Zeitschrift: Bulletin de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles
Band: 127 (2004)

Artikel: Tiques et borréliose de Lyme en Suisse occidentale
Autor: Gern, Lise
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-89612

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Siehe Rechtliche Hinweise.

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. Voir Informations légales.

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. See Legal notice.

Download PDF: 15.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

TIQUES ET BORRÉLIOSE DE LYME EN SUISSE OCCIDENTALE

LISE GERN

Institut de Zoologie, Université de Neuchâtel, Rue Emile-Argand 11, 2000 Neuchâtel, Suisse.

Résumé

La maladie de Lyme est une maladie dont l'agent responsable, une bactérie, *Borrelia burgdorferi,* n'a été découvert qu'au début des années 1980. Elle se manifeste de manière protéiforme et provoque des manifestations dermatologiques, neurologiques, cardiaques ainsi que des arthrites. Trois espèces de bactéries, *B. burgdorferi* s.s., *B. garinii* et *B. afzelii* sont responsables de ces manifestations chez l'homme. Elles sont transmises en Europe par la tique *Ixodes ricinus*. Cette tique est fréquente dans certaines régions de Suisse où elle peut atteindre une densité de 300 tiques /100m^2. Son infection par *B. burgdorferi* peut s'élever à près de 50%. Actuellement la plus forte densité de tiques infectées a été observée à Neuchâtel où cette densité peut atteindre 69 tiques infectées/ 100 m^2. Les tiques s'infectent en se nourrissant sur des rongeurs sauvages (micromammifères, écureuils), sur des oiseaux ou sur des hérissons. Une relation spécifique a été observée entre *B. afzelii*, *B. burgdorferi* ss et les rongeurs alors que *B. valaisiana* et *B. garinii* se rencontrent chez les oiseaux.

Abstract

Borrelia burgdorferi, the etiologic agent of Lyme borreliosis has been discovered in the early eighties. Lyme borreliosis is a systemic disease characterized by dermatological, neurological and cardiac disorders as well as arthritis. Three *Borrelia* species, *B. burgdorferi* s.s., *B. garinii* et *B. afzelii,* are pathogenic for humans. In Europe, they are transmitted by the tick *Ixodes ricinus*. This tick species is frequent in some areas in Switzerland where tick density can reach 300 ticks/100m^2 and where up to 50% of them can be infected by *B. burgdorferi.* The highest density of infected ticks (69 infected ticks/ 100m^2) has been recorded in Neuchâtel. Rodents (small mammals, squirrels), birds as well as hedgehogs have been identified as reservoir hosts for *Borrelia*. Rodents transmit *B. burgdorferi* ss and *B. afzelii* to ticks feeding on them whereas birds transmit *B. garinii* and *B. valaisiana*.

INTRODUCTION

La maladie de Lyme ou borréliose de Lyme porte le nom de la petite ville de Lyme située dans l'état du Connecticut aux Etats-Unis. C'est dans cette ville que, dans le courant des années 70, une mère de famille, Polly Murray, informa les autorités de la présence de plusieurs cas d'arthrite chez les enfants fréquentant l'école de Lyme. Après une enquête épidémiologique approfondie et la découverte d'une bactérie dans les tiques de l'île de

Long Island près de New York en 1981, il s'avéra que les arthrites chez les enfants de Lyme étaient dues à *Borrelia burgdorferi,* une bactérie spiralée, transmise lors de la piqûre de tiques. Cette bactérie porte le nom du chercheur qui l'a découverte, Willy Burgdorfer. La découverte de la bactérie dans les tiques d'Amérique du Nord a été rapidement suivie par son isolement à partir de tiques récoltées en Europe et plus spécifiquement en Suisse (BURGDORFER *et. al.,* 1982, 1983).

La maladie de Lyme est aujourd'hui connue pour son aspect protéiforme. De manière schématique, la maladie se présente d'abord de manière localisée se développant généralement à l'endroit de la piqûre de la tique. Cette infection localisée se manifeste par une rougeur se développant de manière centrifuge, apparaissant sous la forme d'une tache rouge plus ou moins foncée ou sous la forme d'un liseré rouge. En se généralisant, l'infection peut atteindre le système nerveux. Apparaissent alors des paralysies faciales ou des atteintes du système nerveux central avec des méningo-encéphalites. Si les articulations sont atteintes, on aura alors l'apparition d'arthrites. Des atteintes cardiaques et oculaires ont également été décrites. Une manifestation cutanée apparaissant plusieurs mois voire plusieurs années après la piqûre, appelée acrodermatite chronique atrophiante touche principalement les personnes âgées.

La borréliose de Lyme n'est décrite que sur l'hémisphère nord. Elle recouvre une grande partie de l'Eurasie et, en Amérique du Nord, elle se concentre principalement sur la côte est ainsi que sur la côte ouest. Plusieurs espèces de tiques transmettent la bactérie, mais toutes sont cousines. Les espèces de tiques le plus fréquemment impliquées dans la transmission des agents de la borréliose de Lyme à l'homme sont *Ixodes scapularis* et *I. pacificus* sur le continent nord américain alors qu'en Asie, c'est l'espèce *I. persulcatus* qui en est le vecteur. En Europe, c'est la tique *Ixodes ricinus* qui est responsable de la transmission du germe de la maladie de Lyme.

On sait actuellement que les tiques s'infectent en se nourrissant sur différents hôtes de la faune sauvage qui les hébergent.

IXODES RICINUS, LA TIQUE VECTRICE EN EUROPE

Plus de 800 espèces de tiques ont été répertoriées à travers le monde. Elles colonisent une grande variété de biotopes, c'est ainsi qu'on les retrouve aussi bien dans les déserts les plus arides que dans des régions situées à de très hautes altitudes. Les hôtes sur lesquels elles se nourrissent peuvent aller des reptiles (lézards, tortues etc.) aux mammifères (micromammifères, chevreuils, etc) en passant par les oiseaux (oiseaux marins, merles, etc).

En Suisse, on dénombre environ une vingtaine d'espèces de tiques différentes dont la plus connue est *I. ricinus*. Cette tique se nourrit sur les animaux sauvages mais également sur les animaux domestiques tels que les chiens, les chats et les bovins par exemple, ainsi que sur l'homme (AESCHLIMANN, 1972).

L'aire de répartition d'*I. ricinus* recouvre tout le continent européen de l'Atlantique jusqu'aux chaînes de l'Oural et s'étend même à certaines régions du nord de l'Afrique (GERN & HUMAIR, 2002).

En Suisse, c'est essentiellement sur le Plateau suisse qu'*I. ricinus* abonde (AESCHLIMANN, 1972, PERRET, 2003). On la rencontre cependant aussi dans le Jura, les Préalpes et les Alpes ainsi qu'au sud des Alpes où elle semble cependant moins abondante (JOUDA *et al.,* 2003). Les forêts de feuillus à riche sous-bois, les lisières de forêts et les chemins forestiers représentent les biotopes de prédilection pour cette tique. Dans les forêts formées exclusivement de conifères, sa présence n'est pas observée.

A)

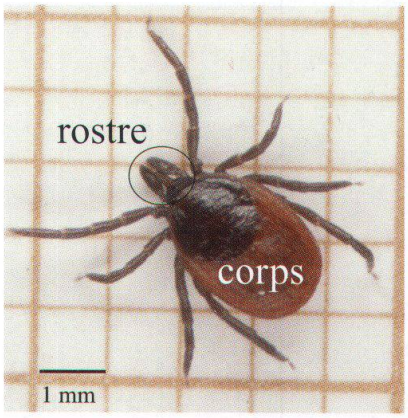
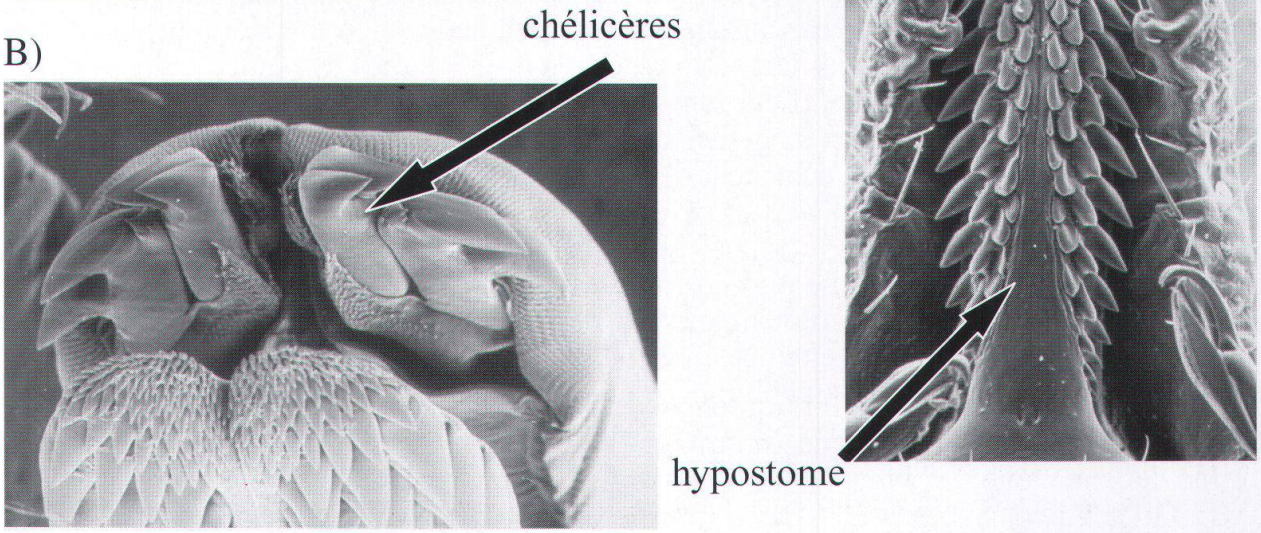


Figure 1: **A)** *Ixodes ricinus* (femelle) sur un papier millimétré (vue dorsale) (Photo: O. Rais). **B)** vues ventrales du rostre: en bas à gauche, extrémité du rostre avec les couteaux des chélicères. en bas à droite, vue de l'hypostome avec ses dents (Photos M. Vlimant et P.-A. Diehl).

B)



Occasionnellement, elle peut être présente dans les jardins privés à l'intérieur des villes. Pour éviter que la tique puisse s'y maintenir, il faut impérativement avant l'hiver enlever toute litière. Ainsi, lorsque les feuilles mortes sont soigneusement retirées des jardins, les risques d'avoir des tiques dans son jardin sont fortement diminués. Lorsqu'il s'agit de jardins privés situés en bordure de forêt, la lutte contre les tiques est beaucoup plus problématique.

On pense souvent que les tiques sont des insectes, mais ce n'est pas le cas. Elles sont proches parentes des araignées. Comme elles, elles possèdent 4 paires de pattes (sauf la larve qui en a 3) et ne présentent pas d'antennes (fig. 1A). Schématiquement, le corps d'une tique se compose de 2 parties: un corps ovoïde contenant les organes vitaux, tels que l'intestin, le coeur, les glandes salivaires et les organes reproducteurs, et un rostre que l'on appelle souvent de façon erronée «tête». Ce rostre constitue l'appareil qui va permettre à la tique de percer la peau de son hôte et d'y rester ancrée jusqu'à la fin de son repas. Il est formé de 2 pièces maîtresses très bien adaptées à leurs rôles respectifs: les chélicères, situés dorsalement et l'hypostome situé ventralement (fig. 1B). Les chélicères sont pourvus à leurs extrémités de petits couteaux qui vont cisailler la peau et ainsi ouvrir le chemin au stylet rigide que représente l'hypostome. Celui-ci permet à la tique de percer la peau en profondeur et de se maintenir ancrée dans la peau grâce aux petites dents qui le recouvrent. C'est la présence de ces dents qui rend l'extraction de la tique difficile lorsqu'elle est fixée dans la peau. Les chélicères sont recouverts ventralement par les pédipalpes, qui contiennent de nombreux poils sensoriels. Les pédipalpes sont écartés et restent à l'extérieur lorsque la

tique enfonce son rostre dans la peau. Les chélicères et l'hypostome forment un canal au travers duquel le sang pourra être ingéré par la tique. C'est également à travers ce canal que la tique injectera sa salive.

La salive de la tique contient de très nombreuses substances, parmi lesquelles on peut citer des anticoagulants, des substances qui permettent de moduler la réponse immunitaire de l'hôte et également de rendre indolore la piqûre de la tique (BROSSARD & WIKEL, 1997).

CYCLE DE VIE D'*I. RICINUS*

Le cycle de vie d'*I. ricinus* (et de toutes les tiques transmettant *B. burgdorferi*) se déroule en 3 stades successifs: la larve, la nymphe et les adultes (mâles ou femelles) (fig. 2). Des centaines d'oeufs que les femelles auront pondus à même le sol vont éclore de petites larves mesurant environ 1 mm. Ces larves sont pourvues de 3 paires de pattes. Elles vivent et attendent leurs hôtes près du sol. Leur repas sanguin peut durer 2 à 3 jours. Leurs hôtes les plus fréquents sont des animaux de petite taille tels que les micromammifères, les écureuils et les oiseaux (fig. 3). Elles se détachent de leurs hôtes lorsque leur repas est terminé et se laissent tomber au sol où elles vont muer pour devenir des nymphes au bout de quelques semaines.

Les nymphes mesurent à peine plus de 1 mm et ont un mode de vie qui ressemble à celui des larves puisqu'elles partagent les mêmes hôtes (fig. 3). Leur repas de sang par contre dure plus longtemps, pouvant atteindre 5-6 jours. Le repas terminé, les nymphes se détachent de leurs hôtes et se laissent choir au sol où elles vont muer pour devenir adultes. Des nymphes vont émerger des tiques mâles ou des tiques femelles.

Les tiques mâles et femelles vont copuler, soit lorsqu'elles sont en phase libre sur la végétation ou au sol, soit lorsqu'elles parasitent l'hôte. Les tiques mâles mesurent environ 2 mm et elles ne prennent pas un repas sanguin important, seules quelques gouttes de sang semblent leur suffire. On peut souvent les observer se promenant sur leur hôte à la recherche d'une femelle à féconder. Les femelles se nourrissent pendant 7 à 10 jours sur de grands mammifères (fig. 3). Avant le début du repas sanguin, elles mesurent près de 4 mm et elles peuvent atteindre, une fois gorgées de sang, une taille supérieure à 1 cm. A la fin de leur repas, après quelques semaines, les femelles vont se mettre à pondre plusieurs centaines d'oeufs au sol, puis elles vont mourir. Le mâle peut féconder plusieurs femelles avant de mourir à son tour.

Indépendamment de leur taille, on reconnaît facilement, chez *I. ricinus,* la femelle du mâle à la couleur de leur robe: celle-ci est bicolore chez la femelle (rouge et noire) alors que celle du mâle est entièrement noire.

Dans la nature, les animaux peuvent être massivement infestés par des tiques, on peut trouver plus de 800 individus sur un écureuil par exemple. Rappelons également que l'homme peut être piqué par les 3 stades.

Dans les forêts et les jardins, on peut également trouver une autre espèce de tiques, *I. hexagonus*, qui se nourrit surtout sur les carnivores et les hérissons (fig. 2) (TOUTOUNGI *et al.,* 1991). Dans les jardins, elles peuvent être présentes dans les nids de hérissons qui sont situés sur le sol. L'homme peut se faire piquer par cette tique en jardinant. Dans les forêts, par contre, *I. hexagonus* vit principalement dans les terriers de ses hôtes carnivores et le contact avec l'homme y est extrêmement rare.

On l'a bien compris, pour vivre, les tiques doivent se nourrir du sang des hôtes sur lesquels elles se sont fixées. Comment se fait la rencontre entre la tique et son hôte? Les tiques

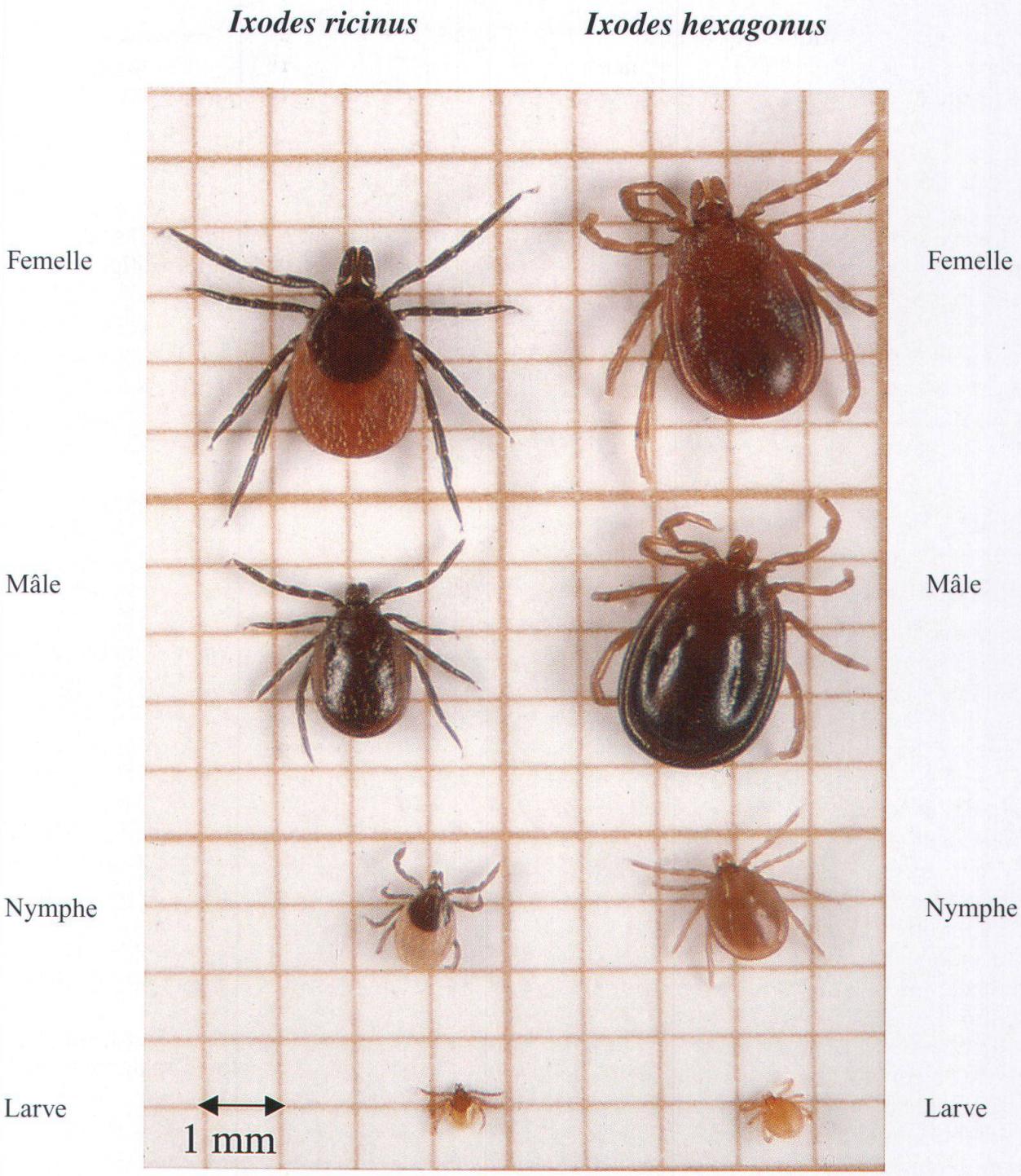


Figure 2: Les différents stades d' *Ixodes ricinus* (sur la gauche) et *I. hexagonus* (sur la droite), deux espèces de tiques vectrices de *B. burgdorferi* en Europe. Les tiques sont photographiées sur du papier millimétré (Photo: O. Rais).

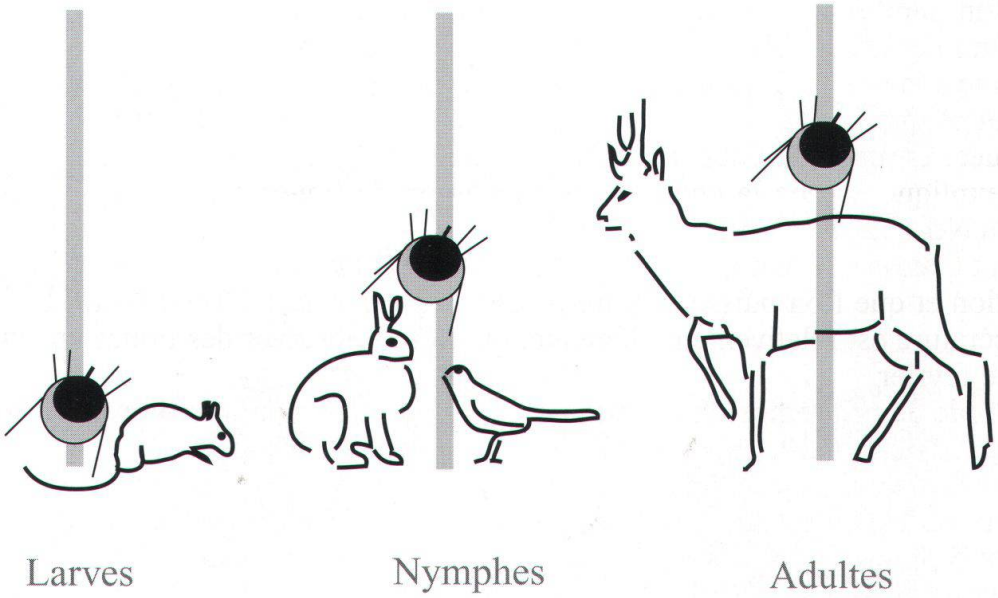


Figure 3: Hauteurs de quête sur la végétation basse des différents stades d' *I. ricinus* en fonction des hôtes sur lesquels ils se nourrissent. Dessins des hôtes: P.-F. Humair.

ne peuvent ni voler ni sauter et ne tombent pas des arbres. Elles attendent leurs hôtes sur la végétation basse, leur première paire de pattes dirigées en avant comme des antennes. La hauteur à laquelle *I. ricinus* attend son hôte varie selon les stades (fig. 3), mais également selon la végétation et la localisation géographique (Mejlon & Jaenson, 1997). Les tiques étant très sensibles à la dessication, elles se voient contraintes de quitter leur support végétal pour descendre au sol où elles pourront se réhydrater et ensuite remonter sur un support végétal et se remettre en position de quête (Perret *et al.,* 2003). Grâce aux griffes qu'elles possèdent à l'extrémité de leurs pattes, les tiques peuvent s'accrocher à leurs hôtes. Ainsi, la rencontre entre la tique et l'hôte a lieu quand ce dernier s'est approché de la tique. Si l'on veut éviter cette rencontre, il faut se tenir à l'écart de la végétation et ne pas entrer en contact direct avec elle.

Lorsque la tique se retrouve sur son hôte, elle ne se fixe pas immédiatement. Elle se déplace jusqu'à ce qu'elle trouve un endroit favorable où elle va se fixer en enfonçant son rostre.

On trouve la tique *I. ricinus* en quête sur la végétation de février-mars à octobre-novembre avec généralement deux pics de fréquence, un au printemps (souvent le plus important) et un second en automne. La date du début de l'activité des tiques au printemps, ainsi que la date à laquelle leur densité est maximale dépendent de la température qu'il fait durant les premiers mois de l'année (Perret, 2003). De même, l'apparition d'un second pic d'abondance des tiques en automne, ainsi que son importance, dépendent de la température qu'il a fait de mars à juin (Perret, 2003). Lorsque l'atmosphère est trop sèche, alors que les tiques sont actives, la population de tiques peut en souffrir, comme cela a été démontré en 1998 dans la forêt du Bois de l'Hôpital à Neuchâtel (Perret *et al.,* 2000). Cette année-là, les conditions atmosphériques ont montré un déficit de saturation élevé au printemps, entraînant une raréfaction des tiques. Dans une expérience, Perret *et al.* (2004) ont démontré qu'un déficit de saturation élevé affectait surtout les nymphes et moins les adultes. Ces chercheurs

ont placé un nombre déterminé de nymphes et d'adultes dans de petites arènes disposées dans la nature et les ont observés 2 fois par jour. Le comportement de quête de ces tiques a été ensuite analysé en fonction des conditions météorologiques. PERRET *et al.* (2004) ont alors constaté que lorsque l'atmosphère était trop desséchante, les tiques ne se mettaient plus en quête et même que les tiques, principalement les nymphes, mouraient. Ces constatations expliquent donc la chute de la population de tiques observées dans le Bois de l'Hôpital à Neuchâtel en 1998 (PERRET *et al.,* 2000).

En début d'année, il faut qu'il fasse au moins 7°C pour que les tiques se retrouvent sur la végétation et que l'on puisse se faire piquer (PERRET *et al.*, 2000, PERRET, 2003). Ainsi, si la température est relativement clémente, on pourra observer des tiques en activité déjà au mois de février.

Lors du pic de printemps, la densité de tiques que l'on peut récolter sur la végétation peut atteindre plus de 300 tiques/100m^2 comme c'est le cas dans la forêt de Chaumont à Neuchâtel (JOUDA *et al.*, 2004a). Une étude entreprise en Suisse dans différentes forêts du Plateau, de la Vallée du Rhône et au pied des Préalpes a montré que la densité de tiques lors du pic printanier pouvait fortement varier d'une région à une autre (JOUDA *et al.*, 2004b) et d'une année à l'autre. Ainsi, dans le Bois de l'Hôpital près de Neuchâtel où l'évolution de la population de tiques est surveillée depuis 1996, c'est l'année 1997 qui a présenté la densité la plus forte, alors que 1998, comme nous l'avons mentionné précédemment, a présenté la densité de tiques la plus faible (PERRET *et al.*, 2000). Les années qui ont suivi ont certe montré des variations de densités, mais sans jamais atteindre les extrêmes de 1997 et 1998. On n'observe donc pas dans cette forêt une augmentation graduelle du nombre de tiques au cours de ces dernières années, comme on a parfois tendance à le penser.

LA BORRÉLIOSE DE LYME

La maladie de Lyme ou borréliose de Lyme est due à une bactérie mobile en forme de spirale qui est relativement grande (30 µm) puisqu'elle est environ 4 fois plus grande qu'un globule rouge. A l'origine, les chercheurs pensaient que la bactérie responsable de la borréliose de Lyme, *Borrelia burgdorferi*, ne comprenait qu'une seule espèce. Aujourd'hui, près de 20 ans après la découverte de *B. burgdorferi*, on dénombre 11 espèces différentes regroupées sous le terme *B. burgdorferi* sensu lato (s.l.). La distribution géographique de ces 11 espèces varie d'un continent à l'autre (fig. 4). Parmi ces 11 espèces, 5 sont présentes en Europe et seules 3 d'entre elles sont actuellement reconnues comme pathogènes pour l'Homme, il s'agit de *B. burgdorferi* s.s., *B. garinii* et *B. afzelii.* Le rôle pathogène de *B. valaisiana* et *B. lusitaniae* est très fortement suspecté, mais pas encore totalement clarifié (RYFFEL & PETER, 2000, COLLARES-PEREIRA *et al.*, 2004).

MANIFESTATIONS CLINIQUES DE LA BORRÉLIOSE DE LYME

La borréliose de Lyme se manifeste de manière similaire à travers le monde, mais il y a des différences régionales, principalement entre la maladie que l'on trouve en Amérique du nord et celle que l'on rencontre en Europe et en Asie (STEERE, 2001). Dans tous les cas, la maladie se traite aux antibiotiques (STEERE, 2001).

En Europe, la borréliose de Lyme commence souvent par une rougeur se développant à l'endroit de la piqûre de la tique après quelques jours (STANEK *et al.,* 1996). Cette rougeur

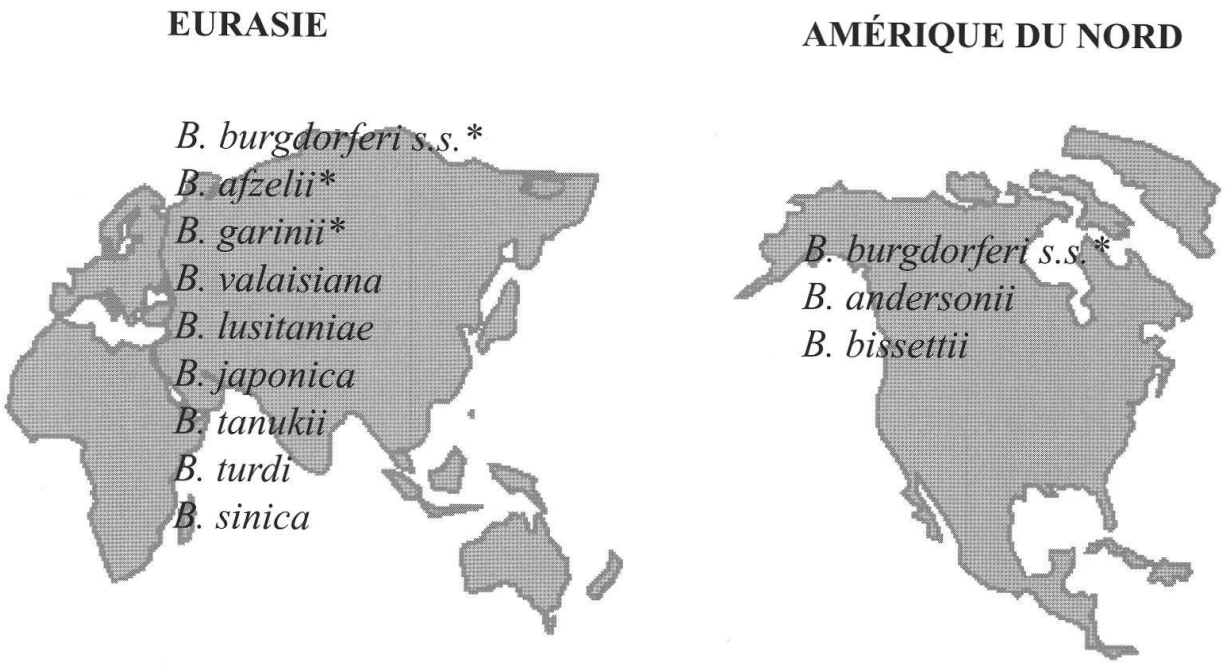


Figure 4: Distribution géographique des 11 espèces de borrélies appartenant au complexe *Borrelia burgdorferi* sensu lato (s.l.). Les espèces pathogènes pour l'Homme sont indiquées par *. Neuf espèces se rencontrent en Asie et 5 d'entre elles en Europe: *B. burgdorferi* sensu stricto (s.s.), *B. afzelii*, *B. garinii*, *B. valaisiana* et *B. lusitaniae*.

peut être de couleur plus ou moins intense jusqu'à un aspect violacé. En général, elle se présente sous la forme d'un cercle rouge qui migre de manière excentrique. Ce cercle peut rester de taille relativement modeste et aller jusqu'à recouvrir tout le thorax par exemple. Si aucun traitement antibiotique n'est administré, l'érythème peut disparaître spontanément. Il faut cependant obligatoirement consulter. La paralysie faciale est également une manifestation fréquente en Europe et en Suisse. Des atteintes du système nerveux central (méningo-encéphalite) ainsi que des arthrites peuvent se développer. On a aussi rapporté des problèmes cardiaques et oculaires. Si ces manifestations apparaissent quelques semaines à quelques mois après la piqûre infectieuse, il en est une, l'Acrodermatite chronique atrophiante, qui peut apparaître des années après la piqûre. C'est une atteinte dermatologique qui se manifeste par une rougeur, la peau s'amincit et prend l'aspect d'un papier à cigarette. Ces acrodermatites chroniques atrophiantes s'observent principalement sur les extrémités et sont souvent décrites chez les personnes âgées de sexe féminin. Pour de plus amples renseignements sur les manifestations cliniques de la borréliose de Lyme en Europe, nous renvoyons le lecteur au travail de STANEK *et al.* (1996).

Lorsque l'on isole des borrélies des différents tissus de patients et qu'une identification de l'espèce de bactérie en cause est faite, on observe une certaine relation entre l'espèce de bactérie et la manifestation clinique. Ainsi, *B. garinii* est l'espèce la plus fréquemment isolée à partir du liquide céphalo-rachidien de patients atteints de problèmes neurologiques, *B. burgdorferi* s.s. du liquide synovial de patients souffrant d'arthrite et *B. afzelii* de la peau de patients présentant une acrodermatite chronique atrophiante.

LA TRANSMISSION DE *B. BURGDORFERI* PAR LA TIQUE

Les bactéries, *B. burgdorferi* s.l., sont présentes dans l'intestin des tiques lorsque celles-ci attendent leurs hôtes sur la végétation. La présence de ces bactéries dans l'intestin de la tique a longtemps fait penser que leur transmission à l'hôte avait lieu par régurgitation du contenu intestinal. On sait aujourd'hui que ce n'est pas le cas. En effet, dès que la tique a enfoncé ses pièces buccales (rostre) dans son hôte et qu'elle débute son repas, les bactéries commencent à migrer de l'intestin de la tique vers ses glandes salivaires, d'où elles seront transmises à l'hôte par la salive.

Cette migration va prendre quelques heures, ce qui explique que la tique ne transmette pas immédiatement les bactéries lorsqu'elle commence son repas sanguin. En Europe, Kahl *et al.* (1998) ont montré que la tique ne transmettait que 17h après avoir commencé son repas. Mais plus récemment, Crippa *et al.* (2002) ont démontré que ce laps de temps dépend de l'espèce de bactérie infectant la tique. Ainsi, *B. afzelii* est transmise pendant les 24 premières heures du repas alors qu'il faut plus de 48h à *B. burgdorferi* s.s. pour être transmise. Cette dernière est donc transmise pendant la deuxième partie du repas sanguin. Rien n'est connu actuellement sur le temps nécessaire à la transmission des autres espèces de borrélies du complexe *B. burgdorferi* s.l..

HÔTES RÉSERVOIRS

L'infection des tiques qui attendent leurs hôtes sur la végétation provient d'un repas précédent sur un hôte vertébré infecté. Ces hôtes réservoirs sont capables d'infecter les tiques pendant des périodes relativement longues.

Sur l'ensemble de son aire de répartition, la tique *I. ricinus* a été observée sur plus de 300 espèces animales (Anderson, 1991). Ainsi, si on veut obtenir une liste exhaustive des hôtes vertébrés qui peuvent infecter les tiques, on doit s'atteler à une tâche considérable.

Actuellement, le rôle de réservoir de *B. burgdorferi* a été mis en évidence chez moins de 50 espèces animales (Gern *et al.,* 1998). Parmi celles-ci, on compte en premier lieu les micromammifères et plus spécialement un campagnol (*Clethrionomys glareolus*) et les mulots sylvestres et à collier (*Apodemus sylvestris*, *A. flavicollis*) (Hu *et al.,* 1997; Humair *et al.,* 1993a, 1999). L'écureuil roux (*Sciurus vulgaris*) est un hôte fréquent des tiques et il est également capable de les infecter (Humair & Gern, 1998). Parmi les oiseaux, plusieurs espèces ont été identifiées lors de diverses études entreprises principalement au nord de l'Europe et en Suisse (Humair *et al.,* 1993b, 1998; Humair, 2002). Les espèces qui semblent jouer un rôle important dans le maintien de la bactérie dans les tiques sont principalement le merle, la grive musicienne et le rouge-gorge. En Angleterre, on relâche chaque année un nombre abondant de faisans pour la chasse: ils sont des hôtes fréquents des tiques et leur rôle de réservoirs des agents de la borréliose de Lyme a été démontré (Kurtenbach *et al.,* 1998a).

Les hérissons comptent également parmi les hôtes réservoirs de *Borrelia* (Gern *et al.,* 1997). Ils sont souvent abondamment infestés par des tiques et leur rôle est donc certainement important dans certaines régions. Cet animal infecte non seulement la tique *I. ricinus* mais aussi *I. hexagonus* qui joue également un rôle dans la transmission de *B. burgdorferi* s.l. (Toutoungi & Gern, 1993). D'ailleurs, le maintien de *B. burgdorferi* dans des jardins en ville par des hérissons et *I. hexagonus* a été démontré (Gern *et al.,* 1997).

Si, parmi les nombreux hôtes des tiques, on compte un certain nombre d'hôtes réservoirs, il en est d'autres qui ne peuvent être infectés et qui sont donc incapables de transmettre

la bactérie à la tique. Les Cervidés sont un exemple de ce type d'hôtes que l'on nomme «incompétents» (JAENSON & TALLEKLINT, 1997). Les tiques infectées qui se nourrissent sur eux perdent leur infection, selon certains auteurs. Ce phénomène serait lié au système immunitaire de ces hôtes et plus particulièrement au système complément (KURTENBACH *et al.,* 1998c).

Nous l'avons vu, il existe en Europe 5 espèces de *Borrelia* qui peuvent circuler dans une même forêt. La circulation de ces espèces se fait selon des règles particulières puisqu'il existe des associations entre les espèces de bactéries et les hôtes qui les hébergent. En effet, les micromammifères sont infectés avant tout par *B. afzelii* et par un type particulier de *B. garinii* (le sérotype 4) (HU *et al.,* 1997; HUMAIR *et al.,* 1995, 1999; HUEGLI *et al.,* 2002; HANINCOVA *et al.,* 2003a) alors que les oiseaux sont infectés par *B. garinii* et *B. valaisiana* (HUMAIR *et al.,* 1998; KURTENBACH *et al.,* 1998a, 1998b; HANINCOVA *et al.,* 2003b) (fig. 5). Les écureuils sont les hôtes réservoirs de *B. burgdorferi* s.s. et *B. afzelii* (HUMAIR & GERN, 1998). L'hôte réservoir de la cinquième espèce, *B. lusitaniae*, n'a pas encore été formellement identifié. Si une tique infectée par *B. valaisiana* ou par *B. garinii* (espèces infectant les oiseaux) se nourrit sur un micromammifère (hôte préférentiel de *B. afzelii*), la tique va perdre son infection, car le micromammifère n'est pas un hôte compétent pour *B. valaisiana* ni pour *B. garinii* (à l'exception de sérotype OspA 4) (KURTENBACH *et al.,* 2002). Ici également, ce sont des mécanismes liés au système immunitaire (le système complément) qui vont détruire les bactéries présentes dans la tique lors du repas sanguin.

En dehors de ce schéma classique, les tiques peuvent également s'infecter entre elles lorsqu'elles se nourrissent sur un hôte qui n'est pas infecté (fig. 6). En effet, les tiques qui se nourrissent le font le plus souvent groupées les unes à côté des autres. Ainsi, il suffit qu'une seule de ces tiques soit infectée par *B. burgdorferi* s.l. pour que les autres le deviennent (GERN & RAIS, 1996). Dans ce cas-là, le vertébré sert simplement de support. Ce mode de transmission de tique à tique s'appelle transmission par «co-feeding».

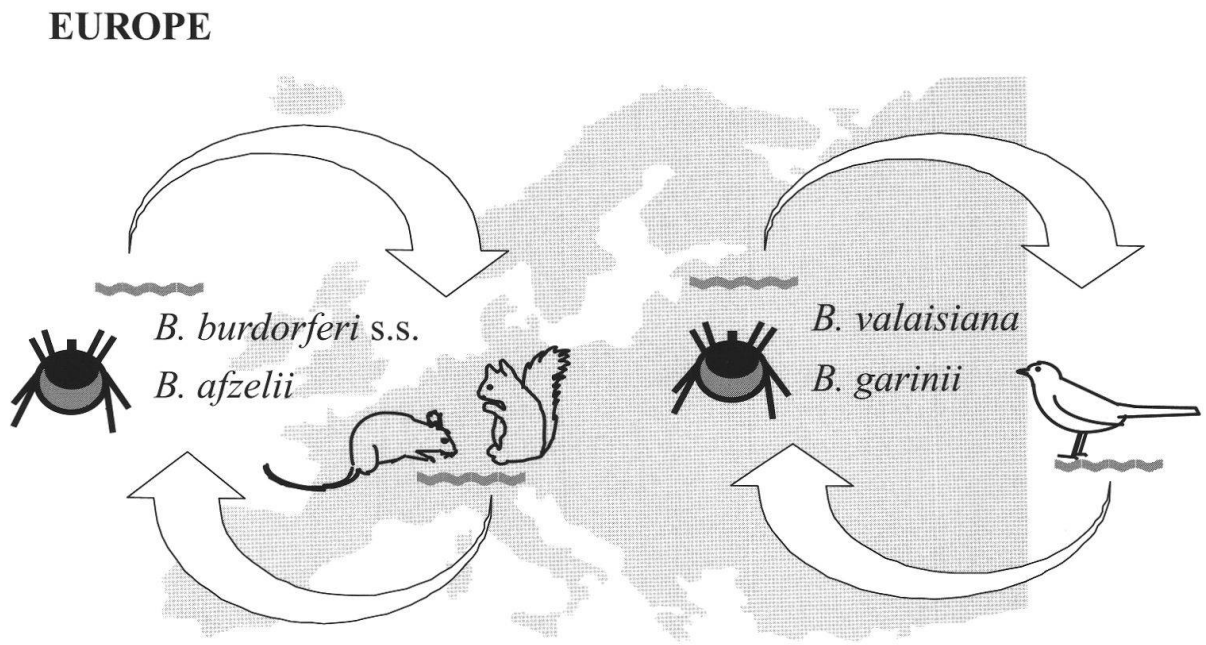


Figure 5: Circulation de *B. burgdorferi* s.s., *B. afzelii*, *B. valaisiana* et *B. garinii* dans les foyers de borréliose de Lyme. Dessins des hôtes: P.-F. Humair.

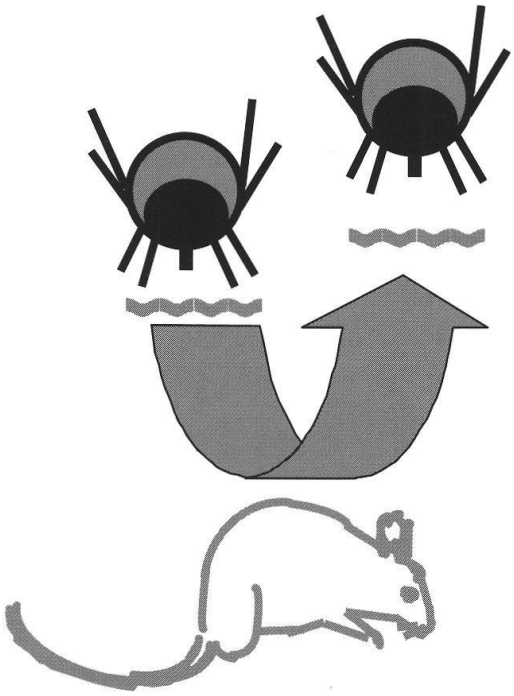


Figure 6: Transmission par «co-feeding» de *B. burgdorferi* s.l. Les tiques se nourrissent groupées sur leurs hôtes. Une tique infectée par *Borrelia* peut transmettre la bactérie à d'autres tiques non infectées se nourrissant en même temps qu'elle sans que cet hôte ne soit infecté. L'hôte sert de support à la transmission du pathogène de tique à tique. Dessin de l'hôte: P.-F. Humair.

LES TAUX D'INFECTION DES TIQUES PAR *B. BURGDORFERI*

Nous venons de le voir, certains animaux sauvages sont à l'origine de l'infection des tiques. En Europe, le taux moyen d'infection des différents stades varie de 10.8% chez les nymphes à 17.4% chez les adultes (HUBALEK & HALOUZKA, 1998). En Suisse, des études ont montré que les taux d'infection varient entre 5% et 47.5% (AESCHLIMANN *et al.,* 1986; PETER *et al.,* 1995; JOUDA *et al.,* 2003, 2004b). Cependant, lorsque l'on examine le taux d'infection au cours des années dans une même région, des variations peuvent apparaître. Sur le flanc de la montagne de Chaumont (Neuchâtel), entre 1999 et 2001, selon l'altitude à laquelle les tiques ont été récoltées, on constate des taux variant entre 8% et 28% chez les nymphes et entre 19% et 43% chez les adultes (JOUDA *et al.,* 2004a).

En associant la densité de tiques et leur taux d'infection dans une région, on peut calculer le risque d'y rencontrer une tique infectée et ainsi le comparer à celui d'autres régions. Ce travail a été entrepris dans quelques sites en Suisse sur une période de 3 ans, principalement sur le Plateau suisse (fig. 7). C'est à Viège (Valais) que le risque est minimal avec 2 tiques infectées pour 100 m^2 et à Neuchâtel, dans la forêt qui borde la ville, que le risque maximal a été observé avec 69 tiques infectées pour 100 m^2. Dans des forêts très proches comme à Bavois et à Eclépens les risques peuvent passer du simple au double avec respectivement 14 et 30 tiques infectées pour 100 m^2.

Nous avons vu plus haut qu'en Europe, les tiques peuvent héberger 5 espèces de *Borrelia*, dont 3 sont reconnues pathogènes pour l'homme. Comment se répartissent ces différentes espèces dans l'espace et dans le temps? HUBALEK & HALOUZKA (1997) ont répertorié la

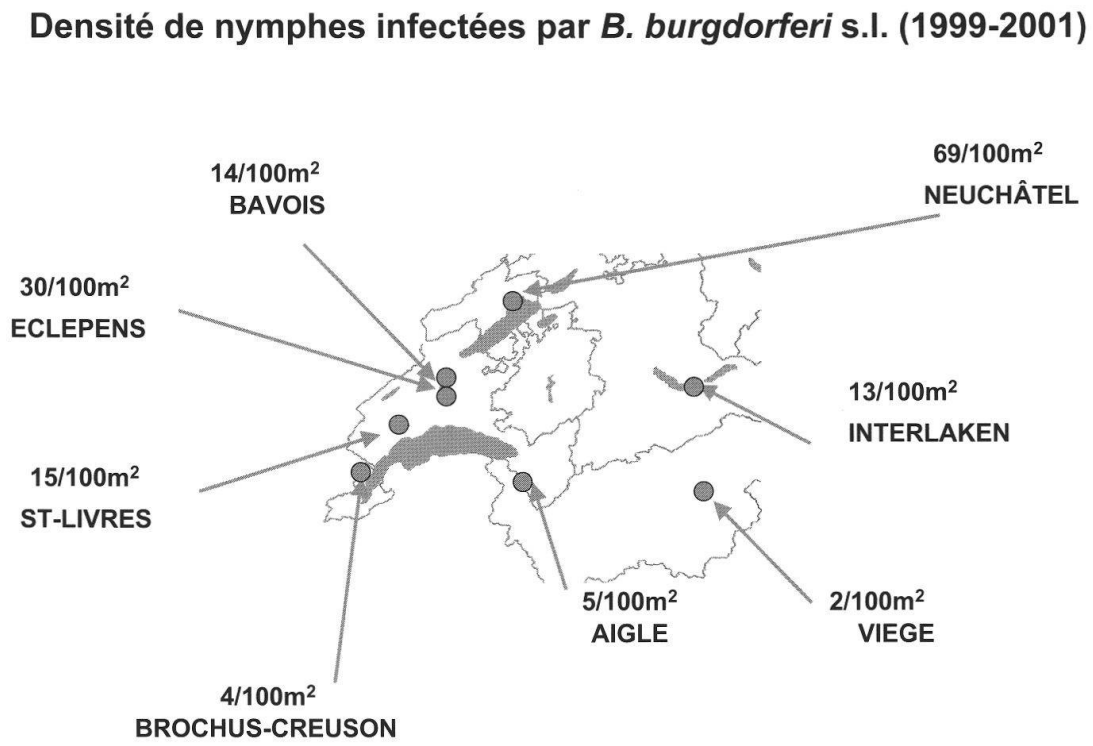


Figure 7: Densité de nymphes d'*I. ricinus* infectées par *B. burgdorferi* dans différentes forêts de Suisse (1999-2001). Selon JOUDA (2003) et PERRET (2003).

distribution géographique de ces espèces et ont signalé que les espèces les plus fréquentes sont *B. garinii* et *B. afzelii*, suivies de *B. burgdorferi* s.s. *B. valaisiana*, dans certaines régions, peut également être abondante, en Irlande par exemple (KIRSTEIN *et al.,* 1997). En ce qui concerne *B. lusitaniae*, cette espèce présente une distribution particulière. Elle peut être l'espèce fortement dominante, voire exclusive dans une région comme dans certains territoires au Portugal (DE MICHELIS *et al.*, 2000), en Tunisie (ZHIOUA *et al.,* 1999; YOUNSI *et al.,* 2001) et au Maroc (SARIH *et al.,* 2003) où les autres espèces sont rarissimes. A l'inverse, dans certaines régions, les autres espèces sont fortement dominantes et *B. lusitaniae* est nettement plus rare, comme c'est le cas dans certaines régions de Suisse (JOUDA *et al.,* 2003, 2004a, 2004b). En Suisse, ces auteurs ont montré que dans tous les sites étudiés, 4 espèces de *Borrelia* au moins étaient présentes. La fréquence de ces différentes espèces variait d'une année à l'autre dans un même lieu, et également le long d'un gradient d'altitude. Dans le Bois de l'Hôpital (Neuchâtel), les 5 espèces de *Borrelia* sont présentes. Les plus fréquentes sont *B. garinii* et *B. afzelii*, suivi de *B. valaisiana* et *B. burgdorferi* s.s. *B. lusitaniae* n'y a été isolée que de manière sporadique.

COMMENT ÉVITER UNE PIQÛRE DE TIQUE ?

L'association de plusieurs moyens de protection permettra de fortement diminuer les risques. La première recommandation, pas toujours applicable, il est vrai, est de réduire au maximum le contact direct avec la végétation basse sur laquelle les tiques attendent un hôte de passage.

Il existe quelques produits anti-tiques que l'on peut utiliser pour éviter les piqûres. Il faut les appliquer quelques temps avant l'exposition pour qu'ils déploient toute leur efficacité (MUNTWYLER, 2004).

Un moyen simple et inoffensif consiste à examiner régulièrement ses vêtements et les parties découvertes du corps lorsque l'on est encore en forêt, au sortir de la forêt et lors de son retour chez soi. Cet examen permet de détecter la tique AVANT qu'elle ne pique. En effet, avant de piquer, elle se déplace sur les vêtements ou le corps à la recherche d'un endroit favorable pour enfoncer son rostre. C'est la raison pour laquelle on recommande de porter des vêtements clairs lorsque l'on va dans un endroit où il y a des tiques. Celles-ci étant de couleur sombre, on pourra mieux les détecter sur un vêtement de couleur claire.

Chez les personnes adultes, les tiques piquent surtout dans les endroits où la peau est fine comme l'arrière du genou (creux poplité), l'aine, les aisselles. Chez les enfants, les tiques ont tendance à piquer sur la tête, fréquemment dans les cheveux. Etant donné que les tiques se déplacent beaucoup, le port d'un bonnet ou d'une casquette ne confère pas une protection totale. En effet, si la tique n'est pas encore fixée dans la peau lors du retrait du couvre-chef, elle va poursuivre son chemin jusqu'à la tête de l'enfant et s'y fixer.

Si, malgré toutes ces précautions, la tique s'est fixée dans notre peau, il est recommandé de la retirer au plus vite, en la saisissant au ras de la peau avec des brucelles ou de petites pinces vendues chez les droguistes et pharmaciens et en l'extrayant d'un mouvement bref. On lit souvent qu'il ne faut pas utiliser de produits tels que de l'huile, du vernis à ongle, etc pour extraire une tique car cela provoque une transmission des borrélies. Des chercheurs allemands (KAHL *et al.,* 1998) ont montré que ce n'était pas le cas et que, quelle que soit la méthode utilisée, les risques étaient les mêmes. Ainsi chacun peut continuer à utiliser sa propre méthode d'extraction sans que les risques d'infection n'augmentent.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier toutes les personnes avec qui j'ai travaillé et qui par leur savoir, leurs discussions, leur travail ont permis d'enrichir nos connaissances sur les tiques et les pathogènes qu'elles transmettent. Mes remerciements vont donc particulièrement à tous les diplômants, doctorants et techniciens qui ont parcouru (et parcourent encore!) une bout de chemin à mes côtés, ainsi qu'à mes collègues.

J'aimerais également remercier le Fonds National Suisse de la Recherche Scientifique, l'Etat de Neuchâtel, GlaxoSmithKline (Belgique), la Fondation Roche, la Fondation Ciba-Geigy ainsi que l'Office Fédéral de l'Education et de la Science pour leurs soutiens financiers.

BIBLIOGRAPHIE

AESCHLIMANN, A. 1972. *Ixodes ricinus* L. Essai préliminaire de synthèse sur la biologie de cette espèce en Suisse. *Acta Tropica* 29: 321-340.

AESCHLIMANN, A.; CHAMOT, E.; GIGON, F.; JEANNERET, J. P.; KESSELER, D. & WALTHER, C. 1986. *B. burgdorferi* in Switzerland. *Zentralblatt für Bakteriologie, Mikrobiologie und Hygiene A* 263: 450-458.

ANDERSON, J. F. 1991. Epizootiology of Lyme borreliosis. *Scandinavian Journal of Infectious Diseases Supplement* 77: 23-34.

BROSSARD, M. & WIKEL, S. K. 1997. Immunology of interactions between ticks and hosts. *Medical and Veterinary Entomology* 11: 270-276.

BURGDORFER, W.; BARBOUR, A. G.; HAYES, S. F.; BENACH, J. L.; GRUNWALDT, E. & DAVIS, J. P. 1982. Lyme disease. A tick-borne spirochetosis? *Science* 216: 1317-1319.

BURGDORFER, W.; BARBOUR, A. G.; HAYES, S. F.; PETER, O. & AESCHLIMANN, A. 1983. Erythema migrans – A tick-borne spirochetosis. *Acta tropica* 40: 79-83.

COLLARES-PEREIRA, M.; COUCEIRO, S.; FRANCA, I.; KURTENBACH, K.; SCHAFER, S. M.; VITORINO, L.; GONVALVES, L.; BAPTISTA, S.; VIEIRA, M. L. & CUNHA, C. 2004. First isolation of *Borrelia lusitaniae* from a human patient. *Journal of Clinical Microbiology* 42: 1316-1318.

CRIPPA, M.; RAIS, O. & GERN, L. 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 and Zoonotic Diseases* 2: 3-9.

DE MICHELIS, S.; SEWELL, H. S.; COLLARES-PEREIRA, M.; SANTOS-REIS, M.; SCHOULS, L. E.; BENES, V.; HOLMES, E. C. & KURTENBACH, K. 2000. Genetic diversity of *Borrelia burgdorferi* sensu lato in mailand Portugal. *Journal of Clinical Microbiology* 38: 2128-2133.

GERN, L. & RAIS, O. 1996. Efficient transmission of *Borrelia burgdorferi* between cofeeding *Ixodes ricinus* ticks (Acari: Ixodidae). *Journal of Medical Entomology* 33: 189-192.

GERN, L.; ROUVINEZ, E.; TOUTOUNGI, L. N. & GODFROID, E. 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 Parasitologica* 44: 309-314.

GERN, L.; ESTRADA-PENA, A.; FRANDSEN, F.; GRAY, J. S.; JAENSON, T. G. T.; JONGEJAN, F.; KAHL, O.; KORENBERG, E.; MEHL, R. & NUTTALL, P. A. 1998. European reservoir hosts of *Borrelia burgdorferi* sensu lato. *Zentralblatt für Bakteriologie* 287: 196-204.

GERN L. & HUMAIR, P.-F. 2002. Ecology of *Borrelia burgdorferi* sensu lato in Europe. *In:* GRAY, J.; KAHL, O., LANE, R. S. & STANEK, G. (eds), Lyme Borreliosis: Biology, Epidemiology and Control, 149-174. *CABI International, Wallingford, Oxon, U.K.*

HANINCOVA, K.; SCHAFER, S. M.; ETTI, S.; SEWELL, H. S.; TARAGELOVA, V.; ZIAK, D.; LABUDA, M. & KURTENBACH, K. 2003a. Association of *Borrelia afzelii* with rodents in Europe. *Parasitology* 126: 11-20.

HANINCOVA, K.; TARAGELOVA, V.; KOCI, J.; SCHAFER, M.; HAILS, R.; ULLMANN, A. J. PIESMAN, J.; LABUDA, M. & KURTENBACH, K. 2003b. Association of *Borrelia garinii* and *B. valaisiana* with songbirds in Slovakia. *Applied and Environmental Microbiology* 69: 2825-2830.

HU, C. M.; HUMAIR, P.-F.; WALLICH, R. & GERN, L. 1997. *Apodemus* sp rodents, reservoir hosts for *Borrelia afzelii* in an endemic area in Switzerland. *Zentralblatt für Bakteriologie* 185: 558-564.

HUBÁLEK, Z. & HALOUZKA, J. 1997. Distribution of *Borrelia burgdorferi* sensu lato genomic groups in Europe, a review. *European Journal of Epidemiology* 13: 951-957.

HUBÁLEK, Z. & HALOUZKA, J. 1998. Prevalence rates of *Borrelia burgdorferi* sensu lato in host-seeking *Ixodes ricinus* ticks in Europe. *Parasitology Research* 84: 167-172.

HUEGLI, D.; HU, C. M.; HUMAIR, P.-F.; WILSKE, B. & GERN, L. 2002. *Apodemus* species mice, reservoir hosts of *Borrelia garinii* OspA serotype 4 in Switzerland. *Journal of Clinical Microbiology* 40: 4735-4737.

HUMAIR, P.-F. 2002. Birds and *Borrelia*. *International Journal of Medical Microbiology* 291: 70-74.

HUMAIR, P.-F.; TURRIAN, N.; AESCHLIMANN, A. & GERN, L. 1993a. *Borrelia burgdorferi* in a focus of Lyme borreliosis: epizootiologic contribution of small mammals. *Folia Parasitologica* 40: 65-70.

HUMAIR, P.-F.; TURRIAN, N.; AESCHLIMANN, A. & GERN, L. 1993b. *Ixodes ricinus* immatures on birds in a focus of Lyme borreliosis. *Folia Parasitologica* 40: 237-242.

HUMAIR, P.-F.; PETER, O.; WALLICH, R. & GERN, L. 1995. Strain variation of Lyme disease spirochetes isolated from *Ixodes ricinus* ticks and rodents collected in two endemic areas in Switzerland. *Journal of Medical Entomology* 32: 433-438.

HUMAIR, P.-F. & GERN, L. 1998. Relationship between *Borrelia burgdorferi* sensu lato species, red squirrels (*Sciurus vulgaris*) and *Ixodes ricinus* in enzootic areas in Switzerland. *Acta Tropica* 69: 213-227.

HUMAIR, P.-F.; POSTIC, D.; WALLICH, R. & GERN, L. 1998. An avian reservoir (*Turdus merula*) of the Lyme borreliosis spirochetes. *Zentralblatt für Bakteriologie* 287: 521-538.

HUMAIR, P.-F.; RAIS, O. & GERN, L. 1999. Transmission of *Borrelia afzelii* from *Apodemus* mice and *Clethrionomys* voles to *Ixodes ricinus* ticks: differential transmission pattern and overwintering maintenance. *Parasitology* 118: 33-42.

JAENSON, T. G. T. & TÄLLEKLINT, L. 1992. Incompetence of roe deer as reservoirs of the Lyme borreliosis spirochete. *Journal of Medical Entomology* 29: 813-817.

JOUDA, F. 2003. Etude écologique de *Borrelia burgdorferi* sensu lato, agent de la borréliose de Lyme en Suisse et au Maroc: distribution et prévalence d'infection chez *Ixodes ricinus*. *Thèse de doctorat. Université de Neuchâtel.*

JOUDA, F.; CRIPPA, M.; PERRET, J.-L. & GERN, L. 2003. Distribution and prevalence of *Borrelia burgdorferi* sensu lato in *Ixodes ricinus* ticks of Canton Ticino (Switzerland). *European Journal of Epidemiology* 18: 907-912.

JOUDA, F.; PERRET, J.-L. & GERN, L. 2004a. *Ixodes ricinus* density, distribution and prevalence of *Borrelia burgdorferi* sensu lato infection along an altitudinal gradient. *Journal of Medical Entomology* 41: 162-170.

JOUDA, F.; PERRET, J.-L. & GERN, L. 2004b. 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 and Zoonotic Diseases* 4: 23-32.

KAHL, O.; JANETZKI-MITTMANN, C.; GRAY, J. S.; JONAS, R.; STEIN, J. & DE BOER, R. 1998. Risk of infection with *Borrelia burgdorferi* sensu lato for a host in relation to the duration of nymphal *Ixodes ricinus* feeding and the method of tick removal. *Zentralblatt für Bakteriologie* 287: 41-52.

KIRSTEIN, F.; RIJPKEMA, S.; MOLKENBOER, M. & GRAY, J. 1997. Local variations in the distribution and prevalence of *Borrelia burgdorferi* sensu lato genomospecies in *Ixodes ricinus* ticks. *Applied Environmental Microbiology* 63: 1102-1106.

KURTENBACH, K.; CAREY, D.; HOODLESS, A. N.; NUTTALL, P. A. & RANDOLPH, S. E. 1998a. Competence of pheasants as reservoirs for Lyme disease spirochetes. *Journal of Medical Entomology* 35: 77-81.

KURTENBACH, K.; PEACEY, M.; RIJPKEMA, S. G. T.; HOODLESS, A. N.; NUTTALL, P. A. & RANDOLPH, S. E. 1998b. Differential transmission of the genospecies of *Borrelia burgdorferi* sensu lato by game birds and small rodents in England. *Applied and Environmental Microbiology* 64: 1169-1174.

KURTENBACH, K.; SEWELL, H. S.; OGDEN, N. H.; RANDOLPH, S. E. & NUTTALL, P. A. 1998c. Serum complement sensitivity as a key factor in Lyme disease ecology. *Infection and Immunity* 66: 1248-1251.

KURTENBACH, K.; DE MICHELIS, S.; SEWELL, H. S.; ETTI, S.; SCHAFER S. M.; HAILS, R.; COLLARES-PEREIRA, M.; SANTOS-REIS, M.; HANINCOVA, K.; LABUDA, M.; BORMANE, A. & DONAGHY, M. 2001. Distinct combinations of *Borrelia burgdorferi* sensu lato genospecies found in individual questing ticks from Europe. *Applied and Environmental Microbiology* 67: 4926-4929.

KURTENBACH, K.; SCHAFER, S. M.; SEWELL, H. S.; PEACEY, M.; HOODLESS, A.; NUTTALL, P. A. & RANDOLPH, S. E. 2002. Differential survival of Lyme borreliosis spirochetes in ticks that feed on birds. *Infection and Immunity* 70: 5893-5895.

MEJLON, H. A. & JAENSON, T. G. T. 1997. Questing behaviour of *Ixodes ricinus* ticks (Acari:Ixodidae). *Experimental and Applied Acarology* 21: 747-754.

MUNTWYLER, R. 2004. Ne donnez aucune chance aux tiques. *Bon à Savoir* 6: 24-25.

PERRET, J.-L. 2003. Computer-assisted laboratory observations and field studies of the host-finding behaviour of the tick *Ixodes ricinus* (Acarina: Ixodidae): ecological implications of climate and light. *Thèse de doctorat. Université de Neuchâtel.*

PERRET, J.-L., GUIGOZ, E., RAIS, O. & GERN, L. 2000. Influence of saturation deficit and temperature on *Ixodes ricinus* tick questing activity in a Lyme borreliosis endemic area (Switzerland). *Parasitology Research* 86: 554-557.

PERRET, J.-L.; GUERIN, P. M.; DIEHL, P. A.; VLIMANT, M. & GERN, L. 2003. Darkness induces mobility, and saturation deficit limits questing duration, in the tick *Ixodes ricinus*. *Journal of Experimental Biology* 206: 1809-1815.

PERRET, J.-L.; RAIS, O. & GERN, L. 2004. Influence of climate on the proportion of *Ixodes ricinus* nymphs and adults questing in a tick population. *Journal of Medical Entomology* 41: 361-365.

PETER, O.; BRETZ, A. G. & BEE, D. 1995. Occurrence of different genospecies of *Borrelia burgdorferi* sensu lato in ixodid ticks of Valais, Switzerland. *European Journal of Epidemiology* 11: 463-467.

RANDOLPH, S. E.; GREEN, R. M.; HOODLESS, A. N. & PEACEY, M. F. 2002. An empirical quantitative framework for the seasonal population dynamics of the tick *Ixodes ricinus*. *International Journal of Parasitology* 32: 979-989.

RYFFEL, K. & PETER, O. 2000. From discovery to clinical implications: *Borrelia valaisiana*. *Journal of Spirochetal Tick-Borne Diseases* 7: 64-72.

SARIH, M.; JOUDA, F.; GERN, L. & POSTIC, D. 2003. First isolation of *Borrelia burgdorferi* sensu lato from *Ixodes ricinus* ticks in Morocco. *Vector-Borne Zoonosis Diseases* 3: 133-141.

STANEK, G.; O'CONNELL, S.; CIMMINO, M.; ABERER, E.; KRISTOFERITSCH, W.; GRANSTROM, M.; GUY, E. & GRAY J. 1996. European Union concerted action on risk assessment in Lyme borreliosis: clinical case definitions for Lyme borreliosis. *Wiener Klinische Wochenschrift* 108: 741-747.

STEERE, A. C. 2001. Medical progress: Lyme disease. *New England Journal of Medicine* 345: 115-125.

TOUTOUNGI, L.; GERN, L.; AESCHLIMANN, A. & DEBROT, S. 1991. A propos du genre *Pholeoixodes*, parasite des carnivores en Suisse. *Acarologia* XXXII: 311-328.

TOUTOUNGI, L. & GERN, L. 1993. Ability of transovarially and subsequent transstadially infected *Ixodes hexagonus* ticks to maintain and transmit *Borrelia burgdorferi* in the laboratory. *Experimental and Applied Acarology* 17: 581-586.

YOUNSI, H.; POSTIC, D.; BARANTON, G. & BOUATTOUR, A. 2001. High prevalence of *Borrelia lusitaniae* in *Ixodes ricinus* ticks in Tunisia. *European Journal of Epidemiology* 17: 53-56.

ZHIOUA, E.; BOUATTOUR, A.; HU, C. M.; AESCHLIMANN, A.; GINSBERG, H. & GERN, L. 1999. Infections *of Ixodes ricinus* (Acari: *Ixodidae*) by *Borrelia burgdorferi* sensu lato in North Africa (Tunisia). *Journal of Medical Entomology* 36: 216-218.