. Wright (2010). *The Handbook of Survey Research*. Bingley, Emerald Group Publishing.
- Marsh, K., P. Dolan, et al. (2013). "Prioritizing investments in public health: a multi-criteria decision analysis." *J Public Health (Oxf)* **35**(3): 460-466.
- Mather, T. N., D. C. Duffy, et al. (1993). "An unexpected result from burning vegetation to reduce Lyme disease transmission risks." *J Med Entomol* **30**(3): 642-645.
- Mather, T. N., J. M. Ribeiro, et al. (1987). "Lyme disease and babesiosis: acaricide focused on potentially infected ticks." *Am J Trop Med Hyg* **36**(3): 609-614.
- Maupin, G. O., D. Fish, et al. (1991). "Landscape ecology of Lyme disease in a residential area of Westchester County, New York." *Am J Epidemiol* **133**(11): 1105-1113.
- Mawby, T. V. and A. A. Lovett (1998). "The public health risks of Lyme disease in Breckland, U.K.: an investigation of environmental and social factors." *Soc Sci Med* **46**(6): 719-727.
- McKenna, D., Y. Faustini, et al. (2004). "Factors influencing the utilization of Lyme disease-prevention behaviors in a high-risk population." *J Am Acad Nurse Pract* **16**(1): 24-30.

- Medlock, J. M., K. M. Hansford, et al. (2013). "Driving forces for changes in geographical distribution of *Ixodes ricinus* ticks in Europe." *Parasit Vectors* **6**: 1.
- Meltzer, M. I., D. T. Dennis, et al. (1999). "The cost effectiveness of vaccinating against Lyme disease." *Emerg Infect Dis* **5**(3): 321-328.
- Milz, G. (2008). *Beyond Ad-Hoc: An application of Multiple Criteria Decision Analysis in Emergency Planning and Response*. College of Design, Architecture, Art and Planning. Cincinnati, University of Cincinnati. Master of community planning.
- Monaghan, A. J., S. M. Moore, et al. (2015). "Climate change influences on the annual onset of Lyme disease in the United States." *Ticks Tick Borne Dis*.
- Montibeller, G. (2005). From (and to) a new generation of multi-criteria decision analysts: An introduction to the field and a personal view on its future. *Keynote Papers - YOR 14 Conference, University of Bath, 4-6 Apr, 2005*.
- Moosmann, Y., M. Brossard, et al. (2012). "Estimated Lyme borreliosis incidence in the canton of Neuchâtel (Switzerland). ." *Bulletin de la Société neuchâteloise des Sciences Naturelles* **132**: 47-56.
- Mourits, M., Oude Lansink, A., (2006). *Multi-Criteria decision making to evaluate quarantine disease control strategies. New approaches to the Economics of Plant Health*. Wageningen, Springer: 131-144.
- Mourits, M. C., M. A. van Asseldonk, et al. (2010). "Multi Criteria Decision Making to evaluate control strategies of contagious animal diseases." *Prev Vet Med* **96**(3-4): 201-210.
- Mowbray, F., R. Amlot, et al. (2012). "Ticking all the boxes? A systematic review of education and communication interventions to prevent tick-borne disease." *Vector Borne Zoonotic Dis* **12**(9): 817-825.
- Mowbray, F., R. Amlot, et al. (2014). "Predictors of protective behaviour against ticks in the UK: A mixed methods study." *Ticks Tick Borne Dis* **5**(4): 392-400.
- Murray, T. S. and E. D. Shapiro (2010). "Lyme disease." *Clin Lab Med* **30**(1): 311-328.
- Nahimana, I., L. Gern, et al. (2000). "[Epidemiology of Lyme borreliosis in French-speaking Switzerland]." *Schweiz Med Wochenschr* **130**(41): 1456-1461.
- Ng, V. and J. M. Sargeant (2012). "A stakeholder-informed approach to the identification of criteria for the prioritization of zoonoses in Canada." *PLoS One* **7**(1): e29752.
- Ng, V. and J. M. Sargeant (2013). "A quantitative approach to the prioritization of zoonotic diseases in North America: a health professionals' perspective." *PLoS One* **8**(8): e72172.
- Ogden, N. H., H. Artsob, et al. (2008). "Lyme disease: a zoonotic disease of increasing importance to Canadians." *Can Fam Physician* **54**(10): 1381-1384.
- Ogden, N. H., M. Bigras-Poulin, et al. (2008). "Projected effects of climate change on tick phenology and fitness of pathogens transmitted by the North American tick *Ixodes scapularis*." *J Theor Biol* **254**(3): 621-632.
- Ogden, N. H., C. Bouchard, et al. (2010). "Active and passive surveillance and phylogenetic analysis of *Borrelia burgdorferi* elucidate the process of Lyme disease risk emergence in Canada." *Environ Health Perspect* **118**(7): 909-914.
- Ogden, N. H., E. J. Feil, et al. (2015). "Evolutionary aspects of an emerging Lyme Disease in Canada." *Appl Environ Microbiol*.

- Ogden, N. H., J. K. Koffi, et al. (2014). "Risque environnemental pour la maladie de Lyme dans l'est et le centre du Canada : un sommaire d'informations récentes en matière de surveillance." *Can Commun Dis Rep* 40-5, 6 mars 2014
- Ogden, N. H., L. R. Lindsay, et al. (2008). "The rising challenge of Lyme borreliosis in Canada." *Can Commun Dis Rep* **34**(1): 1-19.
- Ogden, N. H., L. R. Lindsay, et al. (2009). "The emergence of Lyme disease in Canada." *CMAJ* **180**(12): 1221-1224.
- Ogden, N. H., S. Mechai, et al. (2013). "Changing geographic ranges of ticks and tick-borne pathogens: drivers, mechanisms and consequences for pathogen diversity." *Front Cell Infect Microbiol* **3**: 46.
- Ogden, N. H., M. Radojevic, et al. (2014). "Estimated effects of projected climate change on the basic reproductive number of the Lyme disease vector *Ixodes scapularis*." *Environ Health Perspect* **122**(6): 631-638.
- Ogden, N. H., L. St-Onge, et al. (2008). "Risk maps for range expansion of the Lyme disease vector, *Ixodes scapularis*, in Canada now and with climate change." *Int J Health Geogr* **7**: 24.
- Olsen, B., D. C. Duffy, et al. (1995). "Transhemispheric exchange of Lyme disease spirochetes by seabirds." *J Clin Microbiol* **33**(12): 3270-3274.
- Olsen, B., T. G. Jaenson, et al. (1993). "A Lyme borreliosis cycle in seabirds and *Ixodes uriae* ticks." *Nature* **362**(6418): 340-342.
- Olstedal S, M. B., Klempe H, Rundmo T (2004). Explaining risk perception. An evaluation of cultural theory. R. publications. Trondheim, Norwegian University of Science and Technology.
- Orloski, K. A., G. L. Campbell, et al. (1998). "Emergence of Lyme disease in Hunterdon County, New Jersey, 1993: a case-control study of risk factors and evaluation of reporting patterns." *Am J Epidemiol* **147**(4): 391-397.
- Paridaen, J. T., E. Janson, et al. (2011). "The nucleolar GTP-binding proteins Gnl2 and nucleostemin are required for retinal neurogenesis in developing zebrafish." *Dev Biol* **355**(2): 286-301.
- Parthasarathy, G., H. B. Fevrier, et al. (2013). "Non-viable *Borrelia burgdorferi* induce inflammatory mediators and apoptosis in human oligodendrocytes." *Neurosci Lett* **556**: 200-203.
- Patrican, L. A. and S. A. Allan (1995). "Application of desiccant and insecticidal soap treatments to control *Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae) nymphs and adults in a hyperendemic woodland site." *J Med Entomol* **32**(6): 859-863.
- Patrican, L. A. and S. A. Allan (1995). "Laboratory evaluation of desiccants and insecticidal soap applied to various substrates to control the deer tick *Ixodes scapularis*." *Med Vet Entomol* **9**(3): 293-299.
- Pearce, N. and F. Merletti (2006). "Complexity, simplicity, and epidemiology." *Int J Epidemiol* **35**(3): 515-519.
- Phillips, C. B., M. H. Liang, et al. (2001). "Lyme disease and preventive behaviors in residents of Nantucket Island, Massachusetts." *Am J Prev Med* **20**(3): 219-224.

- Piacentino, J. D. and B. S. Schwartz (2002). "Occupational risk of Lyme disease: an epidemiological review." *Occup Environ Med* **59**(2): 75-84.
- Piesman, J. (2006). "Strategies for reducing the risk of Lyme borreliosis in North America." *Int J Med Microbiol* **296**(Supplement 1): 17-22.
- Piesman, J. (2006). "Strategies for reducing the risk of Lyme borreliosis in North America." *Int J Med Microbiol* **296 Suppl 40**: 17-22.
- Piesman, J. and L. Eisen (2008). "Prevention of tick-borne diseases." *Annu Rev Entomol* **53**: 323-343.
- Piesman, J. and L. Gern (2004). "Lyme borreliosis in Europe and North America." *Parasitology* **129 Suppl**: S191-220.
- Piesman, J., T. N. Mather, et al. (1987). "Seasonal variation of transmission risk of Lyme disease and human babesiosis." *Am J Epidemiol* **126**(6): 1187-1189.
- Piesman, J. and A. Spielman (1979). "Host-Associations and Seasonal Abundance of Immature *Ixodes dammini* in Southeastern Massachusetts." *Ann Entomol Soc Am* **72**(6): 829-832
- Poland, G. A. (2001). "Prevention of Lyme disease: a review of the evidence." *Mayo Clin Proc* **76**(7): 713-724.
- Poland, G. A. (2001). "Prevention of Lyme disease: a review of the evidence." *Mayo Clinic Proceedings* **76**(7): 713-724.
- Poland, G. A. and R. M. Jacobson (2001). "The prevention of Lyme disease with vaccine." *Vaccine* **19**(17-19): 2303-2308.
- Public Health Agency of Canada (2015). "National Lyme Disease Surveillance in Canada 2009-2012." from <http://healthycanadians.gc.ca/publications/diseases-conditions-maladies-affections/2009-2012-lyme/index-eng.php#a4>.
- Rabinowitz, P. and L. Conti (2013). "Links among human health, animal health, and ecosystem health." *Annu Rev Public Health* **34**: 189-204.
- Rand, P. W., C. Lubelczyk, et al. (2004). "Abundance of *Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae) after the complete removal of deer from an isolated offshore island, endemic for Lyme Disease." *J Med Entomol* **41**(4): 779-784.
- Randolph, S. E. (2001). "The shifting landscape of tick-borne zoonoses: tick-borne encephalitis and Lyme borreliosis in Europe." *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* **356**(1411): 1045-1056.
- Randolph, S. E. (2004). "Evidence that climate change has caused 'emergence' of tick-borne diseases in Europe?" *Int J Med Microbiol* **293 Suppl 37**: 5-15.
- Randolph, S. E., R. M. Green, et al. (2000). "Seasonal synchrony: the key to tick-borne encephalitis foci identified by satellite data." *Parasitology* **121 (Pt 1)**: 15-23.
- Richard, S. and A. Oppliger (2015). "Zoonotic occupational diseases in forestry workers - Lyme borreliosis, tularemia and leptospirosis in Europe." *Ann Agric Environ Med* **22**(1): 43-50.
- Richer, L. M., D. Brisson, et al. (2014). "Reservoir targeted vaccine against *Borrelia burgdorferi*: a new strategy to prevent Lyme disease transmission." *J Infect Dis* **209**(12): 1972-1980.
- Rizzoli, A., H. Hauffe, et al. (2011). "Lyme borreliosis in Europe." *Euro Surveill* **16**(27).

- Rizzoli, A., C. Silaghi, et al. (2014). "Ixodes ricinus and Its Transmitted Pathogens in Urban and Peri-Urban Areas in Europe: New Hazards and Relevance for Public Health." *Front Public Health* **2**: 251.
- Robertson, J., E. Guy, et al. (2000). "A European multicenter study of immunoblotting in serodiagnosis of lyme borreliosis." *J Clin Microbiol* **38**(6): 2097-2102.
- Rosenstock, I. M. (1966). "Why people use health services." *Milbank Mem Fund Q* **44**(3): Suppl:94-127.
- Rosenstock, I. M., V. J. Strecher, et al. (1988). "Social learning theory and the Health Belief Model." *Health Educ Q* **15**(2): 175-183.
- Rogers, R. W. (1975). "A Protection Motivation Theory of Fear Appeals and Attitude Change." *J Psychol* **91**(1): 93-114.
- Roy, B. (1985). *Méthodologie multicritère d'aide à la décision*. Paris, Economica.
- Samish, M. and J. Rehacek (1999). "Pathogens and predators of ticks and their potential in biological control." *Annu Rev Entomol* **44**: 159-182.
- Scherer, R. (2014). "PropCIs: Various confidence interval methods for proportions." from <http://cran.r-project.org/web/packages/PropCIs/index.html>.
- Schulze, T. L. and R. A. Jordan (1995). "Potential influence of leaf litter depth on effectiveness of granular carbaryl against subadult Ixodes scapularis (Acari: Ixodidae)." *J Med Entomol* **32**(2): 205-208.
- Schulze, T. L., R. A. Jordan, et al. (1995). "Suppression of subadult Ixodes scapularis (Acari: Ixodidae) following removal of leaf litter." *J Med Entomol* **32**(5): 730-733.
- Schulze, T. L., R. A. Jordan, et al. (2009). "Effectiveness of the 4-Poster passive topical treatment device in the control of Ixodes scapularis and Amblyomma americanum (Acari: Ixodidae) in New Jersey." *Vector Borne Zoonotic Dis* **9**(4): 389-400.
- Schulze, T. L., R. A. Jordan, et al. (2001). "Efficacy of granular deltamethrin against Ixodes scapularis and Amblyomma americanum (Acari: Ixodidae) nymphs." *J Med Entomol* **38**(2): 344-346.
- Schwabe C.W.(1984). *Veterinary medicine and human health*, Third Edition, Waverly Press.
- Schwarzer, R. (2008). "Modeling health behavior change: How to predict and modify the adoption and maintenance of health behaviors." *Appl Psychol* **57**(1): 1-29.
- Shadick, N. A., L. H. Daltroy, et al. (1997). "Determinants of tick-avoidance behaviors in an endemic area for Lyme disease." *Am J Prev Med* **13**(4): 265-270.
- Shen, A. K., P. S. Mead, et al. (2011). "The Lyme disease vaccine--a public health perspective." *Clin Infect Dis* **52 Suppl 3**: s247-252.
- Sibbald, B. (2003). "Larvicide debate marks start of another West Nile virus summer." *CMAJ* **168**(11): 1455.
- Sjoberg, L. (1998). "Risk Perception: Experts and the Public." *European Psychologist* **3**(1): 1-12.
- Sjoberg, L. (1998). "Worry and risk perception." *Risk Anal* **18**(1): 85-93.
- Sjoberg, L. (2000). "Factors in risk perception." *Risk Anal* **20**(1): 1-11.

- Sjoberg, L. (2002). "Are received risk perception models alive and well?" *Risk Anal* **22**(4): 665-669.
- Sjoberg, L. and B. M. Drottz-Sjoberg (1991). "Knowledge and risk perception among nuclear power plant employees." *Risk Anal* **11**(4): 607-618.
- Sjöberg L, M. B., Rundmo T (2004). Explaining risk perception. An evaluation of the psychometric paradigm in risk perception research. R. publications. Trondheim, Norwegian University of Science and Technology.
- Slovic, P. (1986). "Informing and educating the public about risk." *Risk Anal* **6**(4): 403-415.
- Slovic, P. (1987). "Perception of risk." *Science* **236**(4799): 280-285.
- Slovic, P. (2000). The perception of risk, Earthscan.
- Slovic, P. (2001). "The risk game." *J Hazard Mater* **86**(1-3): 17-24.
- Slovic, P., M. L. Finucane, et al. (2004). "Risk as analysis and risk as feelings: some thoughts about affect, reason, risk, and rationality." *Risk Anal* **24**(2): 311-322.
- Slovic, P., E. Peters, et al. (2005). "Affect, risk, and decision making." *Health Psychol* **24**(4 Suppl): S35-40.
- Smith, G., E. P. Wileyto, et al. (2001). "Risk factors for lyme disease in Chester County, Pennsylvania." *Public Health Rep* **116 Suppl 1**: 146-156.
- Smith, R. P., Jr., P. W. Rand, et al. (1993). "Norway rats as reservoir hosts for Lyme disease spirochetes on Monhegan Island, Maine." *J Infect Dis* **168**(3): 687-691.
- Sohl, S. J. and A. Moyer (2007). "Tailored interventions to promote mammography screening: A meta-analytic review." *Prev Med* **45**(4): 252-261.
- Solberg, V. B., J. A. Miller, et al. (2003). "Control of *Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae) with topical self-application of permethrin by white-tailed deer inhabiting NASA, Beltsville, Maryland." *J Vector Ecol* **28**(1): 117-134.
- Stafford, K. C., 3rd (1991). "Effectiveness of host-targeted permethrin in the control of *Ixodes dammini* (Acari: Ixodidae)." *J Med Entomol* **28**(5): 611-617.
- Stafford, K. C., 3rd (1992). "Third-year evaluation of host-targeted permethrin for the control of *Ixodes dammini* (Acari: Ixodidae) in southeastern Connecticut." *J Med Entomol* **29**(4): 717-720.
- Stafford, K. C., 3rd (1993). "Reduced abundance of *Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae) with exclusion of deer by electric fencing." *J Med Entomol* **30**(6): 986-996.
- Stafford, K. C., 3rd (1994). "Survival of immature *Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae) at different relative humidities." *J Med Entomol* **31**(2): 310-314.
- Stafford, K. C., 3rd, J. S. Ward, et al. (1998). "Impact of controlled burns on the abundance of *Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae)." *J Med Entomol* **35**(4): 510-513.
- Stanek, G. and F. Strle (2008). "Lyme disease: European perspective." *Infect Dis Clin North Am* **22**(2): 327-339, vii.
- Stanek, G. and F. Strle (2009). "Lyme borreliosis: a European perspective on diagnosis and clinical management." *Curr Opin Infect Dis* **22**(5): 450-454.
- Stanek, G., G. P. Wormser, et al. (2012). "Lyme borreliosis." *Lancet* **379**(9814): 461-473.

- Swiss Public Health Office (2015). "Ménages et populations - Utilisation d'internet." From http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/themen/16/04/key/approche_globale.indicator.30106.301.html
- Swiss Public Health Office (2011). "La borréliose de Lyme: Enquête Sentinella 2008 à 2010." Bulletin de l'Office fédéral de la santé publique **17 octobre 2011**(42): 895-898.
- Steere, A. C. (2001). "Lyme disease." N Engl J Med **345**(2): 115-125.
- Steere, A. C., J. Coburn, et al. (2004). "The emergence of Lyme disease." J Clin Invest **113**(8): 1093-1101.
- Steere, A. C., A. Dhar, et al. (2003). "Systemic symptoms without erythema migrans as the presenting picture of early Lyme disease." Am J Med **114**(1): 58-62.
- Talleklint, L. and T. G. Jaenson (1993). "Maintenance by hares of European *Borrelia burgdorferi* in ecosystems without rodents." J Med Entomol **30**(1): 273-276.
- The Expert Panel on Approaches to Animal Health Risk Assessment (2011). Healthy animals, Healthy Canada. Ottawa, Council of Canadian Academies
- Thompson, C., A. Spielman, et al. (2001). "Coinfecting deer-associated zoonoses: Lyme disease, babesiosis, and ehrlichiosis." Clin Infect Dis **33**(5): 676-685.
- Centre national de référence sur les maladies transmises par les tiques. Site web : <http://www2.unine.ch/cnrt/page-11421.html>.
- Tsao, J., A. G. Barbour, et al. (2001). "OspA immunization decreases transmission of *Borrelia burgdorferi* spirochetes from infected *Peromyscus leucopus* mice to larval *Ixodes scapularis* ticks." Vector Borne Zoonotic Dis **1**(1): 65-74.
- Tsao, J. I., J. T. Wootton, et al. (2004). "An ecological approach to preventing human infection: vaccinating wild mouse reservoirs intervenes in the Lyme disease cycle." Proc Natl Acad Sci U S A **101**(52): 18159-18164.
- Tsao, K., D. Fish, et al. (2012). "Predicted outcomes of vaccinating wildlife to reduce human risk of Lyme disease." Vector Borne Zoonotic Dis **12**(7): 544-551.
- Vaismoradi, M., H. Turunen, et al. (2013). "Content analysis and thematic analysis: Implications for conducting a qualitative descriptive study." Nursing & Health Sciences **15**(3): 398-405.
- Valente, S. L., D. Wemple, et al. (2014). "Preventive Behaviors and Knowledge of Tick-Borne Illnesses: Results of a Survey From an Endemic Area." J Public Health Manag Pract.
- vanGennip, C. E. G., J. A. M. Hulshof, et al. (1997). "A multi-criteria evaluation of diseases in a study for public-health planning." Eur J Oper Res **99**(2): 236-240.
- Vazquez, M., C. Muehlenbein, et al. (2008). "Effectiveness of personal protective measures to prevent Lyme disease." Emerg Infect Dis **14**(2): 210-216.
- Vose, D. (2008). Risk Analysis: A Quantitative guide, Wiley.
- Weiss M. G. (2001), "Cultural epidemiology: An introduction and overview." Anthropol Med, **8**:1, 5-29.
- WHO (2006). Lyme borrelioses in Europe: influences of climate and climate change, epidemiology, ecology and adaptation measures. Denmark, World Health Organisation.
- WHO and FAO (2007). Analyse des risques relatifs à la sécurité alimentaire. Rome, FAO.

- Wilhelmsson, P., L. Fryland, et al. (2015). "A prospective study on the incidence of *Borrelia burgdorferi* sensu lato infection after a tick bite in Sweden and on the Aland Islands, Finland (2008-2009)." *Ticks Tick Borne Dis*.
- Wilson, M. E. (2002). "Prevention of tick-borne diseases." *Med Clin North Am* **86**(2): 219-238.
- Wormser, G. P., R. J. Dattwyler, et al. (2006). "The clinical assessment, treatment, and prevention of lyme disease, human granulocytic anaplasmosis, and babesiosis: clinical practice guidelines by the Infectious Diseases Society of America." *Clin Infect Dis* **43**(9): 1089-1134.
- Youngkong, S., R. Baltussen, et al. (2010). "Criteria for priority setting of HIV/AIDS interventions in Thailand: a discrete choice experiment." *BMC Health Serv Res* **10**: 197.
- Zinsstag, J., E. Schelling, et al. (2005). "Potential of cooperation between human and animal health to strengthen health systems." *Lancet* **366**(9503): 2142-2145.
- Zinsstag, J., Waltner-Toews, D., Tanner, M. (2015). "Theoretical issues of One Health" in *One Health: the theory and practice of integrated health approaches*. Zinsstag, J., E. Schelling, et al., Eds. CABI.
- Zinsstag, J., E. Schelling, et al., Eds. (2015). *One Health: the theory and practice of integrated health approaches*. CABI.

Annexe 1 : Questionnaire (Volet Québécois)

« Évaluation de la perception du risque
de la maladie de Lyme par le grand public »

Volet québécois

Titre du projet de recherche

Perception et gestion du risque:

**Étude comparative de la problématique de la maladie de Lyme
au Québec et en Suisse**

Chercheure-Étudiante : Cécile Aenishaenslin, DMV, MSc

Directeur : Pascal Michel, DMV, PhD (Université de Montréal)

Co-directeur : André Ravel, DMV, PhD (Université de Montréal)

Version du 10 octobre 2012

1. Vous habitez la région de la Montérégie depuis :
 - Moins d'un an
 - 1 à 5 ans
 - 6 à 10 ans
 - Plus de 10 ans

2. Vous avez entendu parler de la maladie de Lyme, aussi appelé borréliose, pour la première fois :
 - Cette semaine
 - Au cours du dernier mois
 - Cette année, mais il y a plus d'un mois
 - Il y a plus d'un an
 - Je n'ai jamais entendu parler de la maladie de Lyme (**sauter les questions 3 à 6**)

Veillez répondre aux questions 3, 4, 5 et 6 selon vos connaissances actuelles. Cochez toutes les réponses qui s'appliquent:

3. La maladie de Lyme se transmet à l'homme:
 - Par contact avec des rongeurs
 - Par contact avec un individu
 - Par contact avec un chien infecté
 - Par une piqûre de tique
 - Par une piqûre de moustique
 - Je ne sais pas

4. Le premier symptôme de la maladie de Lyme est généralement:
 - De la diarrhée
 - Des vomissements
 - De la toux
 - Une plaque rougeâtre sur la peau
 - De la congestion nasale
 - Je ne sais pas

5. Lorsqu'elle est détectée rapidement, la maladie de Lyme peut être traitée :
 - Avec des antibiotiques sous forme de comprimés
 - Avec des crèmes appliquées sur la peau
 - Avec des médicaments contre la toux
 - Il n'y a pas de traitement pour la maladie de Lyme mais un vaccin préventif existe
 - Il n'y a ni traitement ni vaccin contre la maladie de Lyme
 - Je ne sais pas

6. En Montérégie, il est possible de contracter la maladie de Lyme:
 - Seulement dans les régions boisées situées à moins de 15km de la frontière américaine
 - Dans certaines régions boisées dont des parcs d'accès public
 - Avec les connaissances scientifiques actuelles, on ne sait pas s'il est possible de contracter la maladie de Lyme en Montérégie
 - Il n'est pas possible de contracter la maladie de Lyme en Montérégie actuellement
 - Je ne sais pas

Lisez maintenant le texte suivant :

La maladie de Lyme, ou borréliose, est une maladie qui se transmet par une piqûre de tique infectée par une bactérie. Les tiques qui peuvent transmettre la maladie sont présentes dans les régions boisées et les hautes herbes dans le sud-ouest du Québec dont la Montérégie. Pour survivre et transmettre la maladie à l'homme, ces tiques ont besoin des petits rongeurs sauvages comme les souris, et des cerfs de virginie (chevreuils). Le nombre de tiques dans l'environnement est donc dépendant de la présence de ces animaux dans les forêts.

Au Québec, il y a actuellement seulement quelques cas de maladie de Lyme chez l'humain par année, mais il semble que ce nombre de cas augmente progressivement. Dans la plupart des cas, cette maladie cause d'abord une plaque rouge sur la peau de la forme d'une cible, et peut causer des douleurs aux articulations et des maux de tête. Elle peut être traitée par des antibiotiques, ce qui permet généralement une guérison complète. Si elle n'est pas traitée, elle peut occasionnellement engendrer des complications et toucher le cœur, le système nerveux et les articulations, et causer des problèmes persistants.

DONNER SI POSSIBLE L'ACCES AU TEXTE POUR TOUTES LES QUESTIONS SUBSÉQUENTES.

Avec ces informations en tête, répondez maintenant aux questions suivantes :

7. Si je n'applique pas de mesures de protection particulière, le risque que j'attrape la maladie de Lyme en Montérégie est :
- Très élevé
 - Plutôt élevé
 - Ni élevé, ni faible
 - Plutôt faible
 - Très faible
8. La maladie de Lyme est une maladie très grave :
- Tout à fait d'accord
 - Plutôt en accord
 - Ni en accord, ni en désaccord
 - Plutôt en désaccord
 - Tout à fait en désaccord
9. Il serait facile pour moi de me protéger contre la maladie de Lyme:
- Tout à fait d'accord
 - Plutôt en accord
 - Ni en accord, ni en désaccord
 - Plutôt en désaccord
 - Tout à fait en désaccord
10. J'ai le sentiment qu'il existe de grandes incertitudes scientifiques sur la maladie de Lyme:
- Tout à fait d'accord
 - Plutôt en accord
 - Ni en accord, ni en désaccord
 - Plutôt en désaccord
 - Tout à fait en désaccord

11. Je suis inquiet par l'idée de contracter la maladie de Lyme:

- Tout à fait d'accord
- Plutôt en accord
- Ni en accord, ni en désaccord
- Plutôt en désaccord
- Tout à fait en désaccord

12. Sans mesures préventives, les résidents de la Montérégie, incluant les enfants, ont un risque important d'attraper la maladie de Lyme:

- Tout à fait d'accord
- Plutôt en accord
- Ni en accord, ni en désaccord
- Plutôt en désaccord
- Tout à fait en désaccord

Questions 13 à 20 : Acceptabilité des mesures préventives

Certaines mesures peuvent contribuer à prévenir la maladie de Lyme. En imaginant que les mesures suivantes sont efficaces ET techniquement faisables, veuillez choisir l'option la plus appropriée.

| Q. | La mesure suivante respecte mes valeurs et mes principes personnels : | Tout à fait acceptable | Plutôt acceptable | Ni acceptable, ni inacceptable | Plutôt inacceptable | Tout à fait inacceptable |
|----|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 13 | Appliquer des pesticides dans l'environnement pour diminuer la présence des tiques | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 14 | Utiliser des techniques de contrôle biologique dans l'environnement pour diminuer la présence des tiques (par exemple, mettre dans l'environnement des champignons qui peuvent réduire le nombre de tiques) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 15 | Enlever de la végétation dans les régions boisées pour diminuer le nombre de tiques | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 16 | Protéger les chevreuils contre les tiques pour diminuer le nombre de tiques | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 17 | Contrôler le nombre de chevreuils dans les régions boisées d'accès public pour diminuer le nombre de tiques | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 18 | Empêcher les chevreuils de fréquenter les régions boisées d'accès public en mettant des barrières pour diminuer le nombre de tiques | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 19 | Protéger les petits rongeurs contre les tiques pour diminuer le nombre de tiques infectées | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 20 | Vacciner les petits rongeurs pour les protéger contre la bactérie qui cause la maladie de Lyme pour diminuer le nombre de tiques infectées | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Questions 21 à 40: Efficacité des mesures préventives

Pour chacune des mesures préventives suivantes, veuillez cocher l'option la plus appropriée, **sans considérer si ces mesures s'opposent ou non à vos valeurs et vos principes personnels.**

| Q. | La mesure suivante est efficace pour protéger la population contre la maladie de Lyme: | Tout à fait d'accord | Plutôt en accord | Ni en accord, ni en désaccord | Plutôt en désaccord | Tout à fait en désaccord |
|----|--|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 21 | Appliquer des pesticides dans l'environnement pour diminuer la présence des tiques | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 22 | Utiliser des techniques de contrôle biologique dans l'environnement pour diminuer la présence des tiques | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 23 | Enlever de la végétation dans les régions boisées pour diminuer le nombre de tiques | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 24 | Protéger les chevreuils contre les tiques pour diminuer le nombre de tiques | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 25 | Contrôler le nombre de chevreuils dans les régions boisées d'accès public pour diminuer le nombre de tiques | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 26 | Empêcher les chevreuils de fréquenter les régions boisées d'accès public en mettant des barrières pour diminuer le nombre de tiques | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 27 | Protéger les petits rongeurs contre les tiques pour diminuer le nombre de tiques infectées | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 28 | Vacciner les petits rongeurs pour les protéger contre la bactérie qui cause la maladie de Lyme pour diminuer le nombre de tiques infectées | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

| Q. | La mesure suivante est efficace pour se protéger contre la maladie de Lyme: | Tout à fait d'accord | Plutôt en accord | Ni en accord, ni en désaccord | Plutôt en désaccord | Tout à fait en désaccord |
|----|--|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 29 | Chercher et enlever les tiques sur soi-même après un séjour dans une région boisée | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 30 | Porter des vêtements longs qui recouvrent les jambes jusqu'aux chaussures (par exemple, mettre son bas de pantalon dans ses chaussettes) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 31 | Utiliser des insectifuges contenant du DEET sur la peau et/ou sur les vêtements | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 32 | Éviter les régions boisées pendant la période à risque | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 33 | Mettre des pesticides sur sa propriété | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 34 | Tondre régulièrement la pelouse sur sa propriété | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

| Q. | En Montérégie, j' applique cette mesure pour me protéger de la maladie de Lyme: | Toujours | Fréquent ¹ | Rarement ² | Jamais | Il m'arrive d'appliquer cette mesure, mais pas pour me protéger de la maladie de Lyme | Ne s'applique pas à ma situation |
|----|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---|----------------------------------|
| 35 | Chercher et enlever les tiques sur soi-même après un séjour dans une région boisée | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 36 | Porter des vêtements longs qui recouvrent les jambes jusqu'aux chaussures (par exemple, mettre son bas de pantalon dans ses chaussettes) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 37 | Utiliser des insectifuges contenant du DEET sur la peau et/ou sur les vêtements | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 38 | Éviter les régions boisées pendant la période à risque | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 39 | Mettre des pesticides sur ma propriété | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 40 | Tondre régulièrement la pelouse sur ma propriété | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

¹Habituellement, j'applique cette mesure, mais il m'arrive de ne pas le faire.

²Habituellement, je n'applique pas cette mesure préventive, mais je l'ai déjà fait.

41. Actuellement, je pense que le gouvernement met en place des mesures appropriées pour contrôler la maladie de Lyme :

- Tout à fait d'accord
 Plutôt en accord
 Ni en accord, ni en désaccord
 Plutôt en désaccord
 Tout à fait en désaccord

42. Lorsque le gouvernement doit décider des mesures à mettre en place pour prévenir la maladie de Lyme, plusieurs enjeux sont à considérer.

Selon vos principes et valeurs, mettez en ordre d'importance les enjeux suivants (1 à 5, **1 étant le plus important et 5, le moins important**). En cas d'égalité de deux enjeux, indiquez deux fois le même numéro :

| Rang (1 à 5) | Description de l'enjeu |
|--------------|--|
| | Protéger la santé des êtres humains. |
| | Protéger la santé de la faune sauvage. |
| | Protéger la qualité de l'environnement, incluant l'air, l'eau, les végétaux et les sols. |
| | Respecter les intérêts et les valeurs des citoyens. |
| | Minimiser les dépenses publiques. |

43. Concernant l'environnement extérieur de votre résidence personnelle, quel est l'énoncé qui s'applique le mieux à votre situation :

- Je n'ai pas accès à une cour extérieure
 J'ai accès à une cour extérieure mais je n'ai pas la responsabilité de son entretien
 J'ai accès à une cour extérieure et j'ai la responsabilité de son entretien

44. Vous visitez les régions boisées entre mai et octobre dans l'une ou plusieurs des régions suivantes : en Montérégie ou en Estrie au Québec ou dans le Nord-est des États-Unis

- Plus de 25 fois par année
 De 11 à 25 fois par année
 De 2 à 10 fois par année
 Moins de 2 fois par année
 Jamais

45. Avez-vous un chien actuellement?
- Oui
 Non
46. Est-ce que vous croyez avoir déjà eu la maladie de Lyme?
- Oui
 Non
47. Connaissez-vous personnellement quelqu'un qui a déjà eu la maladie de Lyme?
- Oui
 Non
48. Vous êtes :
- Une femme
 Un homme
49. Dans quelle catégorie d'âge vous situez-vous?
- 18-24 ans
 25-34 ans
 35-44 ans
 45-54 ans
 55-64 ans
 65-74 ans
 75 ans ou plus
 Je préfère ne pas répondre
50. Quel est le revenu total avant impôt de tous les membres du foyer pour l'année 2011 ?
- 19 999\$ ou moins
 Entre 20 000 et 39 999\$
 Entre 40 000 et 59 999\$
 Entre 60 000 et 79 999\$
 Entre 80 000 et 99 999\$
 Entre 100 000\$ et 119 999\$
 120 000\$ ou plus
 Je préfère ne pas répondre
51. Quel est le niveau de scolarité le plus haut que vous avez complété?
- Primaire (7 ans ou moins)
 Secondaire (DES de formation générale ou professionnelles (8 à 12 ans))
 Collégial (DEC de formation préuniversitaires, de formation technique, certificats (CEP), attestations (AEC) ou diplôme de perfectionnement (DEP))
 Universitaire : certificats et diplômes
 Universitaire : 1^{er} cycle Baccalauréat
 Universitaire : 2^{ième} cycle Maîtrise
 Universitaire : 3^{ième} cycle Doctorat
 Autre : _____

52. Veuillez saisir les 6 lettres de votre code postal :

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|

Merci !

Pour obtenir plus d'informations : communiquer avec le service téléphonique Info-Santé au 8-1-1 ou visiter le site Web du ministère de la Santé et des Services sociaux portant sur la maladie de Lyme <<http://www.msss.gouv.qc.ca/sujets/santepub/maladie-lyme.php>>.

Annexe 2 : Questionnaire (Volet Suisse)

« Évaluation de la perception du risque
de borréliose par le grand public »

Volet suisse

Titre du projet de recherche
**Perception et gestion du risque:
Étude comparative de la problématique de la maladie de Lyme
au Québec et en Suisse**

Chercheure-Étudiante : Cécile Aenishaenslin, DMV, MSc
Directeur : Pascal Michel, DMV, PhD (Université de Montréal)
Co-directeur : André Ravel, DMV, PhD (Université de Montréal)

Version du 10 octobre 2012

1. Vous habitez le canton de Neuchâtel depuis :

- Moins d'un an
- 1 à 5 ans
- 6 à 10 ans
- Plus de 10 ans

2. Vous avez entendu parler de la borréliose, aussi appelée la maladie de Lyme, pour la première fois :

- Cette semaine
- Au cours du dernier mois
- Cette année, mais il y a plus d'un mois
- Il y a plus d'un an
- Je n'ai jamais entendu parler de la borréliose (**sauter les questions 7 à 10**)

3. Vous avez entendu parler de l'encéphalite à tique pour la première fois :

- Cette semaine
- Au cours du dernier mois
- Cette année, mais il y a plus d'un mois
- Il y a plus d'un an
- Je n'ai jamais entendu parler de l'encéphalite à tique

4. Vous connaissez bien les différences entre la borréliose et l'encéphalite à tique :

- Tout à fait d'accord
- Plutôt en accord
- Ni en accord, ni en désaccord
- Plutôt en désaccord
- Tout à fait en désaccord

Veillez répondre aux questions 7, 8, 9 et 10 selon vos connaissances actuelles. Cochez toutes les réponses qui s'appliquent:

5. La borréliose se transmet à l'homme:

- Par contact avec des rongeurs
- Par contact avec un individu
- Par contact avec un chien infecté
- Par une piqûre de tique
- Par une piqûre de moustique
- Je ne sais pas

6. Le premier symptôme de la borréliose est généralement:

- De la diarrhée
- Des vomissements
- De la toux
- Une plaque rougeâtre sur la peau
- De la congestion nasale
- Je ne sais pas

7. Lorsqu'elle est détectée rapidement, la borréliose peut être traitée :

- Avec des antibiotiques sous forme de comprimés
- Avec des crèmes appliquées sur la peau
- Avec des médicaments contre la toux
- Il n'y a pas de traitement pour la borréliose mais un vaccin préventif existe
- Il n'y a ni traitement ni vaccin contre la borréliose
- Je ne sais pas

8. Dans le canton de Neuchâtel, il est possible de contracter la borréliose:

- Dans les régions boisées situées à moins de 1500 mètres d'altitude
- Seulement à moins de 100 mètres du lac de Neuchâtel
- Il n'est pas possible de contracter la borréliose dans le canton de Neuchâtel actuellement
- Avec les connaissances scientifiques actuelles, on ne sait pas s'il est possible de contracter la borréliose dans le canton de Neuchâtel
- Je ne sais pas

Lisez maintenant le texte suivant :

La borréliose, ou maladie de Lyme, est une maladie qui se transmet par une piqûre de tique infectée par une bactérie. Les tiques qui peuvent transmettre la maladie sont présentes dans les régions boisées et les hautes herbes qui sont situés à moins de 1500 mètres d'altitude en Suisse, dont le canton de Neuchâtel. Pour survivre et transmettre la maladie à l'homme, ces tiques ont besoin des petits rongeurs sauvages comme les souris, et d'autres espèces animales comme les cerfs. Le nombre de tiques dans l'environnement est donc dépendant de la présence de ces animaux dans les forêts. En Suisse, il y a actuellement plusieurs centaines de cas de borréliose chez l'humain par année. Dans la plupart des cas, cette maladie cause d'abord une plaque rouge sur la peau de la forme d'une cible, et peut causer des douleurs aux articulations et des maux de tête. Elle peut être traitée par des antibiotiques, ce qui permet généralement une guérison complète. Si elle n'est pas traitée, elle peut occasionnellement engendrer des complications et toucher le cœur, le système nerveux et les articulations, et causer des problèmes persistants.

Avec ces informations en tête, répondez maintenant aux questions suivantes :

9. Si je n'applique pas de mesures de protection particulière, le risque que j'attrape la borréliose dans le canton de Neuchâtel est :

- Très élevé
- Plutôt élevé
- Ni élevé, ni faible
- Plutôt faible
- Très faible

10. La borréliose est une maladie très grave :

- Tout à fait d'accord
- Plutôt en accord
- Ni en accord, ni en désaccord

- Plutôt en désaccord
- Tout à fait en désaccord

11. Il serait facile pour moi de me protéger contre la borréliose:

- Tout à fait d'accord
- Plutôt en accord
- Ni en accord, ni en désaccord
- Plutôt en désaccord
- Tout à fait en désaccord

12. J'ai le sentiment qu'il existe de grandes incertitudes scientifiques sur la borréliose:

- Tout à fait d'accord
- Plutôt en accord
- Ni en accord, ni en désaccord
- Plutôt en désaccord
- Tout à fait en désaccord

13. Je suis inquiet par l'idée de contracter la borréliose:

- Tout à fait d'accord
- Plutôt en accord
- Ni en accord, ni en désaccord
- Plutôt en désaccord
- Tout à fait en désaccord

14. Sans mesures préventives, les résidents du canton de Neuchâtel, incluant les enfants, ont un risque important d'attraper la borréliose:

- Tout à fait d'accord
- Plutôt en accord
- Ni en accord, ni en désaccord
- Plutôt en désaccord
- Tout à fait en désaccord

Questions 15 à 22 : Acceptabilité des mesures préventives

Certaines mesures peuvent contribuer à prévenir la maladie de Lyme. **En imaginant que les mesures suivantes sont efficaces ET techniquement faisables**, veuillez choisir l'option la plus appropriée.

| Q. | La mesure suivante respecte mes valeurs et mes principes personnels : | Tout à fait acceptable | Plutôt acceptable | Ni acceptable, ni inacceptable | Plutôt inacceptable | Tout à fait inacceptable |
|----|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 15 | Appliquer des pesticides dans l'environnement pour diminuer le nombre de tiques | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 16 | Utiliser des techniques de contrôle biologique dans l'environnement pour diminuer le nombre de tiques (par exemple, mettre dans l'environnement des champignons qui peuvent réduire le nombre de tiques) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 17 | Enlever de la végétation dans les régions boisées pour diminuer le nombre de tiques | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 28 | Protéger les chevreuils contre les tiques pour diminuer le nombre de tiques | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 29 | Contrôler le nombre de chevreuils dans les régions boisées d'accès public pour diminuer le nombre de tiques | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 20 | Empêcher les chevreuils de fréquenter les régions boisées d'accès public en mettant des barrières pour diminuer le nombre de tiques | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 21 | Protéger les petits rongeurs contre les tiques pour diminuer le nombre de tiques infectées | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 22 | Vacciner les petits rongeurs pour les protéger contre la bactérie qui cause la borréliose pour diminuer le nombre de tiques infectées | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Questions 23 à 42: Efficacité des mesures préventives

Pour chacune des mesures préventives suivantes, veuillez cocher l'option la plus appropriée, **sans considérer si ces mesures s'opposent ou non à vos valeurs et vos principes personnels.**

| Q. | La mesure suivante est efficace pour protéger la population contre la borréliose: | Tout à fait d'accord | Plutôt en accord | Ni en accord, ni en désaccord | Plutôt en désaccord | Tout à fait en désaccord |
|----|--|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 23 | Appliquer des pesticides dans l'environnement pour diminuer le nombre de tiques | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 24 | Utiliser des techniques de contrôle biologique dans l'environnement pour diminuer le nombre de tiques (par exemple, mettre dans l'environnement des champignons qui peuvent réduire le nombre de tiques) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 25 | Enlever de la végétation dans les régions boisées pour diminuer le nombre de tiques | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 26 | Protéger les chevreuils contre les tiques pour diminuer le nombre de tiques | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 27 | Contrôler le nombre de chevreuils dans les régions boisées d'accès public | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 28 | Empêcher les chevreuils de fréquenter les régions boisées d'accès public en mettant des barrières | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 29 | Protéger les petits rongeurs contre les tiques pour diminuer le nombre de tiques infectées | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 30 | Vacciner les petits rongeurs pour les protéger contre la bactérie qui cause la borréliose pour diminuer le nombre de tiques infectées | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

| Q. | La mesure suivante est efficace pour se protéger contre la borréliose: | Tout à fait d'accord | Plutôt en accord | Ni en accord, ni en désaccord | Plutôt en désaccord | Tout à fait en désaccord |
|----|--|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 31 | Chercher et enlever les tiques sur soi-même après un séjour dans une région boisée | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 32 | Porter des vêtements longs qui recouvrent les jambes jusqu'aux chaussures (par exemple, mettre son bas de pantalon dans ses chaussettes) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 33 | Utiliser des produits protecteurs (ex : Anti-Brumm©) sur la peau et/ou sur les vêtements | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 34 | Éviter les régions boisées pendant la période à risque | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 35 | Mettre des pesticides sur sa propriété | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 36 | Tondre régulièrement la pelouse sur sa propriété | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

| Q. | Dans le canton de Neuchâtel, j'applique cette mesure dans l'objectif de me protéger de la borrelieuse: | Toujours | Fréquemment ¹ | Rarement ² | Jamais | Il m'arrive d'appliquer cette mesure, mais pas dans l'objectif de me protéger contre la maladie de Lyme | Ne s'applique pas à ma situation |
|----|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---|----------------------------------|
| 37 | Chercher et enlever les tiques sur soi-même après un séjour dans une région boisée | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 38 | Porter des vêtements longs qui recouvrent les jambes jusqu'aux chaussures (par exemple, mettre son bas de pantalon dans ses chaussettes) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 39 | Utiliser des produits protecteurs (ex : Anti-Brumm©) sur la peau et/ou sur les vêtements | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 40 | Éviter les régions boisées pendant la période à risque | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 41 | Mettre des pesticides sur ma propriété | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 42 | Tondre régulièrement la pelouse sur ma propriété | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

¹Habituellement, j'applique cette mesure, mais il m'arrive de ne pas le faire.

²Habituellement, je n'applique pas cette mesure préventive, mais je l'ai déjà fait.

43. Actuellement, je pense que les autorités responsables mettent en place des mesures appropriées pour contrôler la borrélieuse :

- Tout à fait d'accord
- Plutôt en accord
- Ni en accord, ni en désaccord
- Plutôt en désaccord
- Tout à fait en désaccord

44. Lorsque les autorités responsables doivent décider des mesures à mettre en place pour prévenir la borrélieuse, plusieurs enjeux sont à considérer.

Selon vos principes et valeurs, mettez en ordre d'importance les enjeux suivants (1 à 5, **1 étant le plus important et 5, le moins important**). En cas d'égalité de deux enjeux, indiquez deux fois le même numéro :

| Rang (1 à 5) | Description de l'enjeu |
|--------------|--|
| | Protéger la santé des êtres humains. |
| | Protéger la santé de la faune sauvage. |
| | Protéger la qualité de l'environnement, incluant l'air, l'eau, les végétaux et les sols. |
| | Respecter les intérêts et les valeurs des citoyens. |
| | Minimiser les dépenses publiques. |

45. Concernant l'environnement extérieur de votre résidence personnelle, quel est l'énoncé qui s'applique le mieux à votre situation :

- Je n'ai pas accès à un jardin extérieur
- J'ai accès à un jardin extérieur mais je n'ai pas la responsabilité de son entretien
- J'ai accès à un jardin extérieur et j'ai la responsabilité de son entretien

46. Vous visitez les régions boisées entre mars et novembre en Suisse :

- Plus de 25 fois par année
- De 11 à 25 fois par année
- De 2 à 10 fois par année
- Moins de 2 fois par année
- Jamais

47. Avez-vous un chien actuellement?

- Oui
- Non

48. Est-ce que vous croyez avoir déjà eu la borréliose?
- Oui
 Non
49. Connaissez-vous personnellement quelqu'un qui a déjà eu la borréliose?
- Oui
 Non
50. Vous êtes :
- Une femme
 Un homme
51. Dans quelle catégorie d'âge vous situez-vous?
- 18-24 ans
 25-34 ans
 35-44 ans
 45-54 ans
 55-64 ans
 65-74
 75 ans ou plus
 Je préfère ne pas répondre
52. Quel est le revenu total avant impôt de tous les membres du foyer pour l'année 2011 ?
- 19 999 CHF ou moins
 Entre 20 000 et 39 999 CHF
 Entre 40 000 et 59 999 CHF
 Entre 60 000 et 79 999 CHF
 Entre 80 000 et 99 999 CHF
 Entre 100 000 et 120 000 CHF
 Entre 120 000 et 140 000 CHF
 Plus de 140 000 CHF
 Je préfère ne pas répondre
53. Quel est le niveau de scolarité le plus haut que vous avez complété?
- Aucune
 Ecole primaire
 Ecole secondaire
 Lycée, gymnase
 Apprentissage (CFC ou équivalent)
 Haute école spécialisée (ou équivalent)
 Universitaire : Baccalauréat (Bachelor)
 Universitaire : Maîtrise (Master)
 Universitaire : Doctorat (Thèse)
 Autre : _____

54. Dans le canton de Neuchâtel, vous habitez le district de :

- Neuchâtel
- Boudry
- Val-de-Travers
- Val-de-Ruz
- Le Locle
- La-Chaux-de-Fond

Merci!

Pour plus d'informations, visitez le site de l'Office fédéral de la santé publique :

<http://www.bag.admin.ch/themen/medizin/00682/00684/01017/index.html?lang=fr>