



La rage dans les populations de renards au nord du 55^e parallèle et les effets potentiels des changements climatiques

INSTITUT NATIONAL
DE SANTÉ PUBLIQUE
DU QUÉBEC

Québec 

Rapport

La rage dans les populations de renards au nord du 55^e parallèle et les effets potentiels des changements climatiques

Direction des risques biologiques
et de la santé au travail

Faculté de médecine vétérinaire
de l'Université de Montréal

Mars 2014

AUTEURS

Audrey Simon, stagiaire postdoctorale
Faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Montréal, Département de pathologie et microbiologie

Denise Bélanger, professeure titulaire
Faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Montréal, Département de pathologie et microbiologie

Patrick A. Leighton, professeur adjoint
Faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Montréal, Département de pathologie et microbiologie

SOUS LA COORDINATION DE

Lowe Anne-Marie, conseillère scientifique
Direction des risques biologiques et de la santé au travail, Institut national de santé publique du Québec

MISE EN PAGES

Murielle St-Onge, agente administrative
Direction des risques biologiques et de la santé au travail, Institut national de santé publique du Québec

REMERCIEMENTS

Cette étude a été commandée par l'Institut national de santé publique du Québec et sa réalisation a été financée par l'Agence de la santé publique du Canada. Les auteurs souhaitent remercier Dominique Berteaux (Université du Québec à Rimouski), Karsten Hueffer (Université d'Alaska) et Erin Rees (Université de l'Île-du-Prince-Édouard) pour les discussions qui ont grandement enrichi le contenu de ce rapport. Les auteurs souhaitent également souligner la contribution de la docteure Anne Fortin (Institut national de santé publique du Québec) et de la docteure Louise Lambert (Institut national de santé publique du Québec), qui ont accepté de lire ce rapport et de le commenter.

Ce document est disponible intégralement en format électronique (PDF) sur le site Web de l'Institut national de santé publique du Québec au : <http://www.inspq.qc.ca>.

Les reproductions à des fins d'étude privée ou de recherche sont autorisées en vertu de l'article 29 de la Loi sur le droit d'auteur. Toute autre utilisation doit faire l'objet d'une autorisation du gouvernement du Québec qui détient les droits exclusifs de propriété intellectuelle sur ce document. Cette autorisation peut être obtenue en formulant une demande au guichet central du Service de la gestion des droits d'auteur des Publications du Québec à l'aide d'un formulaire en ligne accessible à l'adresse suivante : <http://www.droitauteur.gouv.qc.ca/autorisation.php>, ou en écrivant un courriel à : droit.auteur@cspq.gouv.qc.ca.

Les données contenues dans le document peuvent être citées, à condition d'en mentionner la source.

DÉPÔT LÉGAL – 3^e TRIMESTRE 2014
BIBLIOTHÈQUE ET ARCHIVES NATIONALES DU QUÉBEC
BIBLIOTHÈQUE ET ARCHIVES CANADA
ISBN : 978-2-550-71376-0 (PDF)

©Gouvernement du Québec (2014)

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX	III
INTRODUCTION.....	1
1 MÉTHODOLOGIE.....	3
2 RECENSION DES ÉCRITS	5
2.1 Rage dans les populations de renards au nord du 55 ^e parallèle	5
2.1.1 Prévalence de la rage dans les populations de renards.....	5
2.1.2 Taux de contact et transmission du virus de la rage dans les populations de renards	5
2.1.3 Variations interannuelles du taux de contact	5
2.1.4 Variations saisonnières du taux de contact.....	6
2.1.5 Interaction hôte-virus et pathogénicité	6
2.1.6 Persistance de la rage dans le Nord.....	7
2.2 Effets potentiels des changements climatiques	8
2.2.1 Perturbation dans les cycles de lemmings.....	8
2.2.2 Diminution de la glace de mer	9
2.2.3 Expansion des populations de renard roux et activités anthropogéniques.....	9
3 EVALUATION DES DONNÉES EXISTANTES ET DISPONIBLES	11
3.1 Limites et besoins pour modéliser la rage dans les populations de renards du Nord.....	11
3.2 Changements climatiques et rage dans le Nord du Québec.....	13
CONCLUSION	15
RÉFÉRENCES.....	17
ANNEXE 1 PARAMÈTRES DÉMOGRAPHIQUES ET ÉPIDÉMIOLOGIQUES.....	23

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Données démographiques et épidémiologiques permettant de modéliser la transmission de la rage chez le renard arctique (<i>Vulpes lagopus</i>).....	25
Tableau 2	Données démographiques et épidémiologiques permettant de modéliser la transmission de la rage chez le renard roux (<i>Vulpes vulpes</i>)	25

INTRODUCTION

La rage est présente dans l'Arctique et est considérée comme enzootique dans le Nord du Canada (au nord du 60^e parallèle), sur la côte nord et ouest de l'Alaska, au Groenland et dans l'ex-Union soviétique(1-8). Dans l'Arctique, le principal hôte réservoir de la rage est le renard arctique (*Vulpes lagopus*), aussi connu comme le renard polaire ou le renard blanc. Les renards sont infectés par un variant unique du virus de la rage dénommé variant du virus de la rage arctique (VVRA), qui a été identifié en Amérique du Nord par Williams(9). Bien que le VVRA circule dans les régions arctiques et subarctiques avec des incursions vers des régions plus au sud, des virus apparentés à ce variant sont présents dans tout l'hémisphère Nord jusque dans le sud et l'est de l'Asie et du Moyen-Orient, où ils circulent chez les chiens et canidés sauvages comme les renards roux (*Vulpes vulpes*) et les chiens viverrins (*Nyctereutes procyonoides*)(4, 10, 11). Dans l'Arctique canadien, plusieurs cas chez les animaux domestiques et la faune sont enregistrés chaque année(12-14). Les changements climatiques et l'augmentation des activités anthropogéniques dans l'Arctique sont fortement suspectés de modifier la dynamique de transmission de la rage, donc potentiellement le risque d'exposition humaine dans cette région(2).

L'objectif de ce rapport est d'évaluer les données existantes et disponibles dans la littérature en vue d'effectuer des travaux de modélisation de la rage dans les populations de renards arctiques et de renards roux au nord du 55^e parallèle. La première partie du présent rapport consiste en une recension de la littérature sur : (i) la dynamique de la rage dans les populations de renards arctiques et de renards roux, intégrant des considérations écologiques de l'habitat au nord du 55^e parallèle, et (ii) les effets potentiels des changements climatiques sur cet habitat et ses impacts potentiels sur l'épidémiologie de la rage arctique sur des horizons de 10, 30 et 50 ans. La seconde partie du présent rapport consiste en une évaluation des données de la littérature, en termes de besoins et limites pour des travaux de modélisation, et en termes d'impacts des changements climatiques sur la rage dans le Nord du Québec.

1 MÉTHODOLOGIE

Pour répondre aux objectifs de ce rapport, deux sources de données ont été utilisées : une recension de la littérature et une consultation d'experts.

La recension de littérature, constituant la plus importante source de données, a été réalisée par l'auteur principal de ce rapport. Seulement les livres et les articles de journaux révisés par les pairs et en anglais ont été inclus dans cette recension. Les termes de recherche utilisés étaient : « Arctic fox OR Arctic foxes », « Arctic rabies », et « contact rate AND rabies ». Les références bibliographiques dans les articles revues ont été vérifiées pour s'assurer de n'omettre aucune référence pertinente à la rédaction de ce rapport. Deux bases de données ont été utilisées pour cette recherche : PubMed (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>) pour la littérature biomédicale et Web of Science (http://apps.webofknowledge.com/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&highlighted_tab=WOS&search_mode=GeneralSearch) qui donne accès au contenu de bases de données en sciences. Une recension des rapports non indexés, et des publications des organismes gouvernementaux impliqués dans la gestion et le contrôle de la rage a également été effectuée.

Suite à cette recension de la littérature, la consultation d'experts a permis de valider et de raffiner les informations obtenues ainsi que de compléter ce rapport, notamment pour les aspects d'écologie du renard arctique.

2 RECENSION DES ÉCRITS

2.1 RAGE DANS LES POPULATIONS DE RENARDS AU NORD DU 55^e PARALLÈLE

2.1.1 Prévalence de la rage dans les populations de renards

Il existe peu d'études publiées sur l'importance de la rage dans les populations de renards arctiques (réservoirs principaux), et la majorité d'entre elles sont basées sur un échantillon de renards trappés(15-17). D'après ces rares données disponibles, la prévalence de la rage pourrait varier localement selon les populations et est considérablement plus élevée lors d'une épizootie (9 à 75 %) que dans les années où aucune épizootie n'a été observée (0,3 à 3 %)(15-17).

2.1.2 Taux de contact et transmission du virus de la rage dans les populations de renards

La transmission du virus de la rage nécessite généralement un contact physique entre les individus. Les variations spatiales et temporelles du taux de contact (nombre de contact physique d'un individu avec un autre individu par unité de temps) ont ainsi une forte influence sur la probabilité d'occurrence de la rage et sa propagation(18). Le taux de contact dans les populations de renards devrait dépendre de la densité, de la taille et du chevauchement des domaines vitaux, ainsi que des mouvements qui sont principalement liés à la disponibilité des ressources alimentaires, hautement variables dans l'Arctique. Le taux de contact entre le renard arctique et d'autres espèces sensibles telles que le renard roux et le loup est également principalement lié à la densité de population, le chevauchement entre les domaines vitaux, et l'utilisation de l'habitat de chaque espèce(19-21).

2.1.3 Variations interannuelles du taux de contact

Certaines études ont fait le lien entre de fortes densités de population de renards arctiques et les épizooties de rage(17, 22-24), mais cette hypothèse n'a jamais été testée. Certaines épizooties ont d'ailleurs également lieu lorsque les densités de population de renards sont faibles(25). Une relation entre le manque de nourriture, les migrations de renards et le début des épizooties a été montrée en Russie(26). Les populations de renards arctiques à l'intérieur des terres sont hautement dépendantes des populations cycliques de lemmings comme source d'alimentation principale et fluctuent donc selon le cycle de lemmings (3-4 ans). Ces fluctuations démographiques associées à la tendance des renards arctiques à disperser pendant les périodes de pénurie alimentaire, pourraient être un moteur puissant dans la dynamique spatio-temporelle de la rage. La dynamique de transmission de la rage semble ainsi suivre les fluctuations de la population de renards arctiques en Alaska, avec l'apparition cyclique des épizooties de rage tous les 3-4 ans(2, 24).

Pour les populations côtières de renards arctiques, la survenue des épizooties pourrait être le résultat de l'introduction épisodique du virus de la rage par les renards migrants, comme suggéré par les données épidémiologiques du Svalbard(16, 17). La prévalence au Svalbard a été estimée inférieure à 1 % entre 1980 et 2004, ce qui suggère que la rage n'y est pas

enzootique et que les cas rabiques observés sont le résultat de l'introduction de renards infectés sur l'île(16, 17). Le rôle des migrants est étayé par des études génétiques du VVRA démontrant les liens entre les foyers de rage au Svalbard et au Groenland et la migration de renards arctiques sur la glace de mer en provenance respectivement de Russie et d'Amérique du Nord(4, 16).

2.1.4 Variations saisonnières du taux de contact

Les variations saisonnières du taux de contact dans les populations de renards arctiques sont largement inconnues et l'information extraite de la littérature est souvent spéculative. Les résultats d'études permettent d'émettre certaines hypothèses, notamment qu'au début de la saison des amours (mars), les taux de contact pourraient augmenter quand les renards se déplacent beaucoup et défendent activement leurs territoires contre les intrus(5, 26, 27). Une fois que les renardeaux naissent (mai-juin), les parents voyagent moins et restent près de leurs tanières, défendant activement leurs territoires. Au printemps et en été, les jeunes renards restent autour des tanières. Au cours de l'automne, lors de la dispersion des jeunes de l'année (août-novembre), les taux de contact devraient augmenter(2, 5, 28). De même, pendant l'hiver (décembre-février), quand les renards arctiques augmentent leur domaine vital pour se nourrir, les taux de contact entre les individus pourraient augmenter(29). Durant cette période, le rassemblement de renards autour de carcasses cause des situations d'agression entre les individus ce qui peut faciliter la transmission de la rage(25, 30).

Lorsque les populations de lemmings déclinent jusqu'à atteindre un creux de cycle, les populations de renards qui ont bénéficié du pic de lemmings précédent sont en forte densité. Le virus peut alors se propager dans la population à l'automne (lors de la dispersion des jeunes), et le nombre de cas peut augmenter tout au long de l'hiver jusqu'au début de la période d'accouplement où le taux de contact élevé pourrait conduire à un pic dans la transmission virale(5, 28).

La variation saisonnière du nombre de cas de rage signalés dans les systèmes de surveillance passive du Canada, de l'Alaska et du Groenland est compatible avec l'hypothèse de variation saisonnière dans les taux de contact mentionnés ci-dessus(2, 24, 31-33). En effet, la majorité des cas de renards rabiques sont signalés de novembre à mars, avec un maximum de cas déclarés à la fin de l'hiver et au début de printemps (ce qui coïncide avec les comportements saisonniers de déplacement)(2, 24, 31-33).

2.1.5 Interaction hôte-virus et pathogénicité

Les connaissances sur la pathogénicité du VVRA viennent de quelques expériences de laboratoire qui montrent une importante variation dans la période d'incubation (8 jours à 6 mois) et une courte période symptomatique (deux jours) chez les renards enrégés(5, 34). Des anticorps antirabiques ont été détectés chez des renards arctiques en Alaska sans détection du virus, ce qui suggère que certains renards survivent à l'infection ou peuvent être porteurs du virus pendant une longue période(15). De plus, certains renards infectés expérimentalement ne développent pas la maladie, ce qui suggère une période particulièrement longue d'incubation ou bien une très haute résistance à l'infection par le

VVRA(35, 36). Quelques études ont également mis en évidence la présence du virus de la rage dans le cerveau de renards piégés apparemment en bonne santé, ce qui suggère qu'ils étaient probablement dans la période d'incubation ou dans la phase prodromique de la maladie(7).

Les renards arctiques enragés sont reconnus pour perdre leur timidité face à l'Homme(5). Ils peuvent suivre les chiens de traîneaux et entrer dans les villages(5). Ces comportements anormaux peuvent faciliter le transfert du virus aux chiens(33). Cependant, ce n'est pas clair si la perte de timidité est réellement liée à l'infection rabique, étant donné que les renards arctiques sont connus pour être peu farouches envers les humains en Scandinavie(20). Les renards arctiques enragés peuvent également avoir un comportement agressif avec des morsures et une course en rond(5, 15, 37). Rage furieuse et rage paralytique ont toutes deux été décrites chez le renard arctique(5). Le rôle de ces différents types de comportement dans la dynamique de transmission du virus rabique est actuellement inconnu.

2.1.6 Persistance de la rage dans le Nord

Même si la densité des hôtes est un facteur clé dans la persistance de maladies infectieuses comme la rage, il est actuellement difficile de savoir comment la densité des renards arctiques explique la persistance de la rage dans le Nord. En Europe, des travaux de modélisation ont conclu que la densité de renards roux devait être d'au moins un renard par km² pour qu'une épizootie se produise dans une population(38). Cependant, la rage du renard a persisté dans le sud du Canada, alors que la densité de renards roux était inférieure à ce seuil(39). Même durant les pics de population des renards arctiques (correspondant aux pics du cycle des lemmings), la densité de population atteint seulement 0,3 renard par km²(40, 41), ce qui est encore inférieure à la densité requise chez les renards roux pour maintenir la rage dans une population.

Pour expliquer le maintien du virus rabique dans les populations de renards à faible densité, plusieurs hypothèses sur les caractéristiques virales et l'écologie des renards ont été proposées. Des chercheurs ont proposé que de longues périodes d'incubation (jusqu'à six mois) pourraient permettre aux renards infectés de propager le virus sur des distances considérables(5, 25). La grande capacité de dispersion des renards arctiques infectés, mais asymptomatiques, pourrait également permettre de propager la maladie sur de grandes distances, jouant ainsi un rôle dans la persistance de la rage lorsque les densités de renards sont faibles. Chez le renard roux, le virus de la rage peut être excrété dans la salive jusqu'à un mois avant l'apparition des signes cliniques(42), mais il n'existe aucune information sur l'excrétion du VVRA chez les renards. Il a également été proposé que la survie du virus rabique dans des carcasses congelées de renards infectés pourrait permettre le maintien du virus dans les populations de renards(8, 15, 34). Le nourrissage sur des carcasses de renards est assez fréquent et la température froide devrait préserver le virus qui est présent dans divers tissus de renards arctiques naturellement et expérimentalement infectés(7, 34). De plus, la concentration d'individus autour des carcasses durant les périodes de pénurie alimentaire devrait favoriser les contacts entre renards, créant ainsi des points de transmission de la rage permettant la persistance du virus dans les populations de renards. Les villages et sites industriels, en fournissant des sources artificielles de nourriture, peuvent également servir de points de transmission de la rage(43, 44).

D'autres espèces carnivores comme le renard roux pourraient expliquer la situation enzootique du virus de la rage dans certaines régions de l'Arctique, notamment en augmentant la densité des renards en période de creux de population. Les densités combinées de renards roux et arctiques pourraient être ainsi assez élevées pour générer des épizooties, comme c'est le cas pour les chiens viverrins et les renard roux en Europe du Nord(20).

2.2 EFFETS POTENTIELS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

L'Arctique a connu un réchauffement significatif au cours des 100 dernières années (environ le double de celui expérimenté à des latitudes plus basses), et ses écosystèmes terrestres et marins sont déjà en train de changer en réponse à ce réchauffement(45, 46). En plus du changement de climat, les écosystèmes de l'Arctique doivent affronter les perturbations de plus en plus importantes générées par diverses activités anthropiques dans le Nord, comme par exemple l'augmentation des activités de transport, le développement des ressources et l'accroissement des populations humaines(47, 48). Ces changements, pouvant affecter les caractéristiques spatiales et temporelles des hôtes, leur utilisation de l'habitat, la densité des populations, les domaines vitaux, les relations prédateur-proie ainsi que la compétition entre espèces sympatriques, sont fortement soupçonnés de modifier la dynamique de transmission de zoonoses comme la rage(2). Cependant, actuellement l'impact du réchauffement climatique sur l'écologie de la rage dans l'Arctique est inconnue(49). Sur la base des changements dans l'habitat des renards dont les changements climatiques sont suspectés être responsables, nous allons présenter les impacts potentiels de tels changements à court (10 ans) et moyen terme (30-50 ans) sur la dynamique de la rage dans le Nord.

2.2.1 Perturbation dans les cycles de lemmings

Les populations de lemmings semblent très sensibles au réchauffement climatique, avec une cyclicité dépendante étroitement de la stabilité, de la longueur, et des températures froides hivernales(50). En effet, elles dépendent étroitement de la couverture neigeuse en hiver qui leur procure un abri, une protection contre les températures froides et un garde-manger. Des hivers plus doux et une fonte printanière plus précoce pourraient ainsi fragiliser le couvert neigeux dans le Nord, noyant les lemmings et les exposant à leurs prédateurs plus tôt dans l'année. À court terme, ces mortalités entraînant une augmentation des carcasses disponibles, devraient bénéficier aux renards arctiques. Cependant à moyen terme, le déclin dans les populations de lemmings d'Amérique du Nord réduira probablement les taux de reproduction et la taille de la population de renards arctiques, comme cela a été observé dans les populations de Scandinavie(51, 52). Dans cette région, l'absence de pics de lemmings entre 1985 et 2000 a entraîné un profond déclin dans les populations de renards arctiques(50). À plus long terme, un climat plus chaud devrait favoriser l'accroissement de la biomasse végétale, et donc l'augmentation et une plus grande variété des proies herbivores disponibles pour les renards(50).

2.2.2 Diminution de la glace de mer

La glace de mer constitue un habitat important pour plusieurs espèces arctiques, notamment pour le renard arctique qui y cherche sa nourriture pendant l'hiver. D'ailleurs, la présence de glace de mer est probablement le facteur le plus important dans la variation génétique des populations de renards arctiques(53). Depuis plusieurs années, on observe une diminution significative de la glace de mer dans l'Arctique (environ 3 % de diminution par décennie depuis 30 ans)(46). D'ici quelques dizaines d'années, la connexion glaciaire entre les îles de l'Océan Arctique et le continent ne devrait plus exister, et ces îles pourraient constituer le dernier refuge pour la faune et la flore indigène, les protégeant de l'invasion d'espèces venant du Sud(50). Par contre, les populations de renards par exemple vont vraisemblablement être isolées génétiquement, ce qui devrait les mettre à risque d'extinction à long terme(50). Les phoques et les ours polaires étant vulnérables à la perte de glace de mer, la nourriture marine pourrait aussi devenir moins disponible pour les renards arctiques(2). En particulier quand les sources de nourriture sont rares (creux dans le cycle de lemmings), ce manque de disponibilité des ressources marines peut diminuer la survie des renards arctiques(2, 54). Cependant, l'exemple du maintien d'une importante population de renards arctiques en Islande, une île complètement libre de glace semble démontrer que l'absence de glace n'est pas nécessairement problématique pour cette espèce qui pourrait éventuellement s'adapter à ces nouvelles conditions(50).

Ces changements dans l'abondance des renards arctiques et les mouvements à grande échelle associés à la pénurie alimentaire peuvent modifier la dynamique spatio-temporelle du virus rabique (circulation et distribution). Kim *et al.*(2) ont trouvé une corrélation positive entre l'étendue de glace de mer et le nombre de cas de rage. Cette corrélation pourrait être due à la diminution des glaces de mer qui, en limitant les mouvement sur de longues distances des renards arctiques, entraîne une diminution de la transmission de la rage entre les différentes populations de renards arctiques(2). C'est pourquoi la dynamique de la rage dans les populations de renards arctiques pourrait être davantage perturbée par les changements climatiques que celle dans les populations de renards roux(2). Cette situation pourrait toutefois avoir d'importantes conséquences en terme de conservation, puisque l'introduction de la rage dans les populations de renards isolées pourrait conduire à l'extinction locale de ces populations(55).

2.2.3 Expansion des populations de renard roux et activités anthropogéniques

Depuis le début du siècle dernier, l'aire de répartition des renards roux est montée au-dessus de la ligne des arbres, créant ainsi une zone de compétition avec les renards arctiques, principalement pour la nourriture et les tanières(56-59). Partageant des niches alimentaires identiques, les renards roux peuvent exclure les renards arctiques des sites de reproduction les plus productifs, c'est-à-dire où des proies alternatives sont disponibles durant les périodes de faible densité des lemmings. Ils peuvent également monopoliser les carcasses durant l'hiver, voire même tuer et manger les renards arctiques qui sont défavorisés dans les interactions compétitives avec les renards roux(60-63). Ces interactions augmentent certainement les taux de contact entre les deux espèces, favorisant ainsi la transmission du virus rabique et d'autres agents infectieux. Le changement de répartition

géographique des renards roux serait potentiellement lié au réchauffement du climat, mais cela n'a pas été encore clairement démontré(57).

Une autre explication au changement de répartition géographique des renards roux réside dans l'accroissement des activités anthropogéniques dans le Nord(64). En créant des aires d'alimentation artificielle pour les renards, les villages peuvent avoir un impact local sur la densité et les taux de contact entre renards roux dans l'Arctique, ainsi que les taux de contact entre renards, animaux domestiques (chiens) et humains. Récemment en Russie, les renards ont tendance à venir près des villages et à l'échelle mondiale on observe une urbanisation accrue des renards roux(20). De plus, plusieurs études suggèrent que l'accroissement des ressources alimentaires dans les régions développées telles que les champs pétrolifères pourrait avoir stabilisé, voire augmenté les densités de renards dans l'Arctique, ce qui suscite des inquiétudes au sujet de l'augmentation des cas de transmission virale aux animaux domestiques(15).

Le développement intensif du Nord canadien, favorisant la concentration des êtres humains et des animaux domestiques dans les villages, pourrait alors particulièrement augmenter le risque d'exposition humaine à la rage. En particulier, les ressources alimentaires anthropiques monopolisées par les renards roux au détriment des renards arctiques pourraient favoriser l'expansion vers le nord des renards roux(64). D'ailleurs, l'incursion du VVRA dans le sud de l'Ontario au cours des années 1950 a été suivie par son établissement dans les populations de renards roux(14). Par conséquent, des connaissances sur la capacité du renard roux à servir d'hôte réservoir à long terme pour ce variant semblent cruciales pour la santé publique(65).

3 EVALUATION DES DONNÉES EXISTANTES ET DISPONIBLES

3.1 LIMITES ET BESOINS POUR MODÉLISER LA RAGE DANS LES POPULATIONS DE RENARDS DU NORD

Dans la littérature, plusieurs types de données sont disponibles pour des travaux de modélisation de la rage dans les populations de renards au nord du 55^e parallèle : des données épidémiologiques, des données d'études écologiques et des données d'infection expérimentales. Ces données présentent certaines limites.

Des estimations précises de la prévalence de la rage dans le Nord font défaut. La majorité des données épidémiologiques disponibles, en particulier au Canada, provient des systèmes de surveillance passive, qui ignorent de vastes régions de l'Arctique où la population humaine est très limitée, en particulier dans les zones à distance des zones côtières. De plus, ces systèmes se limitent souvent à tester les animaux qui ont potentiellement exposé les êtres humains ou les animaux domestiques. Les cas diagnostiqués par ces systèmes représentent ainsi très probablement une large sous-estimation du nombre de cas de rage chez les animaux sauvages. Par contre, les pics de cas déclarés peuvent fournir un signal pertinent d'une épizootie de rage. Cela ne signifie pas toutefois que les épizooties de rage n'aient pas lieu dans les années sans pics de cas signalés. En effet, étant donné que les animaux enrégés tels que les renards peuvent être facilement reconnus et tués par les habitants des communautés du Nord, relativement peu de ces animaux seront soumis à un diagnostic de laboratoire.

La majorité des cas de renards rabiques sont signalés de novembre à mars, avec un maximum de cas déclarés à la fin de l'hiver et au début de printemps, ce qui suggère que la transmission virale aurait lieu préférentiellement à cette période du fait d'un taux de contact entre renards plus élevé. Toutefois, étant donné que les activités de piégeage ont lieu pendant l'hiver, une autre explication pourrait être que les animaux suspects de rage sont plus facilement visibles, capturés et envoyés pour analyse par les trappeurs (biais de détection). De plus, étant donné que la connaissance détaillée de la variation saisonnière des taux de contact entre renards arctiques fait défaut, une extrapolation aux variations saisonnières des événements de transmission virale demeure spéculative.

Les facteurs causant les foyers épizootiques ne sont pas bien connus. L'hypothèse dominante dans la littérature considère que les épizooties sont déclenchées lors des pics de densité de renards lors d'une pénurie en lemmings, ce qui augmente les mouvements des renards et ainsi leurs interactions menant à la transmission du virus rabique. Mais la survenue d'épizooties en dehors des pics de densité et l'existence de populations de renards arctiques non cycliques (populations côtières peu dépendantes des populations de lemming) complexifient l'image que l'on a et souligne la nécessité de mettre en place une surveillance améliorée et ciblant plusieurs types de populations de renards dans différentes localités.

Pour être capable de modéliser correctement la transmission du virus rabique, le taux de contacts entre renards est un paramètre très important à connaître. Même si plusieurs études se sont intéressées aux comportements de mouvement et d'interactions sociales chez les renards arctiques, aucune étude n'a quantifié la fréquence de contact dans une

population. Plus encore, les variations spatiales et temporelles du taux de contact ayant une forte influence sur la probabilité d'occurrence de la rage et sa propagation, il serait essentiel de considérer l'étude du taux de contact à différentes échelles spatio-temporelles. Il s'agirait notamment de prendre en compte l'aspect hautement cyclique des populations de renards dans le Nord, mais aussi les variations saisonnières probables associées au cycle reproducteur des renards.

Également, on dispose de très peu de données sur la survenue et la fréquence des interactions entre les renards arctiques et d'autres espèces sensibles comme les renards roux et les loups. Compte tenu de l'importance probable du renard roux dans le cycle de la rage dans le Nord, la connaissance du taux de contact entre les deux espèces est d'un intérêt certain. Globalement, on dispose de très peu de connaissances sur l'écologie du renard roux dans le Nord.

Les données d'infection expérimentales présentées dans ce rapport proviennent seulement de quelques études de laboratoire. La grande variabilité dans la durée d'incubation et le manque de données sur la dynamique de l'excrétion salivaire, moteur de la transmission virale, soulignent la nécessité de mieux comprendre les interactions entre le virus et son hôte. Ceci devrait permettre de déterminer comment le virus persiste dans les populations de renards arctiques qui sont en faible densité. Ce rapport met également en évidence le peu de données dont on dispose relativement aux changements de comportement induits suite à l'infection des renards arctiques par le VVRA. Même si la phase symptomatique semble être courte, plusieurs observations suggèrent l'importance de ces changements chez les renards dans l'exposition des animaux domestiques et de l'Homme : attaque de chiens, pénétration dans les villages. Le rôle plus global de ces modifications de comportements dans la transmission virale est inconnu. Aucune infection expérimentale avec le VVRA n'a été réalisée sur le renard roux. Au vu de son importance, il serait important d'avoir des données sur la pathogénie de l'infection chez cette espèce, notamment pour évaluer sa capacité à servir de réservoir pour le virus rabique dans le Nord.

Pour paramétrer un modèle de transmission de la rage de type compartimental¹, des données démographiques et épidémiologiques sont nécessaires. Les données démographiques essentielles sont les taux de naissance et de mortalité, ainsi que la capacité porteuse du milieu, définie comme la taille maximale de la population d'un organisme qu'un milieu donné peut supporter. Le taux de naissance peut se calculer à partir de la proportion de femelles reproductrices, du nombre de renardeaux par portée et du sex-ratio dans la population.

Comme données épidémiologiques, des connaissances sur le temps d'incubation de la maladie, le taux de mortalité des renards rabiques (calculé comme l'inverse de la durée de la phase symptomatique) et le coefficient de transmission du virus sont nécessaires. Le coefficient de transmission intègre le taux de contact entre individus (ou probabilité de

¹ Ces modèles mathématiques divisent la population en classes épidémiologiques: les individus susceptibles d'être infectés, ceux qui sont infectieux, voire ceux qui ont acquis une immunité à la suite de la guérison, et font circuler les individus d'une classe à l'autre en fonction du temps.

contact) et la probabilité d'infection de l'hôte une fois que ce dernier est entré en contact avec le virus.

La recension de littérature a permis de documenter la majorité des paramètres nécessaires aux travaux de modélisation de la rage dans les populations de renards. Les tableaux 1 et 2 (annexe 1) présentent les données existantes et disponibles.

3.2 CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET RAGE DANS LE NORD DU QUÉBEC

D'après la recension de littérature, les changements climatiques pourraient globalement isoler les populations de renards arctiques, sans forcément les mener à l'extinction. L'absence de connexion entre populations devrait ainsi rendre la problématique de la rage plus localisée. Dans le Nord du Québec, le réchauffement du climat devrait entraîner une déstabilisation des ressources alimentaires des renards (comme une perturbation dans les cycles de lemmings) et la diminution de la glace de mer. Suite à ces changements, les renards arctiques pour s'alimenter pourraient se rapprocher des côtes, où se trouvent les villages. Il est attendu également que le développement du Nord du Québec, en favorisant les interactions entre renards et humains via l'apport de nouvelles ressources alimentaires, permette la constitution de points focaux de transmission de la rage. Il est cependant difficile de se prononcer sur la base des informations présentées, étant donné qu'il existe très peu d'information sur l'écologie du renard arctique dans le Nord du Québec. Compte tenu de la plasticité de l'écologie de cette espèce et de son importance dans les dynamiques de transmission de la rage (mouvements, cycles de population et ressources alimentaires, interactions intra et interspécifiques, en particulier avec les animaux domestiques et l'Homme...), ces lacunes devraient être comblées. Sans ces informations sur les populations, il pourrait être difficile de pleinement anticiper l'impact du réchauffement climatique et du développement sur le risque d'exposition humaine dans les communautés du Nord du Québec.

Globalement dans l'Arctique, l'écologie de la rage pourrait être sensiblement modifiée par la population envahissante de renards roux, entraînant potentiellement une augmentation de l'exposition humaine à la rage, ou au contraire une diminution de l'exposition humaine dans les régions arctiques (dans le cas hypothétique où les renards roux ne constituent pas d'aussi bons réservoirs que les renards arctiques). Le rôle des renards roux pourraient être ainsi amplifié et d'autant plus si on considère le probable retrait des renards arctiques vers des régions plus nordiques et insulaires. La large distribution des renards roux pourrait aussi permettre la transmission et le maintien du VVRA dans des régions plus tempérées, où les densités humaines sont bien plus élevées que dans le Nord.

CONCLUSION

Dans ce rapport, nous avons documenté ce qui était connu de la dynamique de la rage dans les populations de renards arctiques et de renards roux au nord du 55^e parallèle, dans l'objectif d'évaluer les données existantes et disponibles pour des travaux de modélisation de la rage dans ces populations.

Ce rapport met en évidence le fait que l'épidémiologie de la rage dans l'Arctique n'est pas bien comprise et il identifie les lacunes dans les connaissances ainsi que les principales informations nécessaires pour avoir une meilleure compréhension des conséquences potentielles des changements climatiques dans les écosystèmes nordiques. Ces lacunes réfèrent à l'écologie des renards qui influence les événements de transmission virale (par exemple les mouvements des renards arctiques, leurs interactions avec les renards roux, la distribution et les mouvements des renards roux dans le Nord), mais également aux caractéristiques du VVRA chez les renards (par exemple le rôle des comportements induits par l'infection rabique, la durée de la phase infectieuse et asymptomatique). Plus particulièrement, la question de la persistance du virus rabique dans les populations de renards arctiques reste centrale à une meilleure compréhension de l'épidémiologie de la rage dans le Nord.

Une meilleure connaissance de l'épidémiologie de la rage dans le Nord, et ce à différentes échelles spatio-temporelles, permettrait de modéliser les dynamiques de transmission et de tester les différentes hypothèses des impacts des changements climatiques. Grâce à des travaux de modélisation, il pourrait être possible de prédire la fréquence des épizooties ainsi que l'intensité et l'étendue géographique du risque d'exposition de la rage pour les chiens et les êtres humains dans ce contexte de perturbations environnementales.

RÉFÉRENCES

1. Baer GM (1991) *The Natural history of rabies* (CRC Press, Boca Raton) 2nd Ed p 620 p.
2. Kim BI, *et al.* (2013) A conceptual model for the impact of climate change on fox rabies in Alaska, 1980-2010. *Zoonoses and public health*.
3. Kuzmin IV, *et al.* (2004) Molecular epidemiology of terrestrial rabies in the former Soviet Union. *Journal of wildlife diseases* 40(4):617-631.
4. Mansfield KL, *et al.* (2006) Molecular epidemiological study of Arctic rabies virus isolates from Greenland and comparison with isolates from throughout the Arctic and Baltic regions. *Virus Research* 116(1-2):1-10.
5. Mork T & Prestrud P (2004) Arctic rabies-a review. *Acta veterinaria Scandinavica* 45 (1-2):1-9.
6. Nadin-Davis S, Muldoon F, Whitney H, & Wandeler AI (2008) Origins of the rabies viruses associated with an outbreak in Newfoundland during 2002-2003. *Journal of wildlife diseases* 44(1):86-98.
7. Secord DC, Bradley JA, Eaton RD, & Mitchell D (1980) Prevalence of rabies virus in foxes trapped in the Canadian Arctic. *The Canadian veterinary journal* 21(11):297-300.
8. Tabel H, Corner AH, Webster WA, & Casey CA (1974) History and epizootiology of rabies in Canada. *Canadian Veterinary Journal* 15(10):271-281.
9. Williams RB (1949) Rabies in Alaska. *Canadian journal of comparative medicine and veterinary science* 13(6):136-143.
10. Kuzmin IV, Hughes GJ, Botvinkin AD, Gribencha SG, & Rupprecht CE (2008) Arctic and Arctic-like rabies viruses: distribution, phylogeny and evolutionary history. *Epidemiology and infection* 136(4):509-519.
11. Nadin-Davis SA, Turner G, Paul JP, Madhusudana SN, & Wandeler AI (2007) Emergence of Arctic-like rabies lineage in India. *Emerging infectious diseases* 13(1):111-116.
12. CFIA (2013) Positive Rabies in Canada.
13. Mitchell R & Kandola K (2005) *Rabies in the Northwest Territories* (EpiNorth), (Services GDoHaS).
14. Rosatte RC (1988) Rabies in Canada - history, epidemiology and control. *The Canadian veterinary journal* 29(4):362-365.
15. Ballard WB, Follmann EH, Ritter DG, Robards MD, & Cronin MA (2001) Rabies and canine distemper in an arctic fox population in Alaska. *Journal of Wildlife Diseases* 37(1):133-137.

16. Mork T, Bohlin J, Fuglei E, Asbakk K, & Tryland M (2011) Rabies in the arctic fox population, Svalbard, Norway. *Journal of wildlife diseases* 47(4):945-957.
17. Prestrud P, Krogsrud J, & Gjertz I (1992) The occurrence of rabies in the Svalbard Islands of Norway. *Journal of wildlife diseases* 28(1):57-63.
18. White PCL, Harris S, & Smith GC (1995) Fox contact behaviour and rabies spread: A model for the estimation of contact probabilities between urban foxes at different population densities and its implications for rabies control in Britain. *Journal of Applied Ecology* 32(4):693-706.
19. Hendrickson CJ, Samelius G, Alisauskas RT, & Lariviere S (2005) Simultaneous den use by Arctic foxes and wolves at a den site in Nunavut, Canada. *Arctic* 58(4):418-420.
20. Holmala K & Kauhala K (2006) Ecology of wildlife rabies in Europe. *Mammal Review* 36(1):17-36.
21. Kauhala K & Holmala K (2006) Contact rate and risk of rabies spread between medium-sized carnivores in southeast Finland. *Annales Zoologici Fennici* 43(4): 348-357.
22. Chapman RC (1978) Rabies: decimation of a wolf pack in arctic Alaska. *Science* 201(4353):365-367.
23. Elton C (1931) Epidemics among sledge dogs in the Canadian Arctic and their relation to disease in the arctic fox. *Canadian Journal of Research* 58:673-692.
24. Ritter D (1981) Rabies. *Alaskan wildlife diseases*, ed Dieterich RA University of Alaska, Fairbanks, Alaska), pp 6-12.
25. Rausch RL (1958) Some observations on rabies in Alaska, with special reference to wild canidae. *Journal of Wildlife Management* 22(3):246-260.
26. Audet AM, Robbins CB, & Lariviere S (2002) Alopex lagopus. *Mammalian Species* 713(26):1-10.
27. Tarroux A, Berteaux D, & Bety J (2010) Northern nomads: ability for extensive movements in adult arctic foxes. *Polar Biology* 33(8):1021-1026.
28. Rausch RL (1972) Observations on some natural-focal zoonoses in Alaska. *Archives of environmental health* 25(4):246-252.
29. Frafjord K & Prestrud P (1992) Home range and movements of arctic foxes Alopex lagopus in Svalbard. *Polar Biology* 12(5):519-526.
30. Follmann EH, Ritter DG, & Baer GM (1988) Immunization of arctic foxes (Alopex lagopus) with oral rabies vaccine. *Journal of wildlife diseases* 24(3):477-483.
31. Aenishaenslin C, *et al.* (2013) Characterizing rabies epidemiology in remote Inuit communities in Québec, Canada: A "One Health" approach. *EcoHealth Accepted*.

32. Kantorovich RA (1964) Natural foci of a rabies-like infection in the far North. *Journal of hygiene, epidemiology, microbiology, and immunology* 8:100-110.
33. Leisner K (2002) Rabies in Greenland, 1975 - 2001. in *Rabies Bulletin Europe* (WHO Collaborating Centre for Rabies Surveillance & Research), pp 10-14.
34. Gildehaus LA (2010) Rabies virus in Arctic fox (*Vulpes lagopus*): a study of pantropic distribution. Master of science (Faculty of the University of Alaska Fairbanks).
35. Follmann E, Ritter D, Swor R, Dunbar M, & Hueffer K (2011) Preliminary evaluation of Raboral V-RG(R) oral rabies vaccine in Arctic foxes (*Vulpes lagopus*). *Journal of wildlife diseases* 47(4):1032-1035.
36. Follmann EH, Ritter DG, & Hartbauer DW (2004) Oral vaccination of captive arctic foxes with lyophilized SAG2 rabies vaccine. *Journal of Wildlife Diseases* 40(2): 328-334.
37. Orpetveit I, *et al.* (2011) Rabies in an Arctic fox on the Svalbard archipelago, Norway, January 2011. *Euro surveillance: European communicable disease bulletin* 16(7).
38. Anderson RM, Jackson HC, May RM, & Smith AM (1981) Population dynamics of fox rabies in Europe. *Nature* 289(5800):765-771.
39. MacInnes CD, *et al.* (2001) Elimination of rabies from red foxes in eastern Ontario. *Journal of wildlife diseases* 37(1):119-132.
40. Angerbjorn A, Tannerfeldt M, & Erlinge S (1999) Predator-prey relationships: Arctic foxes and lemmings. *Journal of Animal Ecology* 68(1):34-49.
41. Legagneux P, *et al.* (2012) Disentangling trophic relationships in a High Arctic tundra ecosystem through food web modeling. *Ecology (Washington D C)* 93(7):1707-1716.
42. Aubert MF (1992) Epidemiology of fox rabies. *International WHO Symposium on "Wildlife Rabies Control"*, eds Bogel K, Meslin FM, & Kaplan MM (Wells Medical Ltd., Kent, UK, Geneva), pp 9-18.
43. Eberhardt LE, Garrott RA, & Hanson WC (1983) Winter movements of Arctic foxes *Alopex-Lagopus* in a petroleum development area. *Canadian Field-Naturalist* 97(1):66-70.
44. Pamperin NJ (2008) Winter movements of arctic foxes in northern Alaska measured by satellite telemetry. Master of science (Faculty of the University of Alaska Fairbanks).
45. Blunden J, Arndt DS, & Baringer MO (2011) State of the Climate in 2010. in *Bulletin of the American Meteorological Society*.
46. IPCC (2007) Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. (Geneva, Switzerland), p 104.

47. Ferguson SH, *et al.* (2012) Time series data for Canadian arctic vertebrates: IPY contributions to science, management, and policy. *Climatic Change* 115(1):235-258.
48. Mallory ML, Ogilvie C, & Gilchrist HG (2006) A review of the Northern Ecosystem Initiative in Arctic Canada: facilitating arctic ecosystem research through traditional and novel approaches. *Environmental monitoring and assessment* 113(1-3):19-29.
49. Hueffer K, O'Hara TM, & Follmann EH (2011) Adaptation of mammalian host-pathogen interactions in a changing arctic environment. *Acta veterinaria Scandinavica* 53:17.
50. Fuglei A & Ims RA (2008) Global warming and effects on the arctic fox. *Science Progress* 91(12):175-191.
51. Kausrud KL, *et al.* (2008) Linking climate change to lemming cycles. *Nature (London)* 456(7218):93.
52. Schmidt NM, *et al.* (2012) Response of an arctic predator guild to collapsing lemming cycles. *Proceedings of the Royal Society Biological Sciences Series B* 279(1746):4417-4422.
53. Geffen E, *et al.* (2007) Sea ice occurrence predicts genetic isolation in the Arctic fox. *Molecular Ecology* 16(20):4241-4255.
54. Roth JD (2003) Variability in marine resources affects arctic fox population dynamics. *Journal of Animal Ecology* 72(4):668-676.
55. Pamperin NJ, Follmann EH, & Person BT (2008) Sea-ice use by arctic foxes in northern Alaska. *Polar Biology* 31(11):1421-1426.
56. Gagnon CA & Berteaux D (2009) Integrating traditional ecological knowledge and ecological science: a question of scale. *Ecology & Society* 14(2):Article No.
57. Hersteinsson P & Macdonald DW (1992) Interspecific competition and the geographical distribution of red and arctic foxes *Vulpes-Vulpes* and *Alopex-Lagopus*. *Oikos* 64(3):505-515.
58. Ovsyanikov NS & Menyushina IE (1987) Observations of the Common Red Fox in an Arctic Fox Population in the Wrangel Island Russian Sfsr Ussr. *Byulleten' Moskovskogo Obshchestva Ispytatelei Prirody Otdel Biologicheskii* 92(5):49-55.
59. Tannerfeldt M, Elmhagen B, & Angerbjorn A (2002) Exclusion by interference competition? The relationship between red and arctic foxes. *Oecologia (Berlin)* 132(2):213-220.
60. Elmhagen B, Tannerfeldt M, & Angerbjorn A (2002) Food-niche overlap between arctic and red foxes. *Canadian Journal of Zoology* 80(7):1274-1285.
61. Frafjord K, Becker D, & Angerbjorn A (1989) Interactions between arctic and red foxes in Scandinavia predation and aggression. *Arctic* 42(4):354-356.

62. Killengreen ST, *et al.* (2011) The importance of marine vs. human-induced subsidies in the maintenance of an expanding mesocarnivore in the arctic tundra. *Journal of Animal Ecology* 80(5):1049-1060.
63. Pamperin NJ, Follmann EH, & Petersen B (2006) Interspecific killing of an arctic fox by a red fox at Prudhoe Bay, Alaska. *Arctic* 59(4):361-364.
64. Gallant D, Slough BG, Reid DG, & Berteaux D (2012) Arctic fox versus red fox in the warming Arctic: four decades of den surveys in north Yukon. *Polar Biology* 35(9):1421-1431.
65. Nadin-Davis SA, Sheen M, & Wandeler AI (2012) Recent emergence of the Arctic rabies virus lineage. *Virus research* 163(1):352-362.
66. Shirley MDF, Elmhagen B, Lurz PWW, Rushton SP, & Angerbjorn A (2009) Modelling the spatial population dynamics of arctic foxes: the effects of red foxes and microtine cycles. *Canadian Journal of Zoology* 87(12):1170-1183.
67. Dalerum F, Tannerfeldt M, Elmhagen B, Becker D, & Angerbjorn A (2002) Distribution, morphology and use of arctic fox *Alopex lagopus* dens in Sweden. *Wildlife Biology* 8(3):185-192.

ANNEXE 1

PARAMÈTRES DÉMOGRAPHIQUES ET ÉPIDÉMIOLOGIQUES

Tableau 1 Données démographiques et épidémiologiques permettant de modéliser la transmission de la rage chez le renard arctique (*Vulpes lagopus*)

	Valeurs	Localisation	Références
Paramètres démographiques			
Proportion de femelles reproductrices	0.05 - 0.70	Arctique	(66)
Nombre de renardeaux par portée	2.5 - 10.1	Arctique	(66)
Mortalité annuelle des adultes	0.35 - 0.6	Arctique	(66)
Densité de renards reproducteurs	0.02 - 0.3	Sibérie	(40, 41)
Densité de renards	0.10 - 0.15	Svalbard	(5)
Densité des tanières (/Km ²)	0.01 - 0.33	Suède	(67)
Paramètres épidémiologiques			
Durée d'incubation	8 jours – 6 mois		(5)
Durée phase symptomatique	2 jours		(5)

En rouge sont les valeurs au creux de populations des renards, et en vert les valeurs au pic de population des renards.

Tableau 2 Données démographiques et épidémiologiques permettant de modéliser la transmission de la rage chez le renard roux (*Vulpes vulpes*)

	Valeurs	Localisation	Références
Paramètres démographiques			
Proportion de femelles reproductrices	0.25 - 0.63	Suède	(66)
Nombre de renardeaux par portée	3 - 5.8	Suède	(66)
Mortalité annuelle des adultes	0.35 - 0.6		(66)
Densité de renards	0.2 - 0.4	Suède	(20)
Paramètres épidémiologiques			
Durée d'incubation	28 jours	Europe	(38)
Durée de la phase symptomatique	5 jours	Europe	(38)

En rouge sont les valeurs au creux de populations des renards, et en vert les valeurs au pic de population des renards.



EXPERTISE
CONSEIL



INFORMATION



FORMATION

www.inspq.qc.ca



RECHERCHE
ÉVALUATION
ET INNOVATION



COLLABORATION
INTERNATIONALE



LABORATOIRES
ET DÉPISTAGE

Institut national
de santé publique

Québec

