



Tiques et santé. Biologie, maladies, maîtrise du risque

Claude Rispe, Laure Bournez, Jonas Durand, Olivier Duron, Magalie
René-Martellet

► To cite this version:

Claude Rispe, Laure Bournez, Jonas Durand, Olivier Duron, Magalie René-Martellet. Tiques et santé. Biologie, maladies, maîtrise du risque. INRAE. éditions Quae, pp.120, 2026, Enjeux sciences, 978-2-7592-4205-4. <10.35690/978-2-7592-4206-1>. <hal-05446430>

HAL Id: hal-05446430

<https://hal.inrae.fr/hal-05446430v1>

Submitted on 13 Jan 2026

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0 - Attribution - Non-commercial use - No
Derivative Works - International License



ENJEUX SCIENCES

TIQUES ET SANTÉ

BIOLOGIE, MALADIES, MAÎTRISE DU RISQUE

CLAUDE RISPE, LAURE BOURNEZ, JONAS DURAND,
OLIVIER DURON, MAGALIE RENÉ-MARTELLET

éditions
Quæ

TIQUES ET SANTÉ BIOLOGIE, MALADIES, MAÎTRISE DU RISQUE

CLAUDE RISPE, LAURE BOURNEZ, JONAS DURAND,
OLIVIER DURON, MAGALIE RENÉ-MARTELLET

Thématique santé / zoonoses

Les invasions biologiques marines

P. Goulletquer, 2024, 130 p.

Les virus marins

Simple parasites ou acteurs majeurs des écosystèmes aquatiques ?

S. Jacquet, A.-C. Baudoux, Y. Desdevises, S.F. Le Guyader, 2023, 110 p.

Le moustique, ennemi public n° 1 ?

S. Lecollinet, D. Fontenille, N. Pagès, A.-B. Failloux, 2022, 168 p.

Les zoonoses. Ces maladies qui nous lient aux animaux

G. Vourc'h, F. Moutou, S. Morand, E. Jourdain, B. Chalmel, 2021, 172 p.

Les virus. Ennemis ou alliés ?

S. Biacchesi, C. Chevalier, M. Galloux, C. Langevin, R. Le Goffic,
M. Brémont, 2017, 112 p.

Pour citer cet ouvrage

Rispe C., Bournez L., Durand J., Duron O., René-Martellet M., 2026.

Tiques et santé. Biologie, maladies, maîtrise du risque, Versailles,

Éditions Quæ, 120 p. (coll. Enjeux sciences).

<https://doi.org/10.35690/978-2-7592-4206-1>

La diffusion en accès ouvert de cet ouvrage a été soutenue
par l'unité BIOEPAR.

Les versions numériques de cet ouvrage sont diffusées sous licence
CC-by-NC-ND 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Les éditions Quæ réalisent une évaluation scientifique des manuscrits avant
publication. La procédure d'évaluation est décrite dans Prism.

Le processus éditorial s'appuie également sur un logiciel de détection
des similitudes et des textes potentiellement générés par IA.

Éditions Quæ
RD 10

78026 Versailles Cedex

www.quae.com / www.quae-open.com

© Éditions Quæ, 2026

ISBN (papier) : 978-2-7592-4205-4
ISBN (ePub) : 978-2-7592-4207-8

ISBN (PDF) : 978-2-7592-4206-1
ISSN : 2267-3032

Sommaire

Remerciements	6
Avant-propos	7
Les tiques et l'humain, quels enjeux ?	9
Un enjeu sociétal	9
Problématique en milieu tropical	11
La maladie de Lyme : quels impacts ?	12
1. Qu'est-ce qu'une tique ?	15
Où se classent les tiques au sein du monde animal ?	15
Le cycle biologique des tiques	17
Tiques ou moustiques, quelles sont les différences ?	21
Sur quels hôtes se nourrissent les tiques ?	23
L'homme, un hôte accidentel des tiques	24
Le repas de sang et l'arsenal génétique des tiques	26
Comment les tiques localisent-elles leurs hôtes ?	28
Comment les tiques mâles et femelles se rencontrent-elles ?	29
Quelles tiques pour quel climat ?	31
Des espèces de tiques sont-elles en voie de disparition ?	32
La reproduction sexuée	34
Des espèces se reproduisent-elles sans sexualité ?	34
2. Quels sont les microbes associés aux tiques ?	36
Notions de compétence et capacité vectorielle des tiques	36
Des hôtes plus ou moins compétents ?	37
Différentes régions, différentes espèces, différentes maladies	38
Les agents de la maladie de Lyme	40
Quelles sont les origines de la maladie de Lyme ?	44
L'encéphalite à tiques	46
Virus de la fièvre hémorragique de Crimée-Congo (CCHF)	48
Anaplasmoses	50
Autres maladies dues à des bactéries	52
Les piroplasmoses animales	55
Parasites moins connus transmis par les tiques	57
Tous les microbes sont-ils infectieux ?	58
Pathogène ou symbiote ? Différentes trajectoires pour une même origine	60
Le microbiome des tiques : un écosystème structuré selon les organes	61
Microbiote et transmission des agents pathogènes	65

3. Comment définir et mesurer le risque lié aux tiques ?	66
Comment comprendre et suivre le risque ?	66
La notion de danger : où et quand trouve-t-on les tiques ?	67
L'exposition, deuxième composante du risque	78
La vulnérabilité, troisième composante du risque	80
Comment caractériser et surveiller le risque lié aux tiques ?	82
4. Comment réduire le risque lié aux tiques ?	96
Comment réduire le danger ?	96
Peut-on réduire l'exposition chez l'humain ?	107
Comment réduire l'exposition chez les animaux domestiques ?	109
Impact environnemental des acaricides et résistance	110
Peut-on réduire la vulnérabilité ?	111
Profiter de la nature en restant vigilant	114
Références bibliographiques	117
Crédits iconographiques	120



Remerciements

Merci à Véronique Vêto (Quæ) pour son accompagnement bienveillant tout au long de la rédaction de l'ouvrage.

Merci à l'unité BIOEPAR pour l'aide financière accordée.



Avant-propos

Dans un monde où l'être humain s'interroge sur sa place et celle des autres êtres vivants, où l'information comme la désinformation circulent en quelques secondes *via* les réseaux sociaux, les ouvrages gardent toute leur place pour informer, et faire le point sur l'état des connaissances et des incertitudes à un temps donné. Les épisodes successifs de confinement sanitaire liés à la pandémie Covid-19 ont rappelé à chacun l'importance vitale pour le bien-être physique et mental des activités extérieures et du contact avec la nature. Mais comment faire lorsque cette nature devient une source d'inquiétude du fait de la présence potentielle d'organismes susceptibles de représenter un danger pour la santé ? Où trouver l'équilibre entre risques de santé liés à cette exposition au monde naturel et celui qui provient d'une sédentarisation croissante, et comment aborder et gérer ces risques de manière rationnelle ?

Les tiques et les maladies qu'elles transmettent, notamment la maladie de Lyme, attirent de plus en plus l'attention médiatique, voire font débat. Le risque de développer une maladie chronique ou des séquelles — associé parfois à des difficultés de diagnostic — suscite par ailleurs l'inquiétude des personnes exposées ou malades. Les tiques transmettent en outre d'autres maladies, causées par différentes bactéries ou virus, ou des parasites. Ces maladies ne concernent pas que l'humain, mais également nos animaux de compagnie et la faune sauvage, illustrant l'importance du concept d'« Une seule santé » (ou *One Health*). La compréhension et la maîtrise des risques sanitaires affectant directement les humains ou leur systèmes agroéconomiques demandent précisément d'élargir le regard et de prendre en compte différents compartiments, dont le monde sauvage. En effet, nos modes de vie et pratiques de gestion de la Nature nous exposent à de nouveaux risques... Mais, pourtant, savez-vous que la majorité des espèces de tiques ne s'attaquent jamais à l'humain, ne nous transmettant donc aucune maladie ? Ou encore que certaines espèces de tiques sont en voie de disparition ?

Nous regarderons alors les tiques comme un élément qui a en quelque sorte « sa place » dans le vivant, au sens où elles représentent un des produits de l'évolution des organismes et une composante des écosystèmes. Il nous faut donc songer à quitter une vision anthropocentrée et purement utilitariste de la Nature, afin de mieux la comprendre. Enfin, des découvertes récentes révèlent que les tiques hébergent une grande diversité de microorganismes non pathogènes, souvent inconnus jusqu'à peu, et bien plus abondants que les agents infectieux. Que peuvent bien faire tous ces microorganismes chez les tiques ? Sont-ils vraiment inoffensifs ? Nous aborderons ici ces questions.

L'ouvrage que nous vous présentons ici propose un état de l'art sur la biologie des tiques, notamment sur leur mode de vie, leur distribution et les dangers qu'elles représentent pour l'homme et l'animal. Une meilleure information du grand public permet en effet de réduire les craintes et les peurs irraisonnées, et de donner des pistes pour mieux se protéger des risques liés aux piqûres de tiques. Il ne s'agit pas d'un ouvrage médical — si bien que nous ne traiterons que brièvement du phénomène de vulnérabilité en cas de piqûre par une tique infectée, qui relève du domaine de la médecine. Il s'intéresse aux tiques et aux agents pathogènes qu'elles transmettent, afin d'évaluer et maîtriser le risque avec un maximum de rationalité et d'efficacité. Nous-mêmes chercheuses et chercheurs dans le domaine, nous nous sommes efforcés d'établir un bref état des connaissances sur les risques liés aux tiques et pour cela avons présenté les éléments clés de leur biologie et de leur écologie, dans leur diversité à travers le monde. Nous nous adresserons ici moins aux spécialistes de ces organismes, qui connaissent déjà bien le sujet, qu'aux citoyens curieux, aux étudiants et enseignants, ou plus largement à tous ceux qui souhaitent en savoir davantage sur cette question.



Les tiques et l'humain, quels enjeux ?

À l'échelle de la planète, les moustiques sont sans doute les animaux les plus meurtriers pour l'homme, en raison de leur rôle dans la transmission du paludisme, mais aussi de la dengue, la fièvre jaune, le chikungunya, entre autres. Bien que les moustiques puissent transmettre certaines maladies émergentes dans le sud du continent, les tiques sont en revanche à l'origine de la majorité des maladies vectorielles transmises à l'humain en Europe. Elles y représentent le risque sanitaire le plus important.

UN ENJEU SOCIÉTAL

Transmise par les tiques, la maladie de Lyme touche des centaines de milliers d'Européens sous des formes plus ou moins graves, tandis que d'autres maladies comme l'encéphalite à tiques ou la fièvre hémorragique de Crimée-Congo sont en expansion. Cette situation s'explique par la diversité des climats et des écosystèmes européens, qui s'étendent des zones méditerranéennes aux régions océaniques, alpines, scandinaves, etc. Une telle hétérogénéité écologique favorise la présence de nombreuses espèces de tiques, et avec celles-ci les cycles de divers agents pathogènes. Alors que les moustiques vecteurs des maladies les plus dangereuses préfèrent les climats tropicaux ou subtropicaux, les tiques ont ainsi trouvé en Europe un terrain particulièrement propice à leur expansion et à celle des agents pathogènes qu'elles hébergent.

Dans cet ouvrage, nous choisirons de distinguer les différentes catégories de cibles que peuvent piquer les tiques en animaux sauvages, animaux domestiques, et humains... en ayant parfaitement conscience que, biologiquement, toutes ces catégories appartiennent bien au règne animal ! Cependant, cette distinction reste pratique, car les impacts sociologiques et les systèmes de

surveillance ou éventuellement de traitement des maladies sont différents pour ces trois composantes.

L'espèce *Ixodes ricinus* est la tique piquant le plus fréquemment l'être humain et les animaux domestiques en Europe. Elle est ainsi la tique la plus souvent impliquée dans la transmission d'agents pathogènes. On la rencontre dans les grands espaces forestiers, mais elle peut également se développer dans les haies et les bosquets en zones rurales et périurbaines, lorsque les conditions de température et d'humidité optimales pour son développement sont réunies. Elle est notamment connue pour son rôle de vecteur des agents de la maladie de Lyme et du virus de l'encéphalite à tiques. Une place importante lui est consacrée dans cet ouvrage, afin de décrire son cycle biologique et ses caractéristiques écologiques. D'autres espèces de tiques plus adaptées aux climats chauds sont présentes dans les régions les plus méridionales de notre continent. Avec le réchauffement climatique, on a même assisté à l'apparition d'espèces de tiques d'origine africaine dans les régions méditerranéennes, notamment des espèces des genres *Rhipicephalus* et *Hyalomma*, celles-ci remontant progressivement vers le nord et apportant de nouveaux risques sanitaires. Certaines espèces de tiques présentent un risque surtout pour les animaux. Les chiens, les chats, les chevaux, mais aussi les bovins, et bien d'autres encore, notamment dans la faune sauvage, sont piqués par les tiques et exposés à une diversité de maladies, certaines létales.

Si quelques auteurs se sont penchés sur l'évaluation des craintes et des comportements associés au risque de contracter une maladie à tiques, la maladie de Lyme notamment, il reste un vaste champ d'études à explorer, en sciences humaines et sociales : une meilleure compréhension des comportements face à des situations à risque permettrait en effet de mieux adapter les messages de prévention en fonction des publics. Par ailleurs, l'évaluation de la perception sociétale des mesures sanitaires mises en place lors de situations sanitaires à risque est souvent garante de leur acceptation par les populations. Nous aborderons plus en détail la question de l'appréhension du « risque tique », de ses différentes composantes et des moyens de réduire ce risque dans la dernière partie de l'ouvrage.

PROBLÉMATIQUE EN MILIEU TROPICAL

Si, dans l'esprit des Européens, les tiques sont principalement associées à la maladie de Lyme et à ses effets sur la santé humaine, elles posent d'autres problèmes importants dans les pays du Sud (voir aussi chapitre 2).

Sur le plan médical, la maladie de Lyme n'y est en principe pas présente, mais d'autres espèces de bactéries, appartenant comme pour la première au genre *Borrelia*, y circulent. Transmises par des tiques vivant à l'intérieur des habitations, elles provoquent des fièvres récurrentes invalidantes, souvent méconnues, mais pourtant fréquentes dans certaines zones. Les tiques sont par ailleurs responsables de pertes économiques considérables dans les systèmes d'élevage en zones tropicales et subtropicales, affectant particulièrement les petits producteurs. Elles représentent une contrainte majeure au développement de l'élevage et donc à la subsistance des populations humaines locales. En l'absence de traitements spécifiques, les ruminants domestiques peuvent être infestés par des dizaines voire des centaines de tiques, entraînant spoliation sanguine (perte de sang), lésions et infections secondaires sur le lieu de la piqûre. Ces infestations favorisent aussi la transmission de nombreux agents infectieux responsables de maladies graves telles que l'anaplasmose, la babésiose, la theilériose ou la cowdriose, qui peuvent provoquer des baisses de production, des avortements, voire une surmortalité. Le principal moyen de lutte repose sur l'utilisation régulière d'acaricides. Cela entraîne des surcoûts pour les éleveurs et présente plusieurs risques : développement de résistances chez les tiques, rendant les traitements inopérants (voir chapitre 3), mais aussi résidus de produits chimiques toxiques dans les denrées animales et contamination de l'environnement.

Dans les départements et territoires d'outre-mer français situés en régions tropicales ou subtropicales, les éleveurs sont confrontés à ces mêmes défis, bien que la diversité des tiques et des agents pathogènes y soit souvent plus restreinte, notamment dans les îles. En revanche, des cas de babésiose et d'anaplasmose chez les ruminants sont fréquents en Guyane, Guadeloupe, Martinique et à La Réunion. Certains agents pathogènes sont même endémiques

(propres à un seul territoire) : c'est le cas de celui responsable de la cowdriose, présent uniquement en Guadeloupe à ce jour. Dans ces contextes tropicaux, les races bovines européennes sont rarement utilisées, malgré leur bon rendement en viande ou en lait. On leur préfère généralement des races plus rustiques, telles que les zébus ou les brahmans, mieux adaptées non seulement aux conditions climatiques locales, mais aussi plus tolérantes aux infestations par les tiques. Leur système immunitaire réagit plus efficacement aux piqures, contrairement aux races européennes, plus sensibles.

LA MALADIE DE LYME : QUELS IMPACTS ?

La maladie de Lyme, ou borréliose de Lyme, est la maladie à tiques la plus largement connue du grand public, suscitant à juste titre l'appréhension des amateurs de nature comme de certains professionnels très exposés. Il s'agit d'une maladie zoonotique (c'est-à-dire, selon la définition de l'Organisation mondiale de la santé, qui peut être transmise de l'animal vertébré à l'homme ou vice versa). Parmi les maladies à tiques, elle est la plus répandue sous nos latitudes, étant présente presque partout dans l'hémisphère nord, avec des zones à risque élevé en Amérique du Nord, en Europe et en Asie.

Seule la mise en place de systèmes de surveillance standardisés et sur des séries temporelles longues permettra un suivi fiable et objectif de l'évolution de la maladie en Europe. En France, un réseau de médecins nommé réseau Sentinelle collecte des données sur la maladie de Lyme depuis 2009¹. Entre 2009 et 2023, les données montrent une variabilité interannuelle de l'incidence, sans tendance nette à la hausse à l'échelle nationale. Cela ne signifie pas qu'il n'existe aucune dynamique d'expansion locale : des analyses plus fines (à l'échelle régionale ou communale) sont nécessaires pour détecter d'éventuelles extensions géographiques. De même, une analyse plus large, au niveau mondial, pourrait révéler des évolutions différentes selon les pays (encadré).

1. Réseau Sentinelle, <https://www.sentiweb.fr/france/fr/?page=maladies&mal=18> (consulté le 08/10/2025).

VRAI OU FAUX : LA MALADIE DE LYME EST-ELLE EN PLEINE PROGRESSION ?

La question de l'évolution réelle de la maladie de Lyme est importante, pour bien prioriser et adapter les actions en présence de ce risque. Face à la perception collective d'une maladie en expansion, renforcée par la médiatisation, il est essentiel de bien évaluer la réalité épidémiologique en s'appuyant sur des données objectives. Ce sentiment d'une « maladie nouvelle » tient au caractère récent de la reconnaissance de la maladie par les scientifiques, mais il est désormais établi qu'il ne s'agit pas d'une maladie émergente — c'est-à-dire d'une pathologie causée par un agent nouveau ou ayant récemment acquis un pouvoir pathogène, comme ce fut le cas pour le Covid-19. Au contraire, la maladie de Lyme existe depuis des temps anciens (voir chapitre 2).

Le nombre de cas moyen de maladie de Lyme est estimé à environ 129 000 par an en Europe. En France, le nombre de cas annuel a été estimé entre 25 000 et 68 530 cas entre 2009 et 2021 par Santé publique France. Le coût sociétal de la maladie a été évalué à environ 23,5 millions d'euros par an aux Pays-Bas en 2014 et 30 millions d'euros par an en Allemagne sur la période 2007-2011.

Si, dans la majorité des cas, l'infection entraîne des signes cliniques bénins (avec, par exemple, un érythème cutané) et se traite bien avec une antibiothérapie adaptée, certains patients déclarent parfois des formes plus graves, plus ou moins invalidantes. Les activités professionnelles ou de loisirs en plein air représentent les premières causes d'exposition à ces tiques et aux agents de la maladie de Lyme. Chasseurs, forestiers, randonneurs, vététistes, pêcheurs oublient parfois les gestes simples de prévention, soit par ignorance des tiques, soit parce qu'ils y sont presque trop familiarisés et négligent les dangers associés. À l'inverse, leur présence peut générer des peurs irraisonnées dans les populations habituellement non exposées ou non informées, entraînant une aversion aux activités de plein air, malgré leurs bienfaits reconnus pour la santé mentale et physique.

En 2016, la France a adopté un plan national de lutte contre la maladie de Lyme et les maladies transmissibles par les tiques. Depuis cette date, des services d'infectiologie spécialisés, nommés Centres de référence des maladies vectorielles à tiques (CRMVT), ont vu le jour dans plusieurs régions de France. Une application smartphone, un site Internet et un formulaire papier développés dans le cadre du projet CiTIQUE² permettent également aux citoyens de signaler leurs piquûres et de s'informer (voir chapitre 3). L'information restant la clé de la prévention, on ne peut qu'espérer que ces mesures permettraient de limiter le nombre de nouveaux cas à l'avenir.

Dans la suite de cet ouvrage, nous présenterons de manière plus détaillée les tiques (chapitre 1), en décrivant leurs traits biologiques essentiels, avec à la fois des points communs entre toutes les espèces (le parasitisme sanguin) et des différences marquées quant à leur cycle biologique et leurs préférences écologiques. Ces éléments permettront de comprendre les raisons et les conditions de la transmission de maladies aux animaux comme à l'humain, le risque de transmission étant loin d'être systématique. Nous détaillerons ensuite les différents agents infectieux que peuvent transmettre les tiques (chapitre 2), ces agents étant loin de se limiter à la maladie de Lyme, en montrant aussi l'importance d'associations symbiotiques entre tiques et microbes, car la délimitation entre caractère symbiotique et caractère pathogène chez ces microbes n'est pas toujours claire. L'attention spéciale portée à la maladie Lyme est justifiée, mais cette maladie ne doit pas éclipser les autres maladies à tiques : c'est en effet globalement et rationnellement que le « risque tique » doit être appréhendé. Nous aborderons ainsi des aspects plus sociétaux pour tenter de définir ce risque en santé humaine comme en santé animale (chapitre 3). Enfin, nous présenterons les différentes pistes possibles pour prévenir les risques liés aux tiques (chapitre 4).

2. <https://www.citique.fr> (consulté le 08/10/2025).



1. QU'EST-CE QU'UNE TIQUE ?

Nous exposerons ici les fondements de la biologie des tiques, afin de comprendre comment elles peuvent représenter un risque sanitaire. Nous aborderons à la fois leurs caractéristiques communes et leur diversité spécifique, car ces éléments influencent leur capacité à transmettre des agents pathogènes. Ce chapitre fournit donc les clés pour comprendre le fonctionnement des tiques et les conditions dans lesquelles elles deviennent des vecteurs de maladies.

OÙ SE CLASSENT LES TIQUES AU SEIN DU MONDE ANIMAL ?

Les tiques font partie d'un groupe d'arthropodes, les Chélicérates, qui comprend également scorpions et araignées. Elles appartiennent plus précisément au groupe des acariens parasitiformes, composé d'environ 10 000 espèces dans le monde, dont environ la moitié a un mode de vie parasitaire (figure 1).

On considère que le mode de vie ancestral des parasitiformes est un mode de vie carnivore (avec des espèces prédatrices notamment d'autres arthropodes), mais que plusieurs branches de ce groupe auraient effectué une transition vers le parasitisme. Certains de ces organismes, dont les tiques, sont devenus spécifiquement des parasites sanguins, ces espèces se nourrissant du sang d'un animal vertébré — c'est aussi le cas des « poux » des volailles (genre *Dermanyssus*), espèces ayant un impact important en aviculture. Les tiques ont ainsi développé au fil de l'évolution des adaptations très particulières et très poussées pour vivre et se reproduire en s'alimentant uniquement de sang.

Les Chélicérates possèdent une paire de pièces buccales caractéristiques, les chélicères, qui facilitent leur alimentation. Chez les araignées, les chélicères servent principalement à injecter du venin pour paralyser les proies avant de les liquéfier grâce à des enzymes digestives. Chez les tiques, les chélicères sont

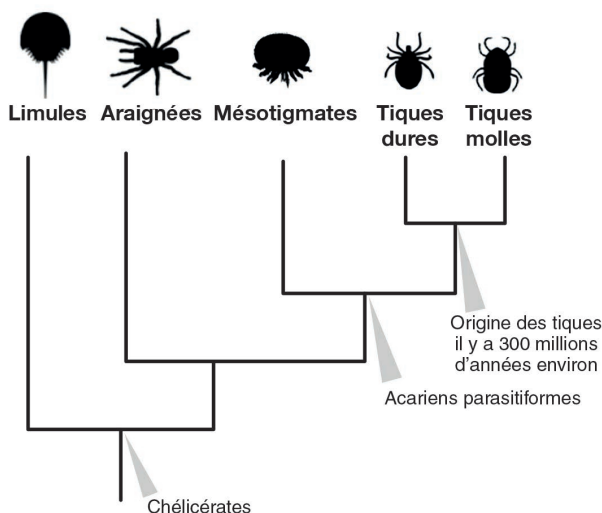


Figure 1. Classification et origine des tiques.

Arbre phylogénétique simplifié montrant la place des tiques au sein du groupe des Chélicérates (eux-mêmes faisant partie des arthropodes). Les tiques sont un sous-groupe des acariens parasitiformes, à côté d'autres espèces comme les Mésotigmates (groupe qui comprend le varroa).

spécialement adaptées pour percer la peau et permettre l'insertion de l'hypostome, structure munie de crochets qui sert à ancrer solidement la tique à son hôte. Celle-ci peut alors injecter sa salive, dont les propriétés anticoagulantes permettent de mieux aspirer le sang.

Les tiques se distinguent plus généralement par plusieurs traits morphologiques uniques, associés à leur mode de vie original consistant à se nourrir de sang. Plus de 900 espèces différentes ont été décrites, qui existent dans presque tous les milieux terrestres. Elles se divisent en deux grandes familles : les tiques dures (Ixodidae) et les tiques molles, auxquelles s'ajoute une branche à part représentée par une seule espèce (Nutallielidae). On estime l'âge du groupe des tiques, c'est-à-dire du « nœud ancestral » dans leur arbre phylogénétique, dans une fourchette de 150 à 300 millions d'années. Il y avait donc à cette époque un

premier organisme ressemblant déjà à toutes les tiques actuelles par sa morphologie et qui vraisemblablement était déjà un parasite sanguin. Partant de cet ancêtre commun, l'évolution a peu à peu mené à une diversification importante, chaque espèce ayant ses particularités (distribution géographique, cycle de vie, hôtes préférés). On peut en conclure que les tiques ont occupé avec succès une niche écologique particulière, s'y sont parfaitement adaptées et s'y sont diversifiées dans une certaine mesure.

LE CYCLE BIOLOGIQUE DES TIQUES

La diversité des espèces de tiques s'illustre par des différences de cycles biologiques dont nous allons donner trois exemples. Ces cycles diffèrent par la façon dont les repas sanguins se déroulent, et par les comportements des trois stades qui se succèdent à partir de l'éclosion de l'œuf : larves, nymphes et adultes.

Les tiques dures avec cycles à trois hôtes

C'est le cycle typique dans le genre *Ixodes*. Le point de départ est l'œuf, qui éclot quelques semaines après la ponte, dans la litière (couche supérieure du sol). Les trois stades suivants sont respectivement les larves, les nymphes et les adultes. Chacun de ces stades devra réaliser un repas sanguin de quelques jours, sans interruption, pour passer à l'étape suivante du cycle (figure 2) — chez les adultes d'*I. ricinus*, seules les femelles font un repas de sang, tandis que chez d'autres espèces le mâle peut se nourrir également. De l'œuf éclos sort une larve, qui va rester au niveau de la litière, jusqu'au passage d'un animal. La larve va se fixer sur un hôte vertébré généralement de petite taille, comme un campagnol, et y effectuer son repas de sang. Arrivée à son plein « gorgement », elle se détachera au bout de quatre à cinq jours, les nutriments acquis et convertis par son métabolisme lui permettant de passer au stade nymphal. Il s'agit d'une métamorphose, car il y a des changements morphologiques entre les deux stades, mais pas une métamorphose complète comme chez certains insectes. Ce schéma va se répéter au stade suivant (le repas de la nymphe lui permettant de passer au stade adulte),

la jeune nymphe choisissant un nouvel hôte (le plus souvent un animal de taille moyenne, comme un merle). Notons que la masse de la tique va augmenter considérablement lors de chaque métamorphose (avec un facteur multiplicatif de 20 environ pour les larves et les nymphes).

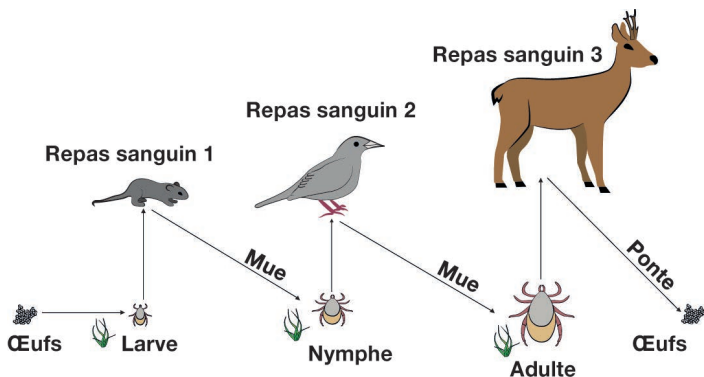


Figure 2. Cycle biologique de la tique *Ixodes ricinus*.

Le cycle comprend quatre stades : œufs, larve, nymphe et adulte. Les larves, nymphes et femelles adultes effectuent un unique repas sanguin. Chaque stade peut se nourrir sur plusieurs espèces d'hôtes, avec une forte préférence des adultes pour les grands mammifères (par ex. cervidés). Plusieurs mois séparant la métamorphose ou la ponte du repas qui suit, le cycle dure de deux à quatre ans. Les éléments du schéma ne sont pas à l'échelle.

À partir du stade adulte seulement, on peut distinguer les deux sexes par leur aspect ainsi que par leur taille. L'objectif de ces stades est désormais la reproduction sexuée. Les femelles et les mâles vont s'accoupler soit au niveau du sol (avant le repas sanguin), soit sur l'hôte, pendant que la femelle démarre son repas sanguin. L'hôte typique de la femelle adulte d'*I. ricinus* sera un vertébré de grande taille, souvent un chevreuil. Une fois le repas terminé (au bout de 8 à 10 jours), la femelle, dont la taille a décuplé et le poids s'est multiplié par un facteur supérieur à 100, se détache de l'hôte. Elle effectue peu après sa ponte au niveau du sol. Elle peut pondre entre 2 000 et 3 000 œufs (ce nombre est assez variable chez d'autres espèces de tiques). La ponte terminée, la femelle meurt. Soulignons que le coefficient

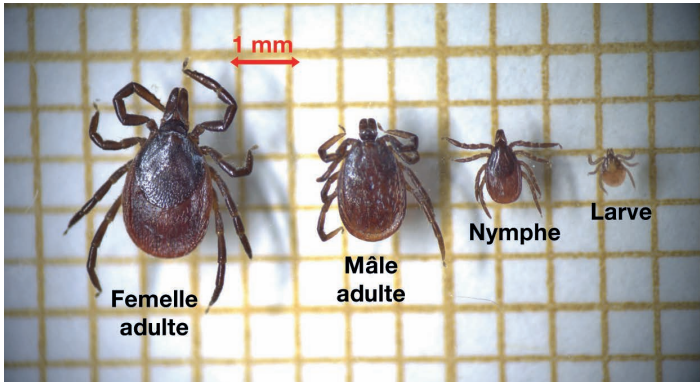


Figure 3. Photos des différents stades d'*Ixodes ricinus*.

Tiques à jeun et en vue dorsale. De gauche à droite, femelle adulte (noter son écusson dorsal rigide réduit, aspect « bicolore » noir-rouge brique), mâle adulte (l'écusson occupe la totalité du dos, aspect noir uniforme), nymphe, et larve (à trois pattes).

d'amplification considérable de taille entre stades est permis par l'acquisition des nutriments sanguins et n'est guère égalé chez d'autres arthropodes — voir figure 3, pour apprécier les changements de taille au fil du cycle.

Les tiques dures avec des cycles à un seul ou deux hôtes

Chez l'espèce *Rhipicephalus microplus*, qui est une tique parasitant fréquemment les ruminants domestiques en milieu tropical et subtropical (elle est par exemple présente dans les territoires français ultra-marins), les larves comme les nymphes font leur métamorphose et leur repas sur le même animal, au lieu de se détacher de l'hôte une fois le repas terminé. L'ensemble des trois repas (larve, nymphe, femelle adulte) aura donc lieu sur le même individu et l'ensemble du cycle de vie est donc très rapide (environ 3 mois pour *R. microplus*). Notons que certaines espèces de tiques dures (comme *Hyalomma marginatum*) ont un cycle intermédiaire entre les deux cycles décrits plus haut, car elles ne se détachent pas de leur hôte après le stade larvaire. Comme elles se détachent quand même après le repas de nymphe, il y a deux hôtes en tout.

CYCLES BIOLOGIQUES DES TIQUES, UN JEU DE STRATÉGIES ÉVOLUTIVES

Il est intéressant de comparer les différents cycles biologiques des tiques sous un angle de stratégies, comme on le fait en théorie des jeux. Si toutes les tiques montrent la même succession de stades, le « choix » de se détacher ou non a des implications au niveau du succès et de l'assurance de la reproduction, ainsi que de l'adaptation à différents hôtes.

Par exemple, les tiques à trois hôtes ont des cycles assez longs, car il y a des phases d'attente après chaque détachement, pouvant durer plusieurs mois (le cycle complet dure environ trois ans chez *Ixodes ricinus*). Au contraire, les cycles à deux hôtes, ou plus encore à un seul hôte, sont beaucoup plus rapides (un an ou moins), puisque par exemple l'hôte est localisé une fois pour toutes par la larve chez *Rhipicephalus microplus*.

En revanche, le cycle à trois hôtes permet une adaptation plus fine de chaque stade à la diversité des vertébrés d'un même milieu (des micromammifères aux grands ongulés chez *I. ricinus*) et s'accompagne donc souvent d'un caractère plus généraliste et d'une répartition dans des milieux plus diversifiés que pour les tiques à un seul hôte.

Ces variations de cycle ont chacune une balance coûts-bénéfices particulière, et différentes stratégies peuvent finalement coexister. Certaines espèces très proches génétiquement ont des stratégies bien différenciées sur le plan de l'adaptation aux hôtes (tableau 2), montrant la flexibilité des cycles des tiques à l'échelle des temps évolutifs.

Le cycle particulier des tiques molles

Les tiques molles (genres *Argas*, *Ornithodoros*, etc.) ont un style de vie bien différent. On y observe toujours trois types morphologiques (larve-nymph-adulte), mais les nymphes comme les adultes effectuent plusieurs mues correspondant à une augmentation de la taille sans changements morphologiques. Au lieu de se fixer pendant une durée de quelques jours sur un animal, comme les tiques dures, les tiques molles effectuent de multiples piqûres suivies de courts repas (sauf pour les larves de certaines espèces). Ces espèces sont typiquement associées à des nids

d'oiseaux, des terriers de rongeurs ou encore des zones de repos de chauve-souris, où leurs hôtes sont facilement localisables. Elles ont souvent une activité nocturne et vont par exemple piquer leur hôte lors de son retour au nid. Elles effectueront alors leur mue ou, pour les femelles adultes, la ponte, lorsqu'elles auront acquis suffisamment de nutriments. La durée des repas sanguins diminue au fil du cycle : en effet, les larves (pour la majorité des espèces) se fixent sur l'animal pendant plusieurs jours et effectuent un seul repas avant de muer, à l'instar des tiques *Ixodes*. Mais ensuite, les repas sont plus courts : de quelques heures pour les nymphes (qui se divisent en plusieurs stades, cela peut aller jusqu'à sept !), à quelques minutes pour les adultes qui reviennent régulièrement piquer leur hôte.

L'ÉTRANGE CAS DES TIQUES *ANTRICOLA*

Les *Antricola* ont pour habitat des grottes où des chauves-souris sont leurs hôtes principaux. Fait unique chez les tiques, certaines espèces d'*Antricola* prennent soin de leur progéniture après la ponte, les femelles protégeant les œufs, puis les larves nouvellement écloses. Autre originalité du genre, les tiques adultes ne se nourrissent pas de sang, mais de guano, c'est-à-dire de déjections des chauves-souris, une ressource localement abondante dans ces milieux, riche en protéines et en fer. Cette alimentation non hématophage des adultes représente une évolution secondaire et illustre la flexibilité évolutive de certains traits de vie.

TIQUES OU MOUSTIQUES, QUELLES SONT LES DIFFÉRENCES ?

Du point de vue de l'humain, les tiques et les moustiques sont les deux arthropodes qui représentent les plus grandes inquiétudes et sources de danger pour la santé. Si tous deux se nourrissent de sang et transmettent à l'occasion des maladies, leurs caractéristiques et les dangers associés sont bien spécifiques (tableau 1).

Tableau 1. Comparaison entre tiques et moustiques.

Caractéristique	Tiques	Moustiques
Alimentation	Hématophages à tous les stades (larve, nymphe, adulte) — sauf rares exceptions (<i>Antricola</i>). Hydratation par le sang (les pièces buccales des tiques ne leur permettent pas de « boire ») et par absorption passive et active de vapeur d'eau atmosphérique.	Femelles hématophages (sang seulement nécessaire pour la reproduction). Mâles et femelles se nourrissent de nectar. Hydratation <i>via</i> des liquides divers. Les larves sont détritivores ou carnivores, mais jamais hématophages.
Cycle de vie	Métamorphose simple : quatre stades (œuf, larve, nymphe, adulte), la larve présentant une morphologie globalement similaire à celle de l'adulte.	Métamorphose complète : quatre stades (œuf, larve, nymphe, adulte), avec une larve aquatique de type vermiforme, très différente de la forme adulte.
	Un repas sanguin est nécessaire à chaque stade (sauf parfois les mâles adultes).	Le développement larvaire et nymphal se fait dans l'eau, indépendamment des hôtes vertébrés. La nymphe ne se nourrit pas.
Temps de développement	Long : le cycle peut prendre plusieurs mois à plusieurs années. Les tiques peuvent jeûner pendant de longues périodes (parfois des années).	Court : le cycle prend environ 2 à 3 semaines, selon les conditions (température et humidité). La durée de vie n'excède pas quelques semaines, mais les femelles hivernantes peuvent survivre quelques mois à faible température.
Risques liés aux agents pathogènes	Transmettent principalement des bactéries (par ex. <i>Borrelia</i> , responsable de la maladie de Lyme).	Transmettent principalement des virus (par ex. Zika, dengue, chikungunya, fièvre jaune).
	Peuvent aussi transmettre des parasites (<i>Babesia</i>) ou des virus.	Peuvent également transmettre des parasites comme <i>Plasmodium</i> (paludisme) et les filaires.
Durée de piqûre	Longue pour les tiques dures, qui restent accrochées à l'hôte pendant plusieurs jours. Courte pour les tiques molles, qui piquent de quelques minutes à quelques heures les hôtes, dans leur terrier ou nid.	Très brève : la piqûre d'un moustique dure quelques secondes à quelques minutes.

Caractéristique	Tiques	Moustiques
Comportement d'attaque	La plupart des espèces attendent sur des végétaux (ou dans les nids et terriers) pour s'accrocher à un hôte à son passage. Certaines espèces sont chasseuses et peuvent parcourir plusieurs mètres pour trouver leur hôte.	Surtout actifs généralement à l'aube et au crépuscule, volent pour trouver leurs hôtes, parfois sur de longues distances (plusieurs centaines de mètres).
Répartition géographique	Grande diversité d'habitats, en zone tempérée comme tropicale.	Grande diversité d'habitats, en zone tempérée comme tropicale.

SUR QUELS HÔTES SE NOURRISSENT LES TIQUES ?

L'hôte d'une tique est, par définition, l'animal sur lequel elle effectue son repas sanguin. Les associations entre espèces de tiques et espèces hôtes ont changé au fil de l'évolution, selon les continents et régions du globe (qui n'ont bien sûr pas les mêmes faunes), mais aussi en un même lieu. L'espèce *I. ricinus* est l'exemple type d'une tique « généraliste », car l'ensemble de ses hôtes potentiels est très large (micromammifères, ongulés, oiseaux, lézards, etc.), même si les profils d'hôtes possibles sont plus limités pour le stade adulte, car les individus femelles adultes ne peuvent normalement se nourrir que sur un animal de moyenne ou grande taille, comme un chevreuil.

À l'inverse, d'autres espèces de tiques ont une gamme d'espèces d'hôtes très réduite, signe qu'elles se sont adaptées à un groupe de vertébrés particulier, avec ses contraintes et spécificités quant à l'habitat et à la mobilité : c'est le cas par exemple de tiques adaptées aux chauves-souris, comme l'espèce *Ixodes vespertilionis*. On retrouvera des individus de cette espèce sur des parois de caves, mais jamais sur de la végétation ou la litière, comme pour *I. ricinus*, et ces tiques ne se fixeront que sur des espèces de chauves-souris. D'autres tiques ont une prédilection pour certains vertébrés, comme les très petits rongeurs (*Ixodes acuminatus*), les oiseaux (*Ixodes frontalis*), le chien (*Rhipicephalus sanguineus*), ou encore des tortues ou des lézards (par ex. la tique australienne

Amblyomma albolimbatum), mais ces associations ne sont pas toujours strictes, et « l'occasion faisant le larron », une tique peut piquer un hôte inhabituel pour son espèce. Ainsi, en l'absence de chien, l'espèce *Rhipicephalus sanguineus* tolère occasionnellement d'autres hôtes comme le chat ou l'humain. On ne peut donc identifier une espèce de tique sur la seule base de son hôte.

CORRIGEONS QUELQUES ERREURS COMMUNES

Les tiques ne sont pas des insectes, comme certains le pensent. Elles se classent dans les acariens et, un peu plus largement, dans le groupe des Chélicérates (avec les araignées, les scorpions, les limules, etc.). Tout ce groupe a en général le même nombre de pattes : huit, contre six chez les insectes. Les tiques sont cependant des cousines lointaines des insectes (on reste dans le même grand groupe des arthropodes !).

« Un » ou « une » tique ? Il y a un usage relativement courant de l'expression « un tique »... Eh bien, en fait, c'est incorrect, car c'est bien un mot féminin en français. On doit donc toujours dire *une* tique. Admettons cependant que la logique de cette convention n'est pas évidente, car l'étymologie du mot tique est floue. Ce mot viendrait de l'anglais ancien, arrivant en France lors de la guerre de Cent Ans. Et ses origines plus anciennes seraient grecques ou latines, mais sans certitude.

L'HOMME, UN HÔTE ACCIDENTEL DES TIQUES

Les tiques peuvent piquer l'humain, mais contrairement aux poux, aucune espèce de tique n'est un parasite spécifique des humains : il s'agit de piqûres « accidentelles » (autrement dit, l'humain est pour elles une impasse — ou hôte *dead-end*). En général, les tiques qui piquent les humains ont une ou quelques espèces animales préférées, mais cette spécificité n'est pas forte. Donc, des humains qui fréquentent des milieux où se trouvent les tiques peuvent représenter un hôte occasionnel pour elles.

Tableau 2. Exemples d'associations tiques- hôtes.

Profil d'association	Espèces de tiques (localisation)
Tiques généralistes (oiseaux-lézards-mammifères)	<i>Ixodes ricinus</i> (Europe)
	<i>Ixodes persulcatus</i> (Eurasie)
	<i>Ixodes scapularis</i> (Amérique du Nord, côte atlantique)
	<i>Ixodes pacificus</i> (Amérique du Nord, côte pacifique)
Oiseaux	<i>Ixodes frontalis</i> (Europe)
	<i>Ixodes uriae</i> (latitudes élevées des deux hémisphères)
	<i>Ornithodoros maritimus</i> (Atlantique Nord, Méditerranée, Caspienne)
	<i>Argas reflexus</i> (pigeon, Eurasie et Afrique)
Lézards et serpents	<i>Ixodes inopinatus</i> (Afrique du Nord), <i>Amblyomma albolimbatum</i> (Australie, Asie du Sud-Est, etc.)
Petits rongeurs	<i>Ixodes acuminatus</i> (Europe)
Lapins	<i>Ixodes ventralloi</i> (Europe)
Canidés	<i>Dermacentor variabilis</i> (Amérique), <i>Dermacentor reticulatus</i> et <i>Rhipicephalus sanguineus</i> (Europe)
Ruminants	<i>Rhipicephalus microplus</i> , <i>Amblyomma variegatum</i> (milieu tropical)
Mammifères	<i>Ixodes canisuga</i> (Eurasie), <i>Ixodes hexagonus</i> (Europe)
	Renards, mustélidés, hérissons
	Chiroptères
	Marsupiaux
	<i>Ixodes vespertilionis</i> et <i>Ixodes simplex</i> (Europe), <i>Argas vespertilionis</i> (Eurasie)
	<i>Ixodes holocyclus</i> (Australie) – cette tique peut aussi infecter de nombreux mammifères introduits et l'humain
Éléphants	<i>Amblyomma tholloni</i> (Afrique)
Rhinocéros	<i>Amblyomma rhinocerotis</i> et <i>Dermacentor rhinocerinus</i> (Afrique)

Les exemples donnés sont pris parmi les espèces les plus courantes. Il ne s'agit pas forcément d'associations strictes.

LE REPAS DE SANG ET L'ARSENAL GÉNÉTIQUE DES TIQUES

La tique se fixe sur son hôte à partir d'une pièce buccale spécialisée, l'hypostome (voir figure 4), en forme de harpon. Il va lui permettre de ne pas être détachée facilement malgré les mouvements de l'hôte (c'est bien en raison de cet ancrage solide que retirer une tique n'est pas un geste simple, et nécessite un tire-tique pour bien détacher l'animal). Chez les tiques dures, c'est le début d'un long repas sanguin, ininterrompu, pendant sept à dix jours pour une tique femelle adulte. Au cours de ce repas, la tique ingère du sang : très peu dans les premiers jours, le gorgement s'accélérait brusquement dans sa phase finale qui est très courte. Un organe va être fortement mobilisé dès le début et tout au long du repas : les glandes salivaires (voir figure 4). La tique injecte en effet de la salive au site de piqûre, facilitant ainsi la réalisation du repas de sang. La salive contient des substances anesthésiantes, évitant que l'animal ne perçoive douleur ou démangeaisons et qu'il ne cherche alors à ôter la tique, et une sorte de colle, appelée ciment, permettant une fixation solide pendant toute la durée du gorgement. Elle contient de plus un très riche cocktail de protéines et autres molécules qui vont permettre au parasite de contourner les défenses naturelles des vertébrés (réactions hémostatiques, immunité). Ces protéines sont notamment des lipocalines, des inhibiteurs de protéases et des métalloprotéases. La connaissance de ces protéines et de leurs interactions avec l'hôte a fortement progressé grâce à des approches de génomique, en particulier *via* l'étude des transcriptomes (gènes exprimés et traduits en protéines dans les glandes salivaires, au moment du repas sanguin).

Plus largement, l'étude des génomes des tiques a permis d'analyser l'arsenal génétique des tiques et son rôle dans ses interactions avec d'autres organismes, lors des repas de sang en particulier. Les séquençages et assemblages de génomes complets des tiques ne datent que des dernières années (à partir de 2018). En effet, ce sont des génomes relativement grands (deux tiers de la taille du génome humain, et plusieurs fois la taille moyenne des génomes d'autres arthropodes) et complexes. Grâce aux progrès récents des méthodes de séquençage, on dispose maintenant des génomes

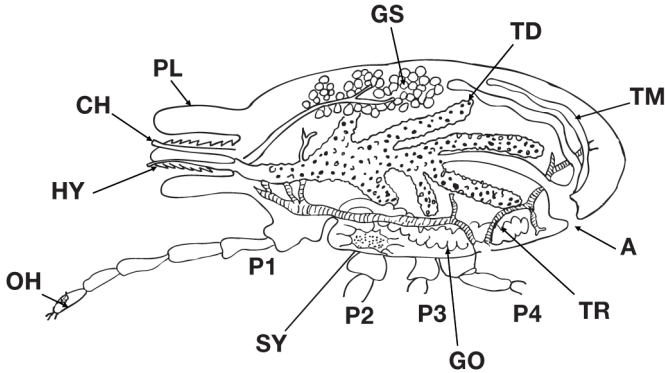


Figure 4. Organes internes et structures externes principales d'une tique.

Glandes salivaires (GS) ; tube digestif, de forme digitée (TD) ; trachées - système respiratoire (TR) ; tubes de Malpighi (TM), au rôle dans l'excrétion ; anus (A) ; ganglion nerveux - système nerveux central (SY) ; gonades femelles, pour la reproduction (GO). Sont représentés également les organes externes suivants : quatre paires de pattes (P1 à P4) qui assurent la locomotion, mais aussi la perception des signaux chimiques (organe de Haller, OH) ; et la tête, avec des éléments essentiels pour la piqûre : chéllicères (CH), hypostome (HY) et palpes (PL).

assemblés de plusieurs espèces de tiques (Jia *et al.*, 2020). Leur étude a permis de faire progresser les connaissances sur des gènes impliqués dans plusieurs phases clés du cycle : gènes de perception des substances chimiques, protéines salivaires, gènes de la détermination du sexe, etc. Ces approches ont aussi permis de révéler une grande diversification de certaines familles de protéines, avec par exemple plus de 200 gènes codant pour des métalloprotéases, composante importante du cocktail de protéines salivaires chez les tiques du genre *Dermacentor* et également 200 gènes environ de sulfotransférases chez la tique *Ixodes ricinus*, tandis que la drosophile en possède seulement quatre. Ces protéines peuvent jouer des rôles variés dans les cellules, notamment dans la modification des molécules toxiques pour les tiques. C'est une famille de gènes très dynamique, au point que le nombre de ces copies peut varier entre populations, voire entre individus (Rosani *et al.*, 2023) !

Si toutes les fonctions de ces gènes et familles de gènes ne sont pas encore élucidées, la connaissance de ces « boîtes à outils » va

nous aider à mieux comprendre comment les tiques ont évolué et continuent de s'adapter à leur environnement. En complément de cet arsenal génétique, les tiques ont recours à des bactéries symbiotiques pour obtenir des molécules qu'elles ne peuvent synthétiser elles-mêmes, comme les vitamines B (chapitre 2), le génome de ces bactéries complétant en quelque sorte celui des tiques.

COMMENT LES TIQUES LOCALISENT-ELLES LEURS HÔTES ?

La communication chimique est un élément important des organismes (animaux, végétaux, protistes, bactéries), car elle leur permet de percevoir la qualité du milieu ambiant, pour y réaliser au mieux leur cycle de vie (nutrition, reproduction), localiser une source de nourriture, éviter un prédateur, trouver un partenaire sexuel, etc. Chez les tiques, ces fonctions de communication sont essentielles à plusieurs moments du cycle, en particulier pour la localisation des hôtes qu'elles vont parasiter, et pour la localisation des femelles par les mâles ou des mâles par les femelles (voir ci-dessous). Un organe unique et caractéristique des tiques joue un rôle important dans la perception des signaux chimiques, c'est l'organe de Haller. Il est localisé à l'extrémité de la première paire de pattes (les plus proches de la tête, voir figure 4). Sa structure complexe, avec des sensilles couvertes de très nombreux pores, et sa connexion au système nerveux central des tiques (le synganglion) lui permettent de jouer un rôle équivalent aux antennes chez les insectes. Grâce à cet organe, les tiques disposent de capacités sensorielles très importantes, pouvant percevoir différents signaux chimiques, comme les odeurs et le CO₂, ou encore la chaleur ou la vapeur d'eau émises par les vertébrés à sang chaud (voir le chapitre 3, sur la question de différences d'attractivité entre individus pour les tiques). Notons que les signaux auxquels sont sensibles les tiques varient d'une espèce à l'autre, notamment en fonction des différences de cycle biologique et des différents comportements de chasse ou affût.

Certaines espèces ou stades de tiques sont dits exophiles (« qui vivent à l'extérieur »). C'est le cas de tous les stades d'*Ixodes ricinus*, car ils adoptent un comportement de chasse opportuniste dit

« à l'affût » sur la litière ou les brins d'herbe, attendant patiemment le passage d'un hôte. Cette technique d'affût consiste pour la tique à attendre sur le sol ou dans la litière de feuilles mortes, ou à monter à la pointe d'herbes hautes (graminées, joncs, etc.) et à s'agripper à un animal à son passage. Pour *I. ricinus*, la hauteur à laquelle elle va attendre son hôte varie entre ses différents stades, les larves se nourrissant plus bas dans la végétation que les nymphes et les adultes. Quant aux adultes d'*Amblyomma variegatum* ou *Hyalomma marginatum*, ils sont dits « chasseurs », car ils sont capables de se diriger vers leurs hôtes après les avoir repérés sur une distance de quelques mètres au maximum.

D'autres espèces vivent à proximité directe de leur hôte dans leur terrier ou leur nid. On dit qu'elles sont endophiles. Pour *Rhipicephalus sanguineus* par exemple, on pourra ainsi trouver de grandes populations de tiques dans les chenils, dans les paniers, les niches des chiens, voire à l'intérieur des habitations, le plus souvent cachées dans les anfractuosités des murs, tandis que les tiques *Argas reflexus* se retrouveront dans les nids de pigeons et parfois dans les combles de bâtiments en plein centre-ville. Une fois l'hôte repéré, la tique part en chasse et le rejoint par un déplacement plus ou moins rapide pour réaliser son repas de sang. Chez *Argas reflexus*, des expériences ont permis de tester un ensemble de stimuli comme les sons émis par les oiseaux, leur odeur, le CO₂ ou la chaleur (Boxler *et al.*, 2016). Dans cette expérience, le seul signal déclenchant clairement le mouvement des tiques a semblé être la chaleur corporelle, mais d'autres facteurs peuvent jouer chez d'autres tiques. Le rôle primordial de la détection du rayonnement thermique émis par l'hôte *via* l'organe de Haller a ensuite été confirmé chez d'autres espèces de tiques (Carr et Salgado, 2019).

COMMENT LES TIQUES MÂLES ET FEMELLES SE RENCONTRENT-ELLES ?

La communication chimique joue un rôle tout aussi essentiel pour la rencontre des mâles et des femelles et leur reproduction. Pour la grande majorité des espèces de tiques, la reproduction a

lieu sur l'hôte, les femelles émettant des phéromones sexuelles qui vont attirer les mâles lors de leur repas sanguin.

Certaines espèces dans le genre *Amblyomma* sont capables d'émettre d'autres types de phéromones, dont le rôle est d'attirer tous les individus présents à l'entour, tant mâles que femelles. Chez ces espèces, le mâle est capable de rester sur son hôte (un ruminant) pendant plusieurs mois (en l'absence de traitement acaricide), prenant régulièrement un peu de sang. Il émet des phéromones pour attirer les autres tiques présentes à proximité : ces phéromones sont émises par phases et correspondent à plusieurs distances d'interaction et de rapprochement des autres individus. Les femelles sont incapables de se fixer et de se nourrir en l'absence de ces mâles émetteurs de phéromones sur l'hôte. Ces phéromones sont constituées de composés volatiles ayant des rôles spécifiques sur les différentes phases de cette attraction. Une fois fixées sur l'animal et dès qu'elles commencent leur repas, les femelles émettent à leur tour des phéromones sexuelles, permettant la reconnaissance par le mâle et l'accouplement. Ce système implique donc un système complexe et très précis de molécules odorantes et de perception par les tiques.

Pour les tiques du genre *Ixodes*, comme *I. ricinus*, la reproduction aurait lieu en revanche le plus souvent dans la végétation, et donc avant de trouver un hôte. Dans la végétation, les tiques ne sont pas dispersées aléatoirement, mais agrégées (Devevey et Brisson, 2012). En effet, elles se détachent des animaux souvent aux mêmes endroits, sur leurs zones de passage ou de repos. La concentration des tiques s'explique aussi par leur survie différentielle (dépendant des microconditions climatiques), ou encore par leur production de phéromones incitant les individus de la même espèce à cesser de se déplacer et à rester regroupés dans une zone spécifique. Ces phéromones pourraient améliorer les chances pour un mâle et une femelle de se retrouver et de trouver ensuite un hôte, en restant groupés dans la végétation.

QUELLES TIQUES POUR QUEL CLIMAT ?

Comme bon nombre d'espèces animales et végétales, les tiques présentent un certain nombre d'adaptations à leur environnement. Par exemple, *Ixodes ricinus* est une espèce sensible à la sécheresse et préfère des milieux frais (forêts, bords d'étangs, zones de montagne, etc.). Dans le genre *Dermacentor*, on retrouve assez communément deux espèces en Europe, très proches morphologiquement (*D. marginatus* et *D. reticulatus*). On les rencontre dans des milieux plus ouverts avec au moins une partie de la végétation sèche, typiquement des landes. Mais si les deux espèces de *Dermacentor* peuvent coexister en Europe, l'une sera plus souvent méridionale (*D. marginatus*), tandis que l'autre évitera les régions les plus sèches comme le pourtour méditerranéen (*D. reticulatus*). Cet exemple illustre l'installation de différences écologiques fines entre espèces de tiques, en fonction du milieu et du climat. Une population d'*I. ricinus* est ainsi présente en Afrique du Nord, ce qui peut sembler surprenant, les milieux y étant très différents de l'Europe, avec des climats beaucoup plus chauds et secs. De plus, ses hôtes y sont eux aussi différents — ce sont majoritairement des lézards et des oiseaux. Certains spécialistes semblent penser qu'il s'agit en fait d'une espèce différente d'*I. ricinus*, et l'ont nommée *Ixodes inopinatus*. Il y a encore cependant des débats sur cette question, mais il reste certain qu'elles sont extrêmement proches génétiquement, avec des exemples d'hybridation sur le continent européen. Ces hybridations pourraient être favorisées par des oiseaux migrants apportant des tiques d'Afrique du Nord en Europe. Dans cet exemple encore, on observe la grande flexibilité dont sont capables certaines espèces de tiques au cours de l'évolution.

Plusieurs espèces se sont adaptées aux climats très chauds (tiques africaines, méditerranéennes et tropicales), comme les *Hyalomma*, présentes en Afrique du Nord ou dans l'est du bassin méditerranéen. Les hivers trop froids leur sont fatals et, si *Hyalomma marginatum* est désormais présente en Europe et même dans le sud de la France, sa progression vers le nord est limitée notamment pour cette raison. En conclusion, la présence d'une espèce de tique sera donc en priorité conditionnée par deux facteurs : un climat

compatible avec la survie de l'espèce et la présence d'hôtes adaptés selon leur caractère spécifique ou généraliste.

DES ESPÈCES DE TIQUES SONT-ELLES EN VOIE DE DISPARITION ?

Nous assistons, à l'échelle du globe, à la « sixième extinction », soit une perte brutale de biodiversité, comparable par son ampleur aux cinq extinctions de masse précédentes de l'histoire de la Terre. La cinquième extinction, il y a 65 millions d'années, a marqué la fin du règne des dinosaures. La vague d'extinction actuelle est causée par l'activité humaine, avec la déforestation, la destruction de l'habitat, la pollution, le changement climatique et l'introduction d'espèces exotiques envahissantes. Si la situation d'espèces emblématiques comme le panda, les éléphants, les rhinocéros, les grands félins ou encore les cétacés est bien connue, celle des tiques l'est moins — et inquiète à vrai dire peu de monde. Pourtant, plusieurs espèces de tiques sont elles aussi en danger d'extinction et certaines ont sans doute déjà disparu. Les espèces les plus menacées ont pour point commun un régime alimentaire très étroit. Si leurs hôtes sont menacés ou viennent à disparaître, les tiques qui en dépendent disparaîtront également, par un processus dit de coextinction. Ainsi, la tique *Ixodes nitens* n'est connue que par deux spécimens collectés au XIX^e siècle sur *Rattus macleari*, une espèce de rat endémique de l'île Christmas dans l'océan Indien. Aucun rat de cette espèce n'a été observé à partir de 1903, et la tique *I. nitens* n'a jamais été revue depuis.

La tique *Archaeocroton sphenodonti* se nourrit quant à elle sur un seul animal, le sphénodon. Apparenté aux lézards, le sphénodon est l'unique représentant d'un groupe dont la morphologie est restée quasiment inchangée depuis 220 millions d'années, justifiant sa qualification de « fossile vivant ». Il est hélas menacé d'extinction, alors qu'il était autrefois largement répandu en Nouvelle-Zélande. L'arrivée des humains et l'introduction d'espèces domestiques prédatrices ont conduit à sa quasi-éradication. Le sphénodon ne survit plus aujourd'hui que sur une trentaine d'îles et îlots. La tique *A. sphenodonti* est encore

plus rare et n'est présente que sur une dizaine des sites habités par le sphénodon. La protection du sphénodon bénéficie ainsi, indirectement, à la tique *A. sphenodonti*. Mais si le sphénodon est une espèce strictement protégée en Nouvelle-Zélande, la tique n'a quant à elle aucun statut juridique particulier !

La tique du rhinocéros, *Amblyomma rhinocerotis*, est, elle aussi, en voie de disparition. Les adultes parasitent essentiellement les rhinocéros africains, et très rarement d'autres animaux. Au cours du dernier siècle, les rhinocéros sont devenus très rares en raison de la chasse et de la perte d'habitat. Cette raréfaction a entraîné celle des tiques qui en dépendent. *A. rhinocerotis* semble déjà avoir disparu de larges parties de l'Afrique. On retrouve la même situation pour des tiques qui parasitent spécifiquement les kiwis, les kangourous arboricoles, et des bovidés sauvages comme le saro de Sumatra, tous ces animaux étant très menacés. La tique de l'éléphant, *Amblyomma tholloni* (qui se fixe souvent dans la trompe de l'animal !), encourt le même risque, mais dans une moindre mesure, car cette espèce peut également se nourrir sur d'autres espèces d'animaux, ce qui lui permet de se maintenir tant bien que mal dans certaines régions. En Europe, certaines espèces de tiques très spécialisées sont probablement en voie de raréfaction, bien que des données fiables manquent. Ainsi, une tique des chauves-souris, *Ixodes vespertilionis*, vit exclusivement dans des grottes où elle parasite les rhinolophes et les murins. En France, peu de grottes occupées par *I. vespertilionis* sont connues et il y a fort à parier que la raréfaction de ses hôtes préférentiels, victimes des pesticides, a déjà fortement impacté les populations de cette tique. À l'échelle du monde, malgré le manque de mesures précises, on estime qu'il y a plus d'espèces de tiques en déclin que d'espèces en expansion, et près de 10 % des espèces de tiques seraient concernées par le processus de coextinction.

En conclusion, certaines espèces de tiques sont sans doute en fort déclin ou même en voie de disparition, en même temps qu'une bonne partie des populations de mammifères, mais leur situation ne suscite aucune attention. Comme les tiques sont des parasites responsables de la transmission de pathogènes, leur disparition s'accompagne théoriquement d'une diminution de risques sanitaires, même si en fait les tiques concernées par le

risque d'extinction sont des espèces spécialisées sur des espèces rares de vertébrés et ne sont pas transmetteuses de zoonoses. Le bénéfice de leur disparition sera donc faible à nul. On peut pourtant avancer que les tiques ont leur « place » dans le monde vivant, en tant qu'élément résultant de centaines de millions d'années d'évolution. Même si cette notion est éminemment subjective, les tiques peuvent paraître très belles (on peut citer les cas d'*Ixodes vespertilionis*, avec ses très longues pattes qui la font ressembler à une araignée, et de certaines *Amblyomma* très colorées) ! Sans ouvrir ici un débat philosophique sur la notion de « droits du vivant », nous soulignerons que la disparition totale d'espèces de tiques serait un symptôme négatif de l'évolution du monde vivant et des atteintes catastrophiques aux écosystèmes causées par notre mode de développement.

LA REPRODUCTION SEXUÉE

L'accouplement des tiques se produit souvent pendant le repas de sang de la femelle, sauf chez le genre *Ixodes*, où il peut avoir lieu avant son repas, dans la végétation. Les mâles, selon les espèces, n'ont peu ou pas besoin de se nourrir de sang pour la reproduction. Ils utilisent leurs chélicères, pour s'accrocher aux femelles, puis implantent un spermatophore (un petit paquet de sperme) dans leur organe reproducteur. L'accouplement peut durer plusieurs heures. La fécondation des œufs est interne, les spermatozoïdes restant stockés dans le tractus reproducteur de la femelle, prêts à fertiliser les ovocytes au fur et à mesure de leur production. Les femelles peuvent pondre alors des dizaines (pour les tiques molles) ou des milliers (pour les tiques dures) d'œufs dans un environnement propice.

DES ESPÈCES SE REPRODUISENT-ELLES SANS SEXUALITÉ ?

Bien que rare, la parthénogenèse est possible chez les tiques. Une femelle peut alors engendrer des descendants sans fécondation par un mâle. Un exemple bien documenté est celui de

Haemaphysalis longicornis. Cette espèce invasive, originaire d'Asie de l'Est, est aujourd'hui présente dans diverses régions du monde. Dans la zone d'origine, mâles et femelles coexistent et se reproduisent sexuellement, tandis que dans les zones récemment colonisées, les populations sont composées exclusivement de femelles pratiquant la parthénogenèse. La parthénogenèse chez *H. longicornis* est liée à une modification chromosomique. Les populations parthénogénétiques sont en effet triploïdes, ce qui rend non viables leurs accouplements avec des mâles. Les femelles triploïdes diffèrent par plusieurs traits de vie des populations sexuées (poids corporel plus élevé, temps d'éclosion plus court, etc.). Ainsi, la parthénogenèse semble conférer des avantages adaptatifs immédiats, notamment dans des environnements où les partenaires sont rares ou les populations isolées géographiquement. Ce mécanisme pourrait en partie expliquer le succès invasif de ces populations.

Une autre espèce de tique, *Ixodes woodi*, offre un autre exemple de reproduction sans sexe. Normalement bisexuée, elle a vu l'émergence spontanée d'un groupe parthénogénétique en laboratoire. Cette transition semble liée à l'apparition chez ces tiques d'un symbiote bactérien, *Rickettsiella*, capable de manipuler la reproduction d'arthropodes, notamment d'araignées. Ce type d'interaction symbiotique pourrait expliquer le mode de reproduction asexué d'autres espèces de tiques dans la nature, mais cela reste à étudier.



2. QUELS SONT LES MICROBES ASSOCIÉS AUX TIQUES ?

Dans ce chapitre, nous proposons de décrire les principaux organismes pathogènes transmis par les tiques à l'homme comme à l'animal domestique. Nous évoquerons notamment les grandes caractéristiques biologiques et génétiques de ces agents pathogènes, et les conditions de leur transmission. Ces éléments sont essentiels pour bien comprendre le risque lié aux tiques, selon les espèces, en premier lieu, mais aussi, selon les régions, le climat, le stade de tique, etc. La transmission de ces agents est en effet conditionnée par de nombreux facteurs et n'est pas systématique — la question de la quantification plus précise des risques associés aux tiques, ainsi que celle des moyens pour réduire ces risques, seront traitées au chapitre 3. Enfin, nous élargirons l'éventail des microbes associés aux tiques à ceux qui ont des fonctions de symbiotes et ne représentent pas de menace directe sur le plan de la santé. Ces bactéries sont des acteurs indispensables à la survie de tiques. Par ailleurs, la limite entre certains agents pathogènes et ces symbiotes n'est pas toujours claire, puisque des évolutions ont pu se faire de l'un à l'autre.

NOTIONS DE COMPÉTENCE ET CAPACITÉ VECTORIELLE DES TIQUES

Toutes les espèces de tiques ne sont pas capables d'héberger et de transmettre tous les agents infectieux. On désigne alors par « compétence vectorielle » l'aptitude intrinsèque d'un arthropode à héberger, multiplier et transmettre un agent infectieux. Cette aptitude se mesure en laboratoire et dépend de facteurs génétiques. On parle aussi de « capacité vectorielle », pour la mesure sur le terrain des potentialités de transmission qui sont en plus tributaires de certains facteurs environnementaux : cette capacité n'existe que si de multiples conditions écologiques sont réunies, en plus de la compétence du vecteur. Par exemple, une espèce

de tique compétente en laboratoire, mais ne se nourrissant pas ou très peu sur les hôtes hébergeant cet agent infectieux, aura un rôle négligeable dans la circulation de cet agent infectieux.

La compétence vectorielle résulte d'une coévolution entre trois « partenaires » : vecteur, agent pathogène et hôte. Au fil de l'évolution, la sélection exercée par ces espèces les unes sur les autres se traduit par des adaptations successives. L'agent infectieux évolue pour maximiser sa transmission et sa réplication, en développant des stratégies pour éviter la réponse immunitaire de l'hôte. L'hôte en contrepartie développe des stratégies de défense pour limiter l'infection ou les conséquences de cette infection (signes cliniques). Ces coadaptations évolutives peuvent mener à un équilibre où l'hôte tolère bien l'infection (portage asymptomatique), tandis que l'agent infectieux moins virulent pour son hôte favorise sa transmission.

À l'inverse, de nombreuses espèces d'hôtes peuvent être exposées à l'agent infectieux et ne pas développer d'infection : elles sont réfractaires à l'infection du fait de caractéristiques génétiques ou biologiques (système immunitaire, barrières physiologiques ou chimiques, etc.). D'autres peuvent développer une infection temporaire sans avoir la capacité à transmettre l'agent infectieux, ou encore développer une infection aiguë ou chronique accompagnée de signes cliniques. Cependant, tous les individus d'un hôte sensible ne développent pas nécessairement des signes cliniques après avoir été infectés. Par exemple, de nombreuses personnes sont régulièrement infectées par la bactérie responsable de la maladie de Lyme, mais seulement une petite partie d'entre elles vont développer des signes cliniques. Dans la majorité des cas, notre système immunitaire est efficace et empêche le développement de la bactérie.

DES HÔTES PLUS OU MOINS COMPÉTENTS ?

La notion de compétence a également été étendue aux hôtes. Cependant, la capacité d'un hôte donné à héberger, multiplier et transmettre un agent infectieux, et donc sa contribution dans le cycle de transmission, peut, elle aussi, varier en fonction des

conditions de terrain, du comportement des hôtes et du nombre de tiques qui arrivent à se nourrir sur eux. Cela est particulièrement vrai pour les agents infectieux dont les vecteurs sont des espèces de tiques généralistes comme *I. ricinus* (voir chapitre 3), car les fréquences de repas de ces tiques sur un hôte donné varient en fonction de la communauté d'hôtes présentes.

On parle d'« hôte naturel » ou « hôte amplificateur » pour décrire une espèce compétente qui est normalement infectée par un agent infectieux dans son environnement naturel, avec ou sans symptôme grave, favorise sa transmission et produit de nombreuses tiques infectées. Ces termes ont l'avantage d'éviter tout anthropomorphisme et de mettre en évidence le rôle majeur d'un animal dans le cycle de vie d'un agent infectieux, dans le milieu naturel, par opposition à d'autres situations où l'agent infectieux peut être présent dans un animal de façon accidentelle et temporaire.

On utilise également le terme « animal réservoir » pour désigner une espèce qui héberge un agent pathogène, le multiplie et le transmet à d'autres espèces, sans qu'il y ait nécessairement de symptômes cliniques. Ce terme permet de caractériser le rôle d'une espèce comme source potentielle d'infection et de transmission vers un autre compartiment (les humains ou les animaux domestiques), et permet de comprendre les liens entre les différentes populations d'hôtes et la propagation de la maladie. En identifiant les hôtes réservoirs potentiels, les chercheurs et les professionnels de la santé peuvent développer des stratégies de prévention et de contrôle ciblées pour réduire la transmission de la maladie, comme la surveillance sanitaire des populations animales, la mise en place de programmes de vaccination ou de traitement, et la sensibilisation des populations humaines à risque.

DIFFÉRENTES RÉGIONS, DIFFÉRENTES ESPÈCES, DIFFÉRENTES MALADIES

Il existe le plus souvent une spécificité assez étroite entre les espèces de tiques et les agents pathogènes qu'elles transmettent. Ainsi, *Ixodes ricinus*, que l'on trouve abondamment dans nos forêts du centre et du nord de l'Europe ainsi que dans les massifs

montagneux, est le vecteur des bactéries responsables de la maladie de Lyme, mais également du virus de l'encéphalite à tiques, ou TBEV (*tick-borne encephalitis virus*). Ce virus semble en expansion en France ces dernières années³ et peut être transmis par la piqure d'une tique, mais également par la consommation de lait cru issu d'un animal infecté par une tique. Un vaccin est disponible pour s'en protéger (voir chapitre 3).

Les tiques *Dermacentor*, que l'on retrouve également dans nos forêts, lisières, bordures de chemin dans les pays du centre et du nord de l'Europe (et donc en France), souvent en compagnie des tiques *Ixodes*, représentent surtout un risque majeur pour les animaux de compagnie et les chevaux. Elles sont responsables en effet de la transmission de protozoaires sanguins appelés piroplasmes (agents de piroplasmoses) qui se multiplient dans les cellules sanguines et entraînent leur destruction. Chez l'homme, elles peuvent être occasionnellement à l'origine de la transmission de bactéries du genre *Rickettsia* responsable du syndrome Tibola.

Dans le Sud, en climat méditerranéen, on trouvera préférentiellement les tiques des genres *Rhipicephalus* et *Hyalomma*. Les tiques *Rhipicephalus sanguineus* représentent en France un risque essentiellement pour les chiens auxquels elles sont particulièrement inféodées du fait de leur spécificité étroite. Elles leur transmettent plusieurs agents pathogènes comme ceux responsables de l'ehrlichiose canine, ou des parasites responsables de la piroplasmose canine ou de l'hépatozoonose canine. Occasionnellement, notamment en cas de forte infestation ou de décès du chien, elles peuvent piquer l'homme et lui transmettre des bactéries du genre *Rickettsia* responsables de la fièvre boutonneuse méditerranéenne. On retrouve également en climat méditerranéen les tiques du genre *Hyalomma*, notamment *H. marginatum*. Elles sont présentes depuis plusieurs décennies dans les pays du Sud, mais ce n'est qu'en 2016 que leur installation en France métropolitaine a été confirmée dans la région de Montpellier. Depuis, les chercheurs suivent de près leur expansion. En effet, cette tique pourrait représenter à l'avenir un danger sanitaire pour les populations humaines puisqu'elle

3. Rapport Anses TBEV <https://www.anses.fr/system/files/SABA2022-AUTO-0088-RA.pdf> (consulté le 08/10/2025).

constitue un des vecteurs reconnus du virus de la fièvre hémorragique de Crimée-Congo. Heureusement, aucun cas humain autochtone n'a été détecté à ce jour en France.

LES AGENTS DE LA MALADIE DE LYME

Les agents pathogènes responsables de la maladie de Lyme sont des bactéries du genre *Borrelia*, appartenant aux spirochètes — groupe de bactéries qui comprend également la syphilis et la leptospirose. Le genre *Borrelia* se divise lui-même en deux groupes bien distincts, celui des fièvres récurrentes (transmises le plus souvent par des tiques molles du genre *Ornithodoros*, et dans un cas par le pou du corps) et celui de la maladie de Lyme, qui correspond au complexe *Borrelia burgdorferi* sensu lato (ou « complexe BBSL »). Il s'agit de petites bactéries de forme hélicoïdales de 3 à 30 µm de long sur 0,2 à 0,5 µm de large, mobiles par rotation et translation — caractéristiques des spirochètes.

Dans le complexe BBSL, on trouve au moins 21 espèces génétiquement différentes (ce nombre ayant régulièrement augmenté au fil des découvertes de nouvelles formes). Parmi les dix espèces de ce complexe actuellement décrites en Europe selon une étude récente (Steinbrink *et al.*, 2022), cinq ont un pouvoir pathogène confirmé pour l'homme : *Borrelia afzelii* et *B. garinii* (les agents les plus souvent impliqués dans les cas humains), *B. burgdorferi* sensu stricto, *B. bavariensis* et *B. spielmanii*. À noter que les deux premières sont tout simplement les agents les plus fréquents en Europe : leur implication dans la majorité des cas humains pourrait être le résultat direct de leur fréquence locale et non d'une affinité particulière.

Le cycle naturel implique une transmission entre les tiques du genre *Ixodes* (surtout *I. ricinus* en France) et différents hôtes naturels. Parmi les espèces de bactéries du complexe BBSL, *Borrelia afzelii*, *B. bavariensis* et *B. spielmanii* sont principalement associées aux petits rongeurs, comme les mulots, campagnols roussâtres, mais aussi les lérots pour *B. spielmanii*. Quant à *B. garinii* et *B. valaisiana*, elles sont associées aux oiseaux, principalement les Turdidés (merles et grives). Enfin, une autre

espèce, *B. lusitaniae*, est associée aux lézards. Cependant, pour l'espèce *B. burgdorferi* sensu stricto, à la fois les mammifères et les oiseaux pourraient être ses hôtes naturels en Amérique du Nord, où elle est très présente. En Europe, cette espèce est plus rarement observée, et ses hôtes naturels restent mal identifiés, bien que les écureuils soient probablement impliqués.

À l'éclosion, les larves d'*Ixodes* ne sont généralement pas infectées (Richter *et al.*, 2012). On considère en effet qu'une femelle infectée ne peut pas transmettre les *Borrelia* BBSL à sa descendance (ni lors de la maturation des ovules ni lors de la ponte) — on dit qu'il n'y a pas de « transmission verticale » ou transovarienne de la borréliose, même si cette conclusion est à nuancer selon les espèces ou souches de *Borrelia* (Grigoryeva *et al.*, 2024). La détection occasionnelle de larves infectées pourrait résulter soit d'une première tentative de gorgement de ces larves sur un hôte infecté, soit du processus de *co-feeding* (voir plus bas). Il est cependant important de considérer que le portage de *Borrelia* par les larves de tiques n'est pas nul, ce facteur devant être pris en compte dans les modèles épidémiologiques de transmission et dans la vigilance face aux piqûres possibles de larves sur les humains.

Les larves vont très tôt après l'éclosion partir à la recherche d'un hôte pour réaliser leur premier repas de sang. Chez *Ixodes ricinus*, les larves pourront se nourrir sur une grande diversité d'hôtes présents à proximité, notamment des petits mammifères (rongeurs, hérissons...), oiseaux fouisseurs, mais aussi lézards. Or la plupart de ces petits vertébrés sont d'excellents réservoirs de *Borrelia* (ils peuvent conserver ces bactéries et donc être infectieux plusieurs semaines à plusieurs mois après avoir été infectés). C'est pour la jeune tique une première occasion d'être infectée. Après son repas de sang, la larve retombe sur le sol pour y subir sa première mue et devenir nymphe. Si la larve s'est infectée, la nymphe reste infectée dans la majorité des cas (la bactérie n'est pas affectée par le processus de mue, car elle s'abrite principalement dans le tube digestif de la tique en-dehors du moment du repas sanguin). La nymphe va ensuite se mettre en quête d'un hôte. Elle apprécie les petits hôtes vertébrés qu'elle rencontre en abondance dans son milieu de vie (rongeurs, lapins et lièvres, oiseaux fouisseurs, etc.) — c'est donc pour elle une deuxième possibilité de s'infecter par

des *Borrelia* ou bien de transmettre des *Borrelia* —, mais est aussi capable de se gorger sur des hôtes de plus grande taille (carnivores domestiques ou sauvages, ongulés, humains). Ces derniers ne sont pas capables de transmettre des *Borrelia* aux tiques, on dit qu'ils sont « non compétents ». Une fois le deuxième repas de sang pris, la nymphe infectée se métamorphose en adulte, tout en restant là encore infectée par *Borrelia*, dans la majorité des cas. Les adultes, se nourrissant préférentiellement sur les ongulés qui sont non compétents, et rarement (voire jamais) sur les micromammifères, ne participent donc pas au cycle de transmission de ces bactéries.

Ainsi, le cycle naturel de transmission des bactéries du complexe BBSL (figure 5) se fait normalement comme suit : une nymphe infectée pique un hôte compétent (rongeur, oiseau ou lézard, selon l'espèce de *Borrelia*), qui acquiert la bactérie et devient infectieux ; puis, plus tard, une larve pique ce même hôte, acquérant à son tour la bactérie (après son repas, elle devient une nymphe infectée et le cycle de transmission est bouclé). Il peut également exister une transmission directe des bactéries d'une nymphe infectée vers des larves naïves qui se nourrissent à proximité des unes des autres, qu'on appelle transmission par co-repas (ou *co-feeding*). Dans la nature, toutes les tiques ne sont pas infectées par la bactérie : la prévalence de tiques infectées par les bactéries du complexe BBSL varie de 1 à 30 % selon les endroits.

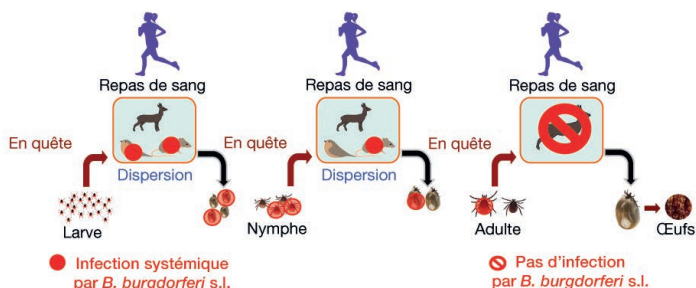


Figure 5. Cycle de la maladie de Lyme.

Dans le cycle naturel, la transmission des *Borrelia burgdorferi* (BBSL) se fait entre les nymphes infectées et les larves naïves, via les hôtes compétents (rongeurs, oiseaux, reptiles), les adultes n'étant pas impliqués dans ce cycle car ils ne se nourrissent pas sur les hôtes compétents (voir texte). Les nymphes et les adultes infectés peuvent cependant transmettre à l'être humain et aux animaux domestiques la bactérie.

Dans le cas de la maladie de Lyme, ce sont les nymphes qui sont considérées comme les plus à risque de transmission de *Borrelia* à l'homme. C'est le stade de vie qui pique le plus l'être humain en Europe. De plus, du fait de leur très petite taille, elles peuvent être découvertes plus tardivement que les adultes, voire jamais (le repas de la nymphe peut alors s'achever complètement, ce qui laisse le temps pour la transmission de *Borrelia*). Pour preuve, certains malades confirmés ne se souviennent pas avoir été piqués par une tique. Or aujourd'hui, c'est la seule voie de transmission connue et prouvée. Des études ont montré qu'après une piqûre de tique seuls 1,8 à 4,2 % des individus développent une séroconversion, donc une réaction immunitaire humorale impliquant la production d'anticorps, et 0,7 à 4 % des signes cliniques de la maladie de Lyme (Faulde *et al.*, 2014). Enfin, les études semblent montrer que la probabilité de transmission de *Borrelia* est faible si la tique est retirée dans les 24 heures.

L'érythème migrant, tache rouge extensive le plus souvent localisée autour de la zone de piqûre, est la manifestation la plus fréquente de l'infection. Elle apparaît dans les jours, voire les semaines qui suivent la piqûre, et peut parfois être accompagnée de quelques signes faisant penser à un syndrome grippal. Non traitée à ce stade par une antibiothérapie adaptée, la maladie peut évoluer vers une forme disséminée plusieurs semaines voire plusieurs années après la piqûre. Cette apparition différée des signes cliniques, qui s'ajoute à la petite taille des nymphes, peut aussi expliquer le fait que de nombreux patients ne se rappellent pas avoir été piqués. L'expression clinique des formes disséminées est très variable. Les trois plus fréquentes sont les manifestations cutanées, neurologiques (neuroborréliose) et articulaires, mais d'autres signes (cardiaques, oculaires...) sont également décrits. La grande diversité des symptômes, leurs caractères parfois peu spécifiques et le délai parfois important entre la piqûre et leur apparition peuvent dans certains cas compliquer le diagnostic.

Le meilleur moyen de limiter le risque de développer la maladie réside dans la bonne connaissance des périodes et zones à risque d'exposition et l'adoption de gestes de prévention (voir chapitre 4).

QUELLES SONT LES ORIGINES DE LA MALADIE DE LYME ?

La maladie a commencé à être décrite dès le XIX^e siècle en Europe, sous sa forme classique d'érythème migrant, et un lien avait déjà alors été établi entre piqûres de tiques et apparition de cette « tache rouge »⁴. Il fallut cependant encore plusieurs décennies pour la caractériser complètement et la nommer. La maladie tire en effet son nom de Lyme, petite ville du Connecticut (États-Unis), où elle a été officiellement identifiée en 1975. Au début des années 1970, un foyer important de cas d'une maladie initialement appelée « arthrite de Lyme » était apparu en effet dans cette localité et avait suscité l'attention des chercheurs. Après plusieurs années de recherche, c'est finalement en 1982 que la bactérie *Borrelia burgdorferi* a été identifiée comme étant l'agent pathogène responsable de la maladie. Plusieurs raisons expliquent le délai relativement long pour cette découverte, comme des signes cliniques atypiques pour une infection, notamment dans la phase initiale, les limitations technologiques de l'époque et les difficultés de culture et d'observation particulières aux spirochètes. Enfin, les premières hypothèses sur la maladie avaient constitué de fausses pistes (on avait pensé qu'il s'agissait de réactions auto-immunes), tandis que le rôle des tiques comme vecteurs de ces spirochètes ne fut confirmé que tardivement.

Or les origines de la maladie de Lyme sont bien plus anciennes, comme l'atteste aujourd'hui un faisceau d'éléments. L'histoire fascinante d'Ötzi, également connu sous le nom d'Homme des glaces, nous a apporté des éléments passionnants sur la vie des hommes préhistoriques en Europe, plus de 3 000 ans avant notre ère. Cette découverte a aussi permis de démontrer la présence ancienne de la maladie de Lyme dans les populations humaines. Son corps momifié, découvert dans les Alpes italiennes en 1991, a en effet révélé, grâce à des études sur l'ADN, une infection par *Borrelia burgdorferi*. La maladie était donc déjà présente chez l'humain il y a environ 5 300 ans, époque où les pierres de Stonehenge étaient érigées en Angleterre et où les premières formes d'écriture émergeaient en Mésopotamie.

4. https://www.revuebibiologimedicaled.fr/images/Biologie_et_histoire/326_MALADIE_DE_LYME_EUROPE_site.pdf (consulté le 08/10/2025).

Ötzi n'est cependant pas mort de la maladie, mais d'une blessure de flèche décochée par un poursuivant...

ALERTE AUX FAUSSES THÉORIES !

Malheureusement, comme souvent dans le domaine médical, des théories farfelues, voire complotistes, circulent sur l'origine de la maladie de Lyme. Une de ces théories prétend que la maladie de Lyme serait apparue à la suite de manipulations en laboratoire, quelques années après la Seconde Guerre mondiale : elle aurait été créée par des médecins nazis, travaillant secrètement sur une île de la côte est des États-Unis⁵. Néanmoins, cette histoire romanesque est contredite par de multiples faits, comme l'identification de l'agent pathogène par des analyses rétrospectives sur des échantillons de tiques (prélevées en 1945), ou chez des souris (prélevées en 1896 !). Enfin, sa découverte plus récente chez l'Homme des glaces, Ötzi, a repoussé plus encore l'origine de la maladie. Notons encore que la maladie de Lyme n'a pas les caractéristiques d'une arme bactériologique, car le taux de létalité reste globalement faible, et son temps de latence est très long. Hélas, d'autres virus ou bactéries font l'objet de craintes bien plus justifiées en matière de bioterrorisme ! On peut même aujourd'hui affirmer que l'origine de la maladie de Lyme remonte plus loin encore que le cas d'Ötzi. L'étude des génomes de *Borrelia burgdorferi*, avec des méthodes moléculaires permettant d'évaluer les temps de divergence, indique la présence de l'agent infectieux en Amérique du Nord depuis plus de 60 000 ans, bien avant l'arrivée des humains. Ces lignées bactériennes sont donc anciennes, mais trouvent actuellement des conditions favorables à leur développement, principalement en raison des changements climatiques et des écosystèmes. Notons enfin que les agents de la maladie de Lyme font partie d'un groupe plus large de bactéries, dont certaines sont connues depuis longtemps : c'est le cas des bactéries à l'origine des fièvres récurrentes, connues depuis au moins l'Antiquité. Des épidémies importantes de fièvre récurrente se sont notamment produites lors de périodes de guerres et de famines, contexte propice à un affaiblissement des systèmes immunitaires. Ce groupe d'espèces bactériennes de différents types est donc anciennement associé aux tiques et transmis par elles aux humains.

5. <https://theconversation.com/no-lyme-disease-is-not-an-escaped-military-bioweapon-despite-what-conspiracy-theorists-say-120879> (consulté le 08/10/2025).

L'ENCÉPHALITE À TIQUES

Le virus de l'encéphalite à tiques (TBEV), appartenant au genre *Flavivirus*, est un arbovirus transmis par les tiques. C'est un virus enveloppé, composé d'un ARN simple brin. Le sous-type circulant en Europe de l'Ouest induit des signes neurologiques chez l'homme pouvant laisser des séquelles graves et conduire à la mort dans 0,5 à 2 % des cas. Seuls 20 à 30 % des personnes infectées développeraient des signes cliniques, après une incubation de quelques jours en moyenne. Ces premiers signes sont des symptômes non spécifiques de type pseudo-grippal (fièvre, maux de tête, douleurs musculaires, fatigue). Puis 20 à 40 % d'entre eux, après une phase d'amélioration des symptômes de quelques jours, développent des signes neurologiques avec une très forte proportion de méningites ou de méningoencéphalites, entraînant généralement une hospitalisation. Il n'existe pas de traitements spécifiques contre ce virus, mais plusieurs vaccins assurent une très bonne protection. En Europe de l'Ouest, le virus circule naturellement entre la tique *Ixodes ricinus* et les micromammifères, principalement le campagnol roussâtre, le mulot à collier et le mulot sylvestre. Les autres mammifères peuvent être infectés par le virus, mais ne joueraient pas de rôle dans le cycle naturel de transmission du virus et très peu développeraient des signes cliniques, même si des cas ont été décrits chez les chiens ou les chevaux. Le rôle des oiseaux dans le cycle de TBEV n'est pas encore clarifié.

Il existe une très faible transmission verticale du virus par la femelle infectée à ses œufs. La transmission du virus se fait très généralement entre une nymphe *I. ricinus* infectée et des larves *I. ricinus* naïves se nourrissant sur les mêmes rongeurs. Quant aux tiques adultes, elles ne se nourrissent pas sur ces rongeurs et donc ne participent pas au cycle de transmission naturel du virus. La virémie chez les rongeurs, qui représente la quantité de virus disponible dans le sang et pouvant être retransmise à une tique, ne durerait que quelques jours (entre 3 à 7 jours, voire peut-être 20 jours). À titre de comparaison, les bactéries responsables de la maladie de Lyme (*Borrelia afzelii*) persistent plusieurs mois chez les rongeurs. Ainsi, pour TBEV, le maintien du cycle de transmission nécessite que les larves et les nymphes infectées

d'*I. ricinus* se nourrissent sur les mêmes individus, soit en même temps (par co-repas) soit à quelques jours d'intervalle. Ce mode de transmission peut expliquer qu'on retrouve généralement très peu de tiques à l'affût dans l'environnement (nymphe et adultes) infectées par le virus. En effet, dans la très grande majorité des études, le virus est détecté chez moins de 1 % des nymphes et environ 1 à 2 % des adultes d'*I. ricinus*. D'autres espèces de tiques sont capables d'être infectées, de maintenir et de transmettre en laboratoire le virus. C'est le cas de *Dermacentor reticulatus*, une espèce bien présente en France et dont les larves et les nymphes se nourrissent sur les rongeurs, et les adultes sur les moyens et grands mammifères (carnivores, ongulés...). Cependant, chez *D. reticulatus*, les nymphes sont actives bien plus tard que les larves dans la saison : cette espèce ne pourrait donc pas maintenir à elle seule le cycle de transmission du virus. Mais en se nourrissant sur les mêmes rongeurs que des tiques *I. ricinus* et au même moment, les larves de *D. reticulatus* peuvent s'infecter à leur tour et participer ensuite au cycle de transmission.

L'humain s'infecte le plus souvent *via* une piqûre de tique, mais possiblement aussi par la consommation de produits au lait cru contaminés. Les ruminants domestiques (vaches, brebis, chèvres), infectés à la suite d'une piqûre de tique, peuvent en effet excréter le virus dans le lait pendant plusieurs jours (de 3 à 23 jours) sans développer de signes cliniques. Le virus persiste dans le lait cru et les produits au lait cru (faisselle, fromages frais), alors que la pasteurisation permet d'éliminer le virus. En Europe, ce sont les produits au lait cru de chèvre qui sont responsables de la majorité des cas alimentaires de TBEV, les cas liés aux produits de brebis et de vaches étant moins fréquents. Cette différence peut être liée à une différence d'exposition aux tiques et aux virus, de quantité de virus excrété dans le lait, de persistance dans le lait et les produits dérivés (temps plus ou moins long d'affinage pour les fromages).

En Europe, les pays les plus touchés sont les pays d'Europe centrale, de l'Est et du Nord, allant de l'Allemagne à la Pologne, et de la Slovaquie à la Suède. La plupart des pays européens constatent une tendance à une augmentation du nombre de cas humains depuis les années 2000. En France par exemple,

un à dix cas d'infection humaine par an étaient rapportés entre 1968 et 2013 contre 10 à 40 depuis 2014. La distribution du virus est mal connue et celui-ci peut être mal diagnostiqué dans certaines régions. L'encéphalite à tiques est devenue une maladie à déclaration obligatoire en France seulement depuis mai 2021, ce qui aidera à avoir une meilleure estimation du nombre de cas et de leurs répartitions. Historiquement, les cas humains de TBE étaient surtout rapportés en Alsace, et un peu moins fréquemment en Savoie et Haute-Savoie. Depuis, des cas ont été rapportés plus largement dans la moitié est de la France. Des cas de contamination alimentaire ont été également rapportés, comme en 2020, avec 43 cas d'encéphalites ou de méningo-encéphalites suite à la consommation de produits laitiers caprins non pasteurisés venant d'un seul élevage de l'Ain.

VIRUS DE LA FIÈVRE HÉMORRAGIQUE DE CRIMÉE-CONGO (CCHF)

Le virus responsable de la fièvre hémorragique de Crimée-Congo (CCHF) appartient à la famille des Nairoviridae. C'est un virus enveloppé, composé d'un ARN simple brin, qui peut infecter l'homme et les animaux au cours d'une piqûre de tique du genre *Hyalomma* ou lors d'un contact avec le sang ou les fluides corporels d'un animal ou d'un humain déjà infecté. Dans la nature, le virus circule entre les tiques du genre *Hyalomma* et les animaux vertébrés. Les tiques une fois infectées restent longtemps porteuses du virus, mais pas les vertébrés (on parle pour eux de virémie transitoire). Si tous les vertébrés sont réceptifs au virus (à l'exception des oiseaux), seuls certains, comme les lièvres, les bovins ou les moutons, sont de « bons hôtes amplificateurs », développant une virémie assez élevée pour transmettre le virus aux tiques se nourrissant sur eux.

La fièvre hémorragique de Crimée-Congo est endémique en Afrique, dans les Balkans, au Moyen-Orient et en Asie. Entre 2013 et 2022, un total de 12 cas humains a été confirmé en Espagne, dont 4 ayant conduit au décès du malade. À ce jour, aucun cas humain autochtone n'a été décrit sur le territoire

français ; toutefois, des sérologies positives à la CCHF sont retrouvées chez des animaux domestiques et des animaux de la faune sauvage laissant suspecter une circulation virale locale dans plusieurs départements du sud de la France. Le 6 octobre 2023, le virus de la fièvre hémorragique de Crimée-Congo a été détecté pour la première fois dans des tiques du genre *Hyalomma* collectées sur des bovins élevés dans les Pyrénées-Orientales.

Les populations humaines à risque d'exposition au virus sont les professionnels, touristes et résidents pratiquant des activités en milieu extérieur des régions où l'on trouve des tiques *Hyalomma* infectées, mais également les médecins et infirmières soignant les malades, ou encore les vétérinaires, chasseurs, employés des abattoirs susceptibles d'être en contact avec les fluides des animaux infectés. Chez l'être humain, les symptômes sont généralement bénins et non spécifiques, mais peuvent parfois évoluer vers une phase hémorragique. En 2012, une étude menée en Turquie (Bodur *et al.*, 2012) a montré que 88 % des infections à la CCHF étaient subcliniques (356 patients présentaient des IgG anti-FHCC positifs sans avoir eu aucun symptôme en zone d'endémie active). Le reste des cas, 12 % donc, présentait des symptômes cliniques.

Hyalomma marginatum a progressé en Europe ces dernières années, par exemple en France. En raison du changement climatique et de l'augmentation des températures, cette espèce, adaptée aux climats chauds et secs, y trouve en effet des conditions de plus en plus favorables, particulièrement dans les régions du sud au climat méditerranéen, comme les Pyrénées-Orientales et la Provence-Alpes-Côte d'Azur. En outre, le déplacement des tiques par les animaux, comme les oiseaux migrateurs ou les mammifères (*via* notamment les transports de bétail), contribue à leur propagation.

Bien que la CCHF ne soit pas encore endémique en France, l'installation de cette tique sur le territoire augmente donc le risque de propagation de cette pathologie, d'autant plus que le virus est présent dans certaines populations animales en Afrique du Nord et en Asie. En effet, les animaux sauvages, tels que les ongulés et les ruminants, peuvent être infectés par le virus de la

CCHF sans nécessairement montrer de symptômes. L'extension de *Hyalomma marginatum* pourrait ouvrir la voie à de nouveaux foyers de CCHF en Europe, entraînant des risques pour la santé publique. Plusieurs campagnes de surveillance sont mises en place pour détecter cette tique, notamment dans les zones rurales et agricoles où l'exposition humaine au risque est plus élevée. En parallèle, des recherches sont menées pour mieux comprendre les conditions favorisant la propagation du virus et pour développer des stratégies de gestion visant à limiter les contacts entre les tiques porteuses et les humains.

ANAPLASMOSSES

L'anaplasmose granulocytaire chez l'homme et chez les animaux, appelée aussi ehrlichiose chez les bovins, les ovins et les équidés, est due à *Anaplasma phagocytophilum*. Il s'agit d'une alphaprotéobactérie de l'ordre des Rickettsiales, proche des *Ehrlichia*. La bactérie est strictement intracellulaire (chez les vertébrés, elle vit dans les globules blancs) et transmise majoritairement par la piqure de tiques du genre *Ixodes* (*I. ricinus* en France). Chez l'être humain, la fréquence et la gravité des cas diffèrent entre les continents européens et américains. Aux États-Unis, le nombre de cas annuels est d'environ 3 000 à 5 000 cas, avec 30 à 50 % des cas nécessitant une hospitalisation et avec des complications pouvant engager le pronostic vital qui surviennent dans 3 à 7 % des cas. Par comparaison, le nombre de cas observés est beaucoup plus faible en Europe. Par exemple, en France, seulement 10 à 15 cas sont diagnostiqués annuellement. Cette bactérie est pourtant largement présente en Europe, couvrant la totalité de l'aire de distribution des tiques *Ixodes*, avec des niveaux de prévalence dans les tiques (pourcentage de tiques porteuses) similaires à ce qui est observé aux États-Unis.

Le tableau clinique diffère aussi chez les animaux et notamment les ruminants domestiques (vaches, brebis), mais dans le sens inverse : très peu de cas cliniques sont décrits aux États-Unis, alors qu'en Europe les cas d'ehrlichiose bovine et ovine à *A. phagocytophilum* sont endémiques et entraînent d'importantes pertes

économiques. En effet, ils induisent chez ces animaux des pertes de production de lait, de la fièvre, des affections articulaires et pulmonaires ainsi que des avortements. Il y a également des cas cliniques décrits chez les chevaux et les chiens. Ces observations suggèrent donc des différences de pathogénicité et de tableau clinique chez l'être humain et l'animal domestique entre les souches majoritairement présentes en Amérique du Nord et en Europe. L'analyse des génomes de ces souches montre que les souches américaines ont été introduites à partir de l'Europe et présentent une diversité génétique beaucoup plus faible que celle observée en Europe (Aardema, 2023).

La bactérie *A. phagocytophilum* est retrouvée chez un très grand nombre d'espèces sauvages et domestiques : ongulés, canidés, micromammifères, oiseaux et même chauve-souris. Chez certaines espèces comme le chevreuil et le cerf, on peut même observer des prévalences qui dépassent 90 % (Hornok *et al.*, 2018). En Europe, les études phylogénétiques ont mis en évidence différents variants associés préférentiellement à une espèce hôte, suggérant des cycles très séparés, avec des variants spécifiques des micromammifères, d'autres spécifiques des chevreuils, ou encore d'oiseaux, et d'autres variants partagés entre les bovins et les cerfs élaphe. Les réservoirs des souches responsables des cas humains ne sont toujours pas clairement identifiés à ce jour. De plus, les différences génétiques entre souches d'*A. phagocytophilum* sont très importantes, au point qu'on pourra peut-être les scinder à terme en plusieurs espèces. Il y a donc un besoin de recherche important pour mieux comprendre la diversité et les cycles de transmission de cette bactérie.

Une autre espèce du genre *Anaplasma*, *A. marginale*, est responsable de l'anaplasmose chez les ruminants, principalement les bovins, pouvant entraîner des pertes économiques importantes. Cette bactérie est largement répandue dans le monde, notamment en Asie, en Afrique, en Australie, en Amérique centrale et du Sud, ainsi qu'en Europe dont la France. Elle est cependant plus fréquente chez les bovins en régions tropicales et subtropicales. Les animaux atteints peuvent souffrir de fièvre, anémie, ictère, faiblesse et détresse respiratoire, pouvant entraîner

une diminution de la production laitière, des avortements et des problèmes d'infertilité.

Également au sein du genre *Anaplasma*, on découvre encore de nouvelles espèces zoonotiques, avec par exemple l'espèce *A. capra* qui a été découverte sur des chèvres en Chine seulement en 2012. Des cas humains dans ce même pays ont montré son caractère transmissible et pathogène pour l'homme. Cette espèce qui semblait au départ uniquement asiatique a été découverte récemment en Europe, en plusieurs endroits : chez des animaux domestiques en Corse, dans un zoo en France continentale, et dans la faune sauvage (chevreuils) en Espagne (Altay *et al.*, 2024). Les échantillons européens étant très proches génétiquement les uns des autres, on peut penser qu'il s'agit d'une introduction récente de cette bactérie pathogène à l'occasion d'échanges commerciaux d'animaux domestiques, mais ce n'est pas encore démontré. Une nouvelle espèce d'*Anaplasma* zoonotique a quant à elle été découverte récemment dans les forêts tropicales de Guyane, où elle cause l'anaplasmose de Sparouine (voir chapitre 3). Une surveillance globale vis-à-vis des *Anaplasma* est donc nécessaire pour éviter un risque d'émergence de maladies, ou de diffusions de nouveaux agents pathogènes.

AUTRES MALADIES DUES À DES BACTÉRIES

D'autres bactéries sont susceptibles d'être transmises par les tiques, causant d'autres maladies. C'est le cas des rickettsies (notamment *R. slovaca*) responsables du syndrome Tibola (*Tick Borne Lymphadenopathy*), transmises par une piqûre de tique du genre *Dermacentor*. Ce syndrome se caractérise par des symptômes précoces, avec le plus souvent une lésion en forme de tache brune ou « escarre d'inoculation » au niveau du site de piqûre, souvent localisé sur le cuir chevelu, associée à une adénopathie cervicale douloureuse du côté correspondant et parfois de la fièvre, des maux de tête, une fatigue plus ou moins persistante et une perte localisée des cheveux. D'autres bactéries du même groupe transmises par les tiques causent des maladies particulières dans différentes régions du monde, comme la fièvre boutonneuse

méditerranéenne (FBM). Cette maladie est transmise par une tique piquant généralement les chiens (*Rhipicephalus sanguineus*), avec une incidence moyenne annuelle de 50 cas pour 100 000 habitants dans le sud de la France. Ces maladies (Tibola et FBM) sont traitées par antibiothérapie.

Chez l'animal en milieu tropical, la bactérie *Ehrlichia ruminantium* (ER), également du groupe des Rickettsiales, est responsable d'une maladie pouvant être mortelle pour les ruminants, la cowdriose. Le cycle naturel implique une circulation entre les ruminants et les tiques du genre *Amblyomma*. La cowdriose est très présente en Afrique subsaharienne, dans l'océan Indien (dont la Réunion et Mayotte) et aussi dans la Caraïbe (en Guadeloupe et à Antigua). Elle est considérée comme une des maladies vectorielles les plus importantes dans les tropiques, avec la theilériose et la trypanosomose (transmise par les mouches tsé-tsé). Elle représente en particulier un obstacle au développement de l'élevage *via* l'amélioration génétique des performances des races locales par l'importation de races exotiques ou même d'animaux provenant de zones sans cowdriose qui sont très sensibles à cette maladie.

En effet, cette maladie cause une mortalité importante chez les animaux en provenance de zones non endémiques. Dans les formes suraiguës, les animaux meurent en quelques heures, ne présentant qu'une forte hyperthermie. Dans les formes aiguës, subaiguës ou chroniques, d'autres symptômes apparaissent, essentiellement nerveux, mais aussi pulmonaires et digestifs. La maladie passe souvent inaperçue chez les bovins nés et élevés dans la zone de présence habituelle de la cowdriose, avec une mortalité assez faible. Les bovins acquièrent de fait une immunité protectrice, dès leur plus jeune âge, qui est ensuite entretenue régulièrement. Les veaux, rapidement infestés par une grande quantité de tiques vectrices, contractent généralement la cowdriose lorsqu'ils sont encore protégés par les anticorps maternels, si bien que la maladie a relativement peu d'effets. On se trouve alors en situation de « stabilité enzootique » avec peu de cas cliniques. Cependant, dans des zones peu infestées par les tiques, les petits ruminants (moutons, chèvres) ne seraient pas suffisamment exposés pour développer une immunité protectrice et seraient

plus fréquemment atteints cliniquement que les bovins. Ainsi, l'importance clinique d'une maladie transmise par les tiques en élevage peut varier fortement d'une zone à l'autre, en fonction de l'abondance de vecteurs et de l'agent pathogène, ou encore des communautés d'hôtes présentes. Des recherches de vaccins contre les ER ont été menées, mais se heurtent à leur grande variabilité génétique.

LES ORIGINES ET LA GESTION DE LA COWDRIOSE AUX ANTILLES

La cowdriose, maladie pouvant être mortelle pour les petits ruminants, a été la raison principale de la mise en place de programmes d'éradication, puis de lutte de la tique *Amblyomma variegatum*, de 1994 à 2008 dans certaines îles des Caraïbes. En 2008, la tique n'avait été éradiquée que dans certaines îles, et son introduction est actuellement redoutée aux États-Unis. La présence de cette tique et de la cowdriose en Caraïbe s'inscrit dans l'histoire du commerce triangulaire et de l'importation de bétail depuis l'Afrique de l'Ouest, à compter du milieu du XVIII^e siècle et jusqu'au XIX^e siècle. Le fait que les souches caraïbes de la bactérie responsable (ER) ont une variabilité qui semble aussi importante qu'en Afrique, le berceau d'origine, suggère que des mouvements importants ont eu lieu. Une approche plus poussée grâce au séquençage de génomes complets de bactéries serait très utile pour retracer l'histoire de ces infestations et mieux comprendre et gérer cette maladie.

Citons enfin le cas de la tularémie. Cette maladie peut être fulgurante et mortelle pour l'être humain, et suscite une inquiétude croissante notamment dans les régions où certains foyers apparaissent, en France par exemple. La maladie est causée par la bactérie *Francisella tularensis*, qui peut affecter l'humain, mais aussi de très nombreux autres mammifères. Les symptômes sont si graves que l'on considère cette bactérie comme un agent potentiel de bioterrorisme ! La question du rôle des tiques dans leur transmission n'est pas encore complètement établie, car si l'on considère que la majorité des cas nord-américains sont liés à des piqûres de tiques (plusieurs espèces de tiques

du genre *Dermacentor*, ainsi qu'*Amblyomma americanum*, selon les régions des États-Unis), d'autres voies de transmissions ont été identifiées : contact avec des animaux malades (par ex. chasseurs qui manipulent le gibier chassé), piqûres par d'autres arthropodes, aérosols, etc. Enfin, comme on l'a vu avec la cowdriose, il est important de bien connaître la variabilité génétique des bactéries incriminées. En effet, les souches de type A, uniquement présentes en Amérique, sont nettement plus virulentes. Par ailleurs, certaines bactéries symbiotiques sont très proches génétiquement de *F. tularensis* (voir ci-dessous), et il est important de bien discriminer les deux sortes, pour ne pas fausser l'évaluation de la prévalence de *F. tularensis*. De nouvelles recherches devront être réalisées pour mieux évaluer cette diversité génétique chez cette bactérie et mieux préciser le rôle des tiques dans leur transmission.

LES PIROPLASMOSES ANIMALES

Parmi les agents pathogènes transmis par les tiques dans le monde, on trouve des protozoaires du groupe des Apicomplexes, appelés « piroplasmes » — ce groupe d'organismes unicellulaires auquel appartient également l'agent du paludisme ou malaria. Les Apicomplexes possèdent un « complexe apical » qui leur donne la capacité d'entrer dans les cellules des hôtes infectés. Les piroplasmes envahissent et se multiplient dans les cellules sanguines, entraînant leur destruction. Les piroplasmoses sont des affections fréquentes chez les animaux domestiques (chiens, chevaux, ruminants) et se traduisent par un abattement, une fièvre et une anémie d'apparition souvent brutale. L'infection peut conduire à la mort de l'animal, si elle n'est pas prise en charge rapidement. Elles sont également, mais heureusement rarement, décrites chez l'homme. Notons que les piroplasmoses ont un impact important sur l'élevage en contexte de climats chauds voire tropicaux (encadré), avec des pertes de rendement voire une mortalité importante du bétail.

BRÈVE HISTOIRE D'UNE LUTTE ACHARNÉE CONTRE LA BABÉSIOSE BOVINE AUX ÉTATS-UNIS

Deux tiques tropicales du genre *Rhipicephalus* (anciennement *Boophilus*), *R. (B.) annulatus* et *R. (B.) microplus*, réalisent tout leur cycle sur le bétail dans ces régions. Une grande part de la connaissance des tiques comme sources d'agents infectieux provient de leur étude et de la lutte historique menée contre ces espèces précises ! En effet, elles transmettent la babésiose bovine au bétail, causée dans la région sud des États-Unis–Mexique par deux espèces de parasites du genre *Babesia*, *B. bigemina* et *B. bovis* (une autre espèce étant présente en Europe, *B. divergens* et causant des symptômes équivalents). Ces parasites provoquent de sévères maladies aux bovins (fièvre intense, forte anémie, souvent suivie de la mort), et entraînent des pertes économiques considérables dans une grande partie des États-Unis d'Amérique au tournant du xx^e siècle. Ils peuvent également causer des problèmes de santé à l'homme en cas de piqure, mais avec des conséquences généralement moins sévères.

Ces deux espèces de tiques ainsi que ces *Babesia* auraient été apportées par les colons espagnols lors de leur conquête du Nouveau Monde. Lorsqu'elles arrivèrent dans les zones importantes d'élevage bovin (au Texas et en Floride notamment, mais ensuite aussi dans les États situés plus au nord ainsi que sur la côte ouest), les dégâts sur ces grands troupeaux non immunisés furent catastrophiques. S'ensuivit un plan de lutte acharnée pour contrôler très strictement les déplacements d'animaux, avec traitement régulier des bovins, conduits dans des fosses où ils étaient immergés entièrement dans des bains contenant des molécules acaricides. En une quarantaine d'années (entre 1900 et les années 1940), ces deux espèces de *Rhipicephalus* furent éradiquées avec succès d'une vaste zone couvrant plusieurs États américains, à l'exception d'une zone tampon frontalière. Ce fut un succès, malgré quelques retours sporadiques depuis cette époque et jusqu'à nos jours. Avec les tiques disparut en effet *Babesia*, et donc la maladie.

.../...

.../...

Ce résultat fut obtenu au prix d'efforts colossaux et en raison d'enjeux économiques vitaux pour le pays. Aujourd'hui, le problème représente toujours une menace, pas tant en raison des quelques retours accidentels (animaux échangés qui peuvent échapper à un contrôle et temporairement font ressurgir le couple *Rhipicephalus/Babesia* au nord de la frontière) qu'en raison de l'apparition de résistances aux acaricides. C'est bien ce phénomène qui constitue la véritable épée de Damoclès sur l'élevage bovin du sud des États-Unis et impose une vigilance constante et un effort de recherche sur de nouvelles méthodes de luttes anti-tiques (voir chapitre 4)⁶.

PARASITES MOINS CONNUS TRANSMIS PAR LES TIQUES

Si les tiques sont des vecteurs reconnus de virus, de bactéries et de protozoaires parasites d'importance médicale et vétérinaire, elles peuvent également héberger des nématodes filariens de la famille des Onchocercidae, communément appelés filaires ou filarioïdes. Les membres de la famille des Onchocercidae ont développé des cycles de vie parasitaires spécialisés chez les vertébrés terrestres et chez divers diptères hématophages (moustiques, moucheron piqueurs, tiques, etc.), qui sont les principaux vecteurs pour la plupart des espèces. Chez les hôtes vertébrés, les filarioïdes matures vivent dans le système circulatoire ou dans des tissus particuliers et libèrent des microfilaires dans le sang. Les microfilaires sont ensuite prises en charge par des vecteurs arthropodes hématophages, chez lesquels elles se développent en larves infectieuses pouvant être transmises à un nouvel hôte vertébré par de nouvelles piqûres. Certains filarioïdes causent des maladies humaines (filariose lymphatique, onchocercose) et animales (maladie du ver du cœur ou dirofilariose cardiaque chez le chien). Heureusement, les filaires à tiques sont différents. Ils appartiennent à un ensemble de genres, connus sous les noms de *Acanthocheilonema*, *Monanema*, *Yatesia*, *Cruorifilaria* et

6. Pour une histoire plus détaillée et illustrée, voir <https://www.nal.usda.gov/collections/stories/cattle-fever-ticks> (consulté le 08/10/2025).

Cercopithifilaria, et ne se rencontrent quasiment qu'au sein de la faune sauvage (on peut citer l'exemple de *Cercopithifilaria rugosicauda*, nématode spécifique du chevreuil, dont la tique *Ixodes ricinus* est le vecteur). Bien que certaines espèces puissent infecter les animaux domestiques comme le chien, aucune n'est connue pour infecter l'humain.

D'autres parasites à tique ont un cycle de vie encore plus étrange : les protozoaires des genres *Hemolivia* et *Hepatozoon*. Ce sont des parasites des globules rouges et blancs des vertébrés, couramment trouvés chez la faune sauvage, mais également domestique. Par exemple, *Hepatozoon canis* infecte les chiens et les renards, tandis que *Hepatozoon americanum* affecte principalement les chiens en Amérique du Nord. Comme beaucoup de parasites sanguins, ceux-ci nécessitent pour se développer une tique ou, pour certaines espèces, d'autres invertébrés se nourrissant de sang. La transmission des *Hemolivia* et *Hepatozoon* se produit non à la suite de piqûres par des tiques, mais par l'ingestion de tiques infectées et la libération des parasites dans le système digestif de l'animal qui a mangé ces tiques. L'infection par *Hepatozoon* peut entraîner de la fièvre, de la léthargie, de l'anorexie et des troubles musculosquelettiques. Heureusement, cette maladie ne concerne que les carnivores, aucun cas humain n'ayant été à ce jour déclaré.

TOUS LES MICROBES SONT-ILS INFECTIEUX ?

Si l'on recense une grande diversité d'agents pathogènes transmissibles par les tiques, la majeure partie des microorganismes qui y vivent sont en fait inoffensifs. De nombreuses espèces de bactéries sont par exemple associées durablement aux tiques et nécessaires à leur survie. Privées de ces bactéries symbiotiques, les tiques souffrent d'un arrêt précoce de développement ou ne peuvent plus se reproduire, ou du moins avec des performances réduites. L'impact de la perte des bactéries symbiotiques est cependant plus ou moins prononcé selon les espèces de tiques.

Toutes les tiques se nourrissent de sang, comme les moustiques ou les puces, mais, chez les tiques, cette hématophagie est stricte

(voir chapitre 1). Un tel régime alimentaire, ultraspécialisé, est une contrainte, car si le sang est une nourriture riche en protéines, il reste relativement pauvre en nutriments essentiels comme les vitamines B (dont la biotine, la riboflavine ou encore l'acide folique). N'ayant pas elle-même la capacité de synthétiser ces vitamines B (encadré), la tique devrait en théorie souffrir de carence nutritionnelle.

Or on a identifié, chez de nombreuses espèces de tiques, la présence de bactéries qui possèdent les gènes nécessaires pour réaliser la synthèse de vitamine B. Ces bactéries joueraient un rôle de complément des capacités métaboliques des tiques, comparable au cas de nombreux insectes dont l'alimentation est très spécialisée (sève, sang, etc.) et qui ont établi ce type de « partenariat » avec des bactéries au cours de l'évolution.

Chez les tiques, les bactéries symbiotiques ne font pas partie d'un organe spécialisé (comme le bactériocyte chez les pucerons, représentant une sorte de « sac » à bactéries symbiotiques) et se distinguent du microbiote intestinal qui, lui, reste au contact du sang ingéré lors du repas. Ces bactéries symbiotiques sont quant à elles des bactéries intracellulaires obligatoires — elles sont strictement inféodées à des cellules de tiques, cellules qui sont localisées dans différents organes, en particulier les ovaires.

Le mode de transmission dit transovarien de ces bactéries symbiotiques permet aux tiques d'être infectées dans le corps maternel, avant la ponte. Les mères tiques transmettent en effet ces bactéries symbiotiques dans leurs ovaires (organes où la concentration des bactéries symbiotique est maximale, au moment notamment du repas sanguin de la femelle adulte) à leurs oocytes, c'est-à-dire leur future progéniture. Tous les œufs de tiques sont ainsi porteurs de bactéries symbiotiques, ce qui contribue efficacement à maintenir l'association symbiotique d'une génération à l'autre.

Ce processus d'association avec des bactéries a donc permis le succès évolutif des tiques au sein de leur niche écologique, qui se traduit par la diversification des tiques et leur dissémination dans la plupart des écosystèmes terrestres.

L'HÉMATOPHAGIE, VIVRE DE SANG COMME SEUL ALIMENT

L'hématophagie est l'un des régimes alimentaires les plus spécialisés du règne animal. Ce type d'alimentation est apparu à plusieurs reprises dans l'évolution, chez plus de 7 400 espèces réparties entre insectes (punaises de lit, poux, moryons, mélophages, etc.), arachnides (tiques, mais aussi pléthore d'autres acariens), crustacés (quelques copépodes), annélides (sangues) et même mammifères (les vampires existent bien, ce sont trois espèces de chauves-souris !). Pourtant, le sang est un aliment déséquilibré : il est très riche en protéines, en fer et en sel, mais pauvre en glucides, en lipides et en vitamines. Pour pallier ces excès et ces carences, les génomes des hématophages stricts ont évolué de façon assez similaire par convergence évolutive, développant des adaptations génétiques qui favorisent la digestion de l'hémoglobine, la gestion des excès de fer et le maintien de l'équilibre osmotique. La vitamine B pose un problème particulier, car elle est présente en très faible quantité dans le sang. Les animaux (dont les hématophages) ne possèdent pas eux-mêmes de voies de synthèse des vitamines B et doivent donc les trouver dans leur alimentation. Pour résoudre ce problème, les hématophages stricts (dont les tiques) ont ajouté à leur microbiome des symbiotes capables de produire ces vitamines B indispensables à leur survie.

PATHOGÈNE OU SYMBIOTE ? DIFFÉRENTES TRAJECTOIRES POUR UNE MÊME ORIGINE

L'analyse des génomes et les approches phylogénétiques nous aident à comprendre comment ces symbioses sont apparues. Par exemple, les genres de bactéries *Francisella* ou *Coxiella* contiennent des espèces particulièrement virulentes pour l'homme et les autres vertébrés. C'est le cas de *Francisella tularensis*, responsable de la tularémie (voir ci-dessus), et de *Coxiella burnetii*, responsable de la fièvre Q. Étonnamment, certaines bactéries symbiotiques de tique appartiennent exactement aux mêmes genres bactériens. Cela implique qu'à partir d'un ancêtre

commun certaines lignées de *Francisella* et de *Coxiella* ont donc évolué vers la symbiose avec les tiques, tandis que d'autres ont évolué vers la virulence envers les vertébrés, dont l'humain. La découverte de *Francisella* et de *Coxiella* symbiotiques chez les tiques a modifié le regard que l'on avait sur les tiques et les bactéries qui leur sont associées.

Jusqu'au milieu des années 2010, l'observation de *Francisella* et de *Coxiella* chez les tiques était interprétée comme un indicateur de transmission de la tularémie et la fièvre Q. Mais on sait désormais que la grande majorité des *Francisella* et des *Coxiella* de tiques sont en fait des formes symbiotiques, non pathogènes et sans risque infectieux. Ce qui était pris comme un risque sanitaire majeur auparavant ne l'est plus désormais grâce aux progrès de la recherche.

Un autre exemple illustre la complexité d'une complète compréhension des associations entre tiques et bactéries. Il s'agit de la bactérie *Midichloria*, associée à certaines espèces de tiques, et qui parasite leurs mitochondries. On a pensé au moment de sa découverte qu'elle pouvait être un nouvel agent pathogène transmis par les tiques (Mariconti *et al.*, 2012). Il semble probable aujourd'hui qu'elle joue le rôle de symbiote nutritionnel *via* la fourniture de vitamine B (encadré). Cette relation symbiotique illustre les interconnexions étroites qui peuvent se créer au sein du vivant, permettant ici le succès évolutif du couple tique-symbiotes, avec l'occupation de nouvelles niches écologiques par les ancêtres des tiques actuelles. Cela explique leur présence et leur abondance dans des écosystèmes diversifiés.

LE MICROBIOME DES TIQUES : UN ÉCOSYSTÈME STRUCTURÉ SELON LES ORGANES

Les agents pathogènes bactériens (résidents temporaires) transmissibles aux hôtes vertébrés et les bactéries symbiotiques (résidents permanents) permettant d'optimiser la nutrition des tiques, ou encore les nombreuses bactéries commensales également présentes (voir ci-dessous), composent ce que l'on appelle le microbiote. Les tiques hébergent ainsi une communauté

LE CAS ORIGINAL DE LA BACTÉRIE SYMBIOTIQUE *MIDICHLORIA*

Les *Midichloria* sont un genre de bactéries intracellulaires associées aux tiques. Fait unique, ces bactéries de très petite taille colonisent les mitochondries, c'est-à-dire les organites responsables de la production d'énergie dans les cellules eucaryotes — rappelons que les mitochondries sont elles-mêmes d'anciennes bactéries qui ont établi une symbiose avec les cellules à noyau à l'origine du vivant. Ce mode de vie intramitochondrial est donc tout à fait inhabituel.

Le nom *Midichloria* est un hommage à l'univers de la saga *Star Wars*, où les « midichloriens » sont des entités microscopiques interagissant avec la Force — un taux élevé de « midichloriens » dans son sang donnant ses pouvoirs au jeune Anakin Skywalker ! Les chercheurs ont découvert ces bactéries chez les tiques très peu de temps après la sortie de l'épisode I de *Star Wars*, ce qui a inspiré le nom de *Midichloria*, avec l'accord des auteurs de la saga. On peut se le demander, en plaisantant : les *Midichloria* confèrent-elles bien la Force aux tiques ? En réalité, on n'a pas encore parfaitement caractérisé les échanges nutritionnels entre *Midichloria* et son hôte. Chez *I. ricinus*, 100 % des larves de tiques sauvages portent la bactérie, mais celle-ci peut être perdue dans des lignées de tiques maintenues en élevage. Le cycle reproductif reste donc fonctionnel même sans bactéries.

Cependant, une étude récente a montré que, lorsque les tiques de l'espèce *I. ricinus* sont privées de leurs symbiotes (on administre pour cela des antibiotiques aux tiques par injection ou bien *via* un dispositif de gorgement artificiel sur une membrane), les larves ont du mal à réaliser leur repas sanguin et une proportion importante ne peut opérer la métamorphose qui les amène au stade nymphe (Guizzo *et al.*, 2023). On peut donc penser que des lignées de tiques qui perdraient la bactérie symbiotique seraient rapidement éliminées par la sélection naturelle, dans les conditions environnementales habituelles de ces organismes.

Les *Midichloria* ont la capacité de synthétiser deux vitamines B, la biotine (B₇) et l'acide folique (B₉), car leur génome, s'il est très réduit (comme souvent chez les bactéries n'ayant plus de mode de vie « libre »), a conservé toutes les briques (les gènes) nécessaires à la voie de synthèse de ces vitamines. On peut donc penser que *Midichloria* est un nouvel exemple de symbiote nutritionnel, participant à la croissance des tiques.

microbienne diversifiée selon les différents organes. En effet, chaque organe constitue, du point de vue bactérien, un écosystème distinct, habité par des microbes aux rôles et modes de transmission variés. Chaque tissu de tique possède donc son microbiote : glandes salivaires, ovaire, tube digestif, etc. (figure 6).

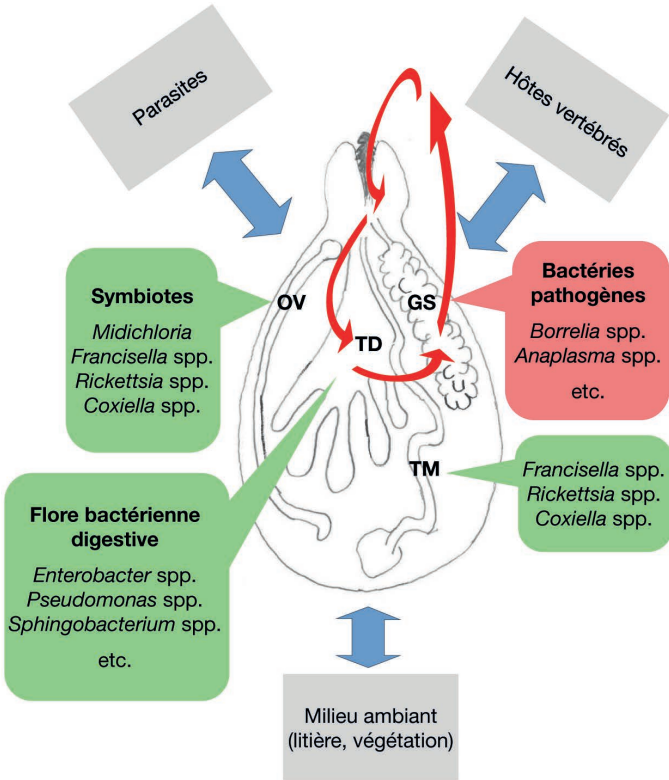


Figure 6. Localisation des microbiotes des tiques et des agents infectieux. Chaque organe possède un microbiote particulier. Les bactéries symbiotiques se concentrent dans l'ovaire (OV), tandis que le tube digestif (TD) possède une flore spécifique, tout comme les tubes de Malpighi (TM), les glandes salivaires (GS) ou encore la cuticule externe. Les échanges microbiens avec des éléments externes (hôtes vertébrés, milieu, parasites — insectes parasitoïdes, par exemple) sont représentés par des flèches bleues. Le cycle des bactéries pathogènes pour des vertébrés (dont l'humain) est représenté par des flèches rouges.

Certaines bactéries ont des organes de prédilection, mais peuvent occuper d'autres organes. Les bactéries pathogènes s'abritent en général dans le tube digestif, avant de rejoindre les glandes salivaires au moment du repas de sang suivant.

Parmi les organes clés, le tube digestif des tiques joue un rôle central dans l'acquisition et la transmission des agents pathogènes. C'est en effet le site d'entrée des agents infectieux, lorsqu'une tique effectue son repas sanguin sur un animal infecté. Le microbiome intestinal agit alors comme un régulateur, influençant la capacité des agents pathogènes à coloniser et à survivre, et modulant les réponses immunitaires de la tique. Les agents pathogènes doivent ensuite franchir les barrières intestinales pour se propager dans l'organisme de la tique et atteindre les glandes salivaires, une étape critique pour le succès de leur transmission, car c'est à travers la salive qu'ils sont injectés dans l'hôte vertébré.

Les ovaires des tiques jouent un rôle crucial dans la transmission des symbiotes mutualistes, tels que les bactéries du genre *Coxiella*. Ces symbiotes sont en effet transmis de la femelle à sa descendance par voie transovarienne ou « verticale » (voir ci-dessus), garantissant leur persistance au sein des populations de tiques. Certains agents pathogènes peuvent également se transmettre par voie transovarienne, leur permettant de persister temporairement dans les populations de tiques même en l'absence d'hôtes vertébrés infectés. Toutefois, le faible taux d'infection des œufs limite souvent la portée de ce mode de transmission chez les agents pathogènes.

Les tubes de Malpighi (voir figure 4), qui forment le système excréteur des tiques et jouent un rôle similaire à celui des reins, sont également impliqués dans l'hébergement de symbiotes mutualistes. Bien que moins étudiés que le tube digestif ou les glandes salivaires, ces organes abritent une communauté bactérienne restreinte mais essentielle (pour la synthèse de vitamine B, voir ci-dessus, le précédent encadré).

La cuticule, couche externe protectrice des tiques, héberge un microbiome influencé principalement par des facteurs environnementaux et les hôtes sur lesquels les tiques se nourrissent. Composé de bactéries commensales ou de champignons entomopathogènes,

provenant du sol, de la végétation ou de la peau des hôtes vertébrés, le microbiome de la cuticule dépend des interactions externes. Il pourrait avoir des rôles indirects dans la biologie des tiques, par exemple en modulant les interactions avec des prédateurs naturels ou des agents pathogènes environnementaux.

La composition du microbiome est, de plus, très variable selon les espèces, voire selon l'environnement des individus d'une même espèce, comme le montre la comparaison de tiques élevées en laboratoire et de leurs congénères sauvages. Des recherches futures seront nécessaires pour pleinement comprendre l'origine d'une si grande variabilité de ces microbiotes, et leur impact sur la biologie des tiques.

MICROBIOTE ET TRANSMISSION DES AGENTS PATHOGÈNES

Enfin, l'étude des interactions entre tiques et microbes offre des pistes pour développer des stratégies de lutte innovantes contre les tiques et les maladies qu'elles transmettent. En ciblant les interactions spécifiques entre microbiomes et agents pathogènes, il serait possible d'exploiter cette diversité microbienne pour réduire la propagation des agents pathogènes et protéger les populations humaines et animales (voir chapitre 4).

Un aspect important et encore peu exploré des interactions entre tiques et symbiotes est l'influence de ces symbiotes sur la capacité des tiques à transmettre des bactéries pathogènes à leurs hôtes. Y a-t-il des effets de compétition entre ces bactéries aux intérêts et aux modes de transmission bien différents ? Les unes (les symbiotes) sont-elles exploitées par les autres (les bactéries pathogènes) pour être tolérées et se multiplier dans la tique, avant de se transmettre aux animaux vertébrés ?

Les relations que les tiques forment avec les bactéries symbiotiques ou non symbiotiques s'inscrivent donc dans un système très complexe, qui reste à explorer pour en comprendre l'évolution et le fonctionnement, et éventuellement agir dessus pour contrôler les populations de tiques.



3. COMMENT DÉFINIR ET MESURER LE RISQUE LIÉ AUX TIQUES ?

Pour bien comprendre le risque que posent les tiques, il est important de détailler chacune des étapes qui le définissent (risque de piqûre, risque de transmission d'un agent pathogène, risque de déclenchement d'une maladie, etc.). Dans ce chapitre, nous nous attacherons à préciser les composantes du risque, ainsi qu'à dresser un bref portrait de la façon dont les chercheurs étudient les tiques et organisent des réseaux pour collecter des données sur les populations de tiques, surveiller certaines maladies et mieux comprendre leur dynamique.

COMMENT COMPRENDRE ET SUIVRE LE RISQUE ?

La transmission d'un agent pathogène par une tique n'est possible que si des tiques infectées sont présentes dans l'environnement et que ces tiques se retrouvent en contact avec un humain ou un animal sensible, sur un pas de temps suffisamment long pour permettre la transmission. De plus, lorsqu'une tique infectée rencontre un hôte sensible, cela ne se traduit heureusement pas systématiquement par l'apparition d'une maladie. Un certain nombre de barrières sont susceptibles de se mettre en place empêchant la transmission, la diffusion du pathogène dans l'organisme et l'apparition de la maladie. Comme pour toute infection, l'organisme infecté va en effet développer une défense à l'encontre de l'agent infectieux.

Le risque pour un humain ou un animal de développer une maladie due à un agent infectieux transmis par les tiques à un endroit donné est une probabilité qui dépend ainsi :

- de l'abondance et de la distribution de tiques infectées par cet agent infectieux dans ce lieu (le « danger ») ;

- du contact de la personne ou de l'animal avec ces tiques (l'« exposition ») ;
- de la « vulnérabilité » de l'animal ou de la personne à développer des signes cliniques, une fois le contact réalisé.

La combinaison de tous ces facteurs est donc complexe (figure 7), et s'il y a bien un risque infectieux lors d'une piqûre de tique, c'est seulement un risque et pas une certitude. Une démarche rationnelle implique une prise de conscience et une évaluation de ce risque, une adaptation des comportements et une vigilance importante vis-à-vis des piqûres.

En France, la tique *Ixodes ricinus* pique le plus fréquemment l'être humain et les animaux, et est responsable de la transmission de nombreux agents pathogènes. Nous parlerons surtout de cette espèce dans ce chapitre.

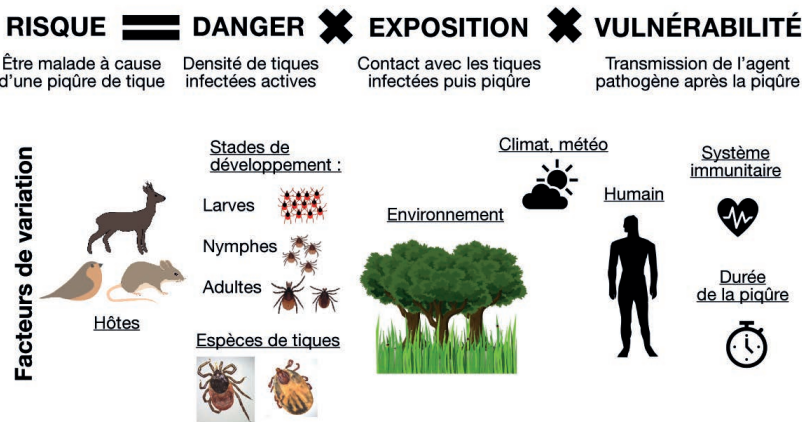


Figure 7. Les composantes du risque.

Le risque associé aux tiques se décompose en trois phases : le danger, l'exposition et la vulnérabilité.

LA NOTION DE DANGER : OÙ ET QUAND TROUVE-T-ON LES TIQUES ?

Les tiques se rencontrent dans une grande variété d'environnements, si l'on prend en compte l'ensemble des espèces (voir

chapitre 2). La tique *Ixodes ricinus* est plutôt adaptée aux milieux frais, on la trouve ainsi plus facilement dans des lieux comme la litière de feuilles en forêt, ou les bordures boisées d'un étang. Toutefois, on peut également la retrouver dans tous les espaces végétalisés : prairies, parcs et même jardins privés, lorsque les conditions pour sa survie sont remplies (humidité et présence d'hôtes nourriciers). Elle est particulièrement active au printemps et en automne, quand les températures sont douces. Cette saisonnalité varie cependant en fonction des zones climatiques en France. Dans les régions de climat océanique, plus tempérées et humides (comme en Bretagne), les tiques peuvent être actives tout au long de l'année, même en hiver si les températures restent douces. Dans des régions aux climats semi-continentaux et continentaux, chauds et secs en été, comme l'est ou le sud de la France, leur activité va être très restreinte pendant les mois les plus chauds de l'été, lorsque les conditions rendraient difficile leur survie.

Comme nous l'avons vu au chapitre 2, les espèces dites endophiles préfèrent quant à elles attendre leurs hôtes dans les cavités ou les terriers fréquentés par leurs hôtes. Elles sont donc moins exposées aux conditions environnementales et piquent rarement les humains. On trouve par exemple *Ixodes hexagonus* tout le long de l'année sur ses hôtes, avec peu de différences entre les saisons. Les tiques *Rhipicephalus sanguineus*, abondantes dans le sud de la France en climat méditerranéen, ont développé une spécificité étroite avec le chien, leur hôte préféré. On trouvera ainsi de fortes populations dans les chenils du sud de la France, où toutes les conditions sont remplies pour leur multiplication. S'il fait très chaud et sec, elles iront trouver refuge dans les anfractuosités des murs et en ressortiront dès que les conditions deviennent plus clémentes pour réaliser leur repas de sang.

On peut aussi trouver des tiques à l'intérieur des maisons. Ces tiques peuvent s'y introduire par exemple en étant accrochées aux vêtements des personnes. Elles peuvent piquer ensuite la personne qui remet ces mêmes vêtements le lendemain ou une autre personne qui passe à proximité. Les tiques peuvent aussi y être introduites par les chiens et les chats (*Ixodes ricinus*, *Dermacentor* spp.). Les chiens surtout peuvent ainsi entretenir des cycles intramuros de tiques spécialisées (*R. sanguineus*, voir

ci-dessus) qui se concentrent dans leurs paniers... ou dans le canapé ! Traiter par acaricides nos compagnons est alors une nécessité pour leur santé et la nôtre. Plus rarement, ce sont les tiques du pigeon, *Argas reflexus*, qui s'invitent dans la maison, même en plein centre-ville, et peuvent piquer l'humain. Cette infestation fait en général suite à des travaux qui ont condamné la zone de nidification des pigeons (obstruction des combles, aménagement en pièce d'habitation, etc.). Les tiques du pigeon se retrouvent alors privées de leurs hôtes préférentiels et cherchent donc de nouveaux hôtes de substitution. Elles peuvent être remarquablement patientes et survivre une dizaine d'années dans ces conditions.

Y a-t-il des zones plus infestées que d'autres par les tiques ?

Pour se développer, une tique a besoin d'un environnement favorable à sa survie et d'hôtes nourriciers indispensables à la réalisation de son cycle de vie (chapitre 1). L'abondance de tiques varie fortement spatialement, que ce soit au sein d'une même forêt, entre deux forêts ou entre deux régions. Une fois détachées de leurs hôtes, les tiques ne se déplacent que de quelques centimètres à quelques mètres. En conséquence, la présence d'une tique à un endroit donné est révélatrice de plusieurs choses : elle indique d'abord que cette tique (ou sa mère) s'est auparavant nourrie du sang d'un animal, et que cette tique (ou sa mère) s'est détachée de l'animal hôte tout près de cet endroit, dans un rayon de quelques mètres. La présence de la tique indique aussi tout simplement que le milieu local a permis sa survie, et donc qu'elle a trouvé un microclimat favorable. Ce microclimat est déterminé par les paramètres météorologiques de l'air (macroclimat), mais aussi par l'habitat au niveau du sol (litière, végétation), ainsi que par la végétation environnante. Enfin, l'abondance des tiques est également influencée par la présence de prédateurs (par ex. les fourmis ou les araignées), et bien sûr aussi par l'abondance des hôtes indispensables à la réalisation de leur repas de sang.

Du fait de la forte hétérogénéité locale, il est donc difficile de quantifier l'abondance de tiques à l'échelle d'une forêt entière, et encore plus difficile à l'échelle d'une région. À l'échelle d'un

jardin, l'abondance des tiques va dépendre de tous ces paramètres (microclimat, macroclimat, passage d'hôtes, etc.) et aussi de la proximité de zones naturelles favorables aux tiques, servant de source d'introduction régulière *via* le mouvement des hôtes.

Y a-t-il des années à tiques ?

L'abondance des tiques peut varier fortement d'une année sur l'autre, en fonction des conditions météorologiques et de la disponibilité en hôtes. Pour mieux comprendre ces variations, il faut rappeler le cadre temporel du cycle de vie d'une tique. Pour les tiques dures, alors que les repas de chaque stade ne durent que quelques jours, les phases de métamorphose (de la larve en nymphe ou de la nymphe en adulte) ou de ponte des œufs vont durer plusieurs jours à quelques mois, la durée variant en fonction des espèces et de la température. Après la métamorphose, il y a généralement une phase de repos des tiques qui dure quelques jours à quelques semaines selon les espèces, avant que les tiques ne cherchent ensuite activement un hôte. La période d'activité de recherche d'un hôte ne se fera que lorsque les conditions météorologiques sont favorables, sinon la tique se met en pause (appelée « diapause »). La durée totale du cycle de vie d'une tique (« de l'œuf à l'œuf ») varie donc fortement selon les espèces. Pour la tique *I. ricinus*, elle est de deux à quatre ans — en France, on considère en effet qu'il faut généralement un an entre chaque stade (larve, nymphe, adulte). Les nymphes que l'on observe dans la végétation à un moment donné se sont donc probablement nourries en tant que larves plusieurs mois à une année auparavant. À l'inverse, la tique *D. reticulatus*, que l'on retrouve souvent sur les chiens ou les chevaux, fait tout son cycle en un an seulement. Les nymphes de *D. reticulatus* observées à un moment donné se sont donc probablement nourries sur leurs hôtes seulement quelques semaines avant. Avec ces cycles longs, les tiques sont donc exposées aux variations environnementales (météo, hôtes) sur plusieurs années, ce qui doit être intégré pour comprendre les dynamiques interannuelles de leur abondance.

Une importante source de variation interannuelle est la disponibilité en hôtes. En milieu forestier, les micromammifères (petits

rongeurs tels que campagnols ou mulots) sont les hôtes principaux du stade larvaire de la tique *I. ricinus*. Leurs populations varient énormément d'une année sur l'autre avec des années à très forte abondance (par ex. 80 individus par hectare) suivie d'années à très faible abondance (par ex. 5 individus/ha), en lien notamment avec la disponibilité de leur nourriture (glands, faines) qui est elle-même une ressource très irrégulière (la quantité de glands et de faines produite par les chênes et les hêtres varie beaucoup d'une année à l'autre). Le nombre de larves d'*I. ricinus* réussissant à trouver un hôte et à se nourrir augmente avec l'abondance de micromammifères. Ainsi, les années à forte abondance de micromammifères sont généralement suivies par une année de forte abondance de nymphes dans l'environnement, et ceci lorsque les conditions météorologiques ont été également favorables. En effet, l'autre source de variations sont les conditions météorologiques de l'année en cours et de l'année précédente. Par exemple, si les conditions sont trop chaudes et sèches pendant plusieurs jours (généralement au moins dix à quinze jours), les tiques *I. ricinus* peuvent subir une mortalité importante du fait de la dessiccation, ce qui aura un impact sur leurs populations. À l'inverse, des conditions trop humides pourraient impacter leur survie du fait du développement de champignons pathogènes.

Les conditions météorologiques auxquelles sont exposées les tiques sont celles de leur habitat, donc au niveau du sol. La température et l'humidité au niveau du sol sont beaucoup moins variables que dans l'air et d'autant plus en forêt où la couverture végétale et la litière permettent de maintenir des températures douces et une certaine humidité.

Comme vu plus haut (voir chapitre 1, tableau 2), les variations interannuelles des populations de tiques sont très différentes de celles des moustiques. Ces derniers ont des cycles de populations beaucoup plus courts (pouvant durer de quelques jours à quelques mois) et leur dynamique de population réagit bien plus rapidement aux conditions environnementales immédiates telles que la pluviométrie. Pour les tiques, l'environnement intervient sur des échelles de temps beaucoup plus longues.

Relation entre populations d'hôtes et populations de tiques

Chez *I. ricinus*, l'effet des populations d'hôtes sur l'abondance des tiques est complexe, en raison de la diversité de ces hôtes et des préférences spécifiques à chaque stade. La contribution de chaque espèce animale à nourrir les tiques varie en fonction des écosystèmes (par ex. habitat forestier opposé à prairial), en fonction de la communauté d'hôtes présente (diversité et abondance de chaque espèce animale) et du comportement de ces hôtes. Une espèce très abondante dans un milieu donné aura ainsi plus de chances d'être en contact avec des tiques qu'une espèce moins abondante.

Pour autant, un animal localement abondant n'est pas forcément un bon hôte pour les tiques, en raison de facteurs liés à l'immunité ou à ses comportements (toiletage, milieux de vie, etc.). Par exemple, le campagnol roussâtre, petit rongeur vivant principalement dans les milieux boisés, développe avec le temps une immunité aux piqûres de tiques, avec un faible taux de succès de repas des larves d'*I. ricinus* chez les individus plus âgés. Ainsi, même si cette espèce est plus abondante localement que d'autres espèces de micromammifères, elle peut contribuer à nourrir finalement moins de larves que les autres espèces du fait de cette immunité.

Y a-t-il une relation entre biodiversité locale et transmission d'agents pathogènes ?

La capacité d'un hôte à être infecté, puis à transmettre aux tiques un agent pathogène donné, varie fortement entre les espèces, y compris au sein d'un même groupe (entre les différentes espèces de micromammifères, oiseaux ou ongulés) (voir chapitre 2). Si une espèce « non compétente » pour un agent pathogène est localement abondante et nourrit beaucoup de tiques, on peut s'attendre à une diminution de la transmission de cet agent pathogène, l'hôte majoritaire représentant une impasse pour les agents pathogènes.

Une théorie sur le rôle de la biodiversité dans la dynamique de transmission des maladies a été justement développée dans le cadre de l'étude de l'épidémiologie de la maladie de Lyme, puis

étendue à d'autres zoonoses : c'est la théorie de la dilution. Dans un milieu dont la biodiversité est très riche, une proportion importante des hôtes des tiques sera non compétente pour un agent pathogène précis (celui-ci ne pouvant s'adapter à toutes les espèces d'hôtes). Il en résulterait un « effet de dilution », la transmission de maladies étant moindre dans un milieu où la biodiversité est plus grande. Ce mécanisme a été mis en avant comme un des services écosystémiques à la santé publique que peut apporter une plus grande biodiversité. Les relations entre la biodiversité et l'abondance de tiques infectées sont cependant complexes, et les études de terrain comme théoriques ne supportent pas clairement la relation prédite par la théorie de la dilution. Par exemple, si la biomasse et l'abondance d'hôtes augmentent très fortement, le nombre d'hôtes compétents pourrait également augmenter, favorisant la transmission d'agents pathogènes.

On a vu plus haut que les cervidés ne sont pas « compétents » pour transmettre *B. burgdorferi*. Ils sont cependant les hôtes préférentiels des adultes d'*I. ricinus* et permettent donc l'augmentation des populations de tiques. La densité de tiques *I. ricinus* est ainsi corrélée positivement avec la densité de chevreuils dans l'environnement. Mais la relation entre densité de chevreuils et densité de tiques infectées par *B. burgdorferi* s.l. dans l'environnement semble plus complexe. Une plus grande densité de chevreuil contribuerait à favoriser indirectement les bactéries BBSL, mais si les chevreuils sont en très forte abondance, ils pourraient capter une proportion élevée de larves et de nymphes au détriment des micromammifères ou des oiseaux... ce qui casserait le cycle de transmission des bactéries ! De plus, une abondance élevée de cervidés cause une diminution du couvert végétal (en raison d'une pression de broutage intense), et donc de la disponibilité des habitats favorables aux micromammifères. Cela pourrait réduire leur abondance, et donc l'abondance de larves se nourrissant sur eux.

La communauté d'hôtes, compétents et non compétents, influence la diversité et l'abondance des agents pathogènes dans les tiques. Par exemple, dans un site en Irlande, des chercheurs (Gray *et al.*, 1999) ont observé que 10 % de tiques portées par les oiseaux étaient infectées par des *Borrelia* (*B. garinii* et

B. valaisiana), alors que pour les tiques trouvées sur des mammifères, la proportion de tiques infectées par des *Borrelia* était très faible (0,4 %, *B. afzelii*) — très peu de larves et de nymphes se nourrissant sur les micromammifères localement. À l'inverse, dans un site en Suisse (Humair *et al.*, 1999) où davantage de larves et de nymphes se nourrissaient sur les micromammifères, il y avait davantage de tiques infectées sur les mammifères (6 %, *B. afzelii*) que sur les oiseaux (3 %, *B. garinii* et *B. valaisiana*). De telles variations tiennent sans doute à des particularités locales, comme la composition exacte des faunes de vertébrés, voire leurs caractéristiques génétiques ou encore leur niveau d'immunité aux tiques.

À quelles évolutions s'attendre avec le changement climatique ?

Un ensemble de facteurs biotiques (influence des hôtes, des autres espèces de tiques, des prédateurs, etc.) et abiotiques (éléments physiques comme la température et l'humidité) sont cruciaux pour le développement et la survie des tiques. Le changement du climat devrait considérablement modifier la distribution des espèces de tiques dans le futur. Si le climat devient trop chaud dans certaines zones en Europe, on peut s'attendre à une diminution de l'abondance des tiques *Ixodes* par exemple, qui n'y survivront probablement pas. Toutefois, elles trouveront des refuges en altitude ou plus au nord, transportées par leur hôte. Les surveillances réalisées ces dernières décennies confirment déjà cette tendance. Par exemple, une étude récente sur *I. ricinus* a montré que la limite nord de sa distribution a remonté en l'espace de seulement 30 ans (Hvidsten *et al.*, 2020). Les populations de cette tique ont ainsi nettement augmenté dans le centre de la Suède, et elle s'installe désormais même dans le nord de ce pays, exposant de nouvelles populations à des risques sanitaires. On peut en revanche s'attendre à une diminution de cette même espèce dans la marge sud de l'Europe (cette espèce étant déjà très peu présente dans les régions méditerranéennes). De même, des études ont montré une modification de la limite altitudinale des tiques *Ixodes* que l'on retrouvait dans les années 1950 jusqu'à 800 m d'altitude, alors qu'aujourd'hui elles sont présentes jusqu'à 1 800 m.

La dispersion des tiques par la faune sauvage, et notamment par les oiseaux qui voyagent sur de plus longues distances, favoriserait la colonisation de ces nouveaux habitats devenus favorables. Les tiques, ayant de faibles capacités de dispersion par elles-mêmes, sont en effet introduites dans de nouvelles zones *via* leurs hôtes. Cette introduction est un succès, si la tique reste attachée sur son hôte tout le long du voyage, réussit à l'arrivée sa métamorphose ou sa ponte, puis à trouver ensuite un animal pour réaliser son prochain repas. Il faut donc que les conditions climatiques et biotiques (hôtes) dans le site lui soient favorables à chacune de ces étapes pour que l'installation réussisse. C'est un des facteurs qui explique la progression vers le Canada d'*Ixodes scapularis*, dans des zones devenues récemment favorables à son installation.

Parallèlement, les espèces adaptées aux climats chauds et leurs contingents d'agents pathogènes (espèces africaines ou méditerranéennes notamment) devraient trouver en France et en Europe de nouveaux environnements propices à leur multiplication (comme le montre le cas de *Hyalomma marginatum* en France).

Ces prédictions pourraient cependant être modifiées en cas d'adaptation rapide de certaines espèces à une évolution du climat. On a vu par exemple qu'une population d'*I. ricinus* (ou du moins une espèce-sœur) est présente au Maghreb et dans le sud de l'Europe, suggérant une variabilité génétique existante élevée dans cette espèce, qui offrirait ainsi des possibilités que très vite soient sélectionnées des tiques plus résistantes à un climat plus chaud et plus sec.

De nouvelles espèces de tiques vont-elles s'installer ?

Les échanges commerciaux et le tourisme, toujours plus importants, sont des sources possibles d'introduction de nouvelles espèces de tiques — et avec elles d'agents pathogènes. Les échanges commerciaux de bétail à l'échelle mondiale semblent ainsi avoir été la cause historique de l'introduction de tiques sur de nouveaux continents, comme on l'a vu plus haut avec *R. microplus* (en Amérique) et *A. variegatum* (aux Antilles) ou avec *H. longicornis* (introduction aux États-Unis vers 2010). S'il existe une réglementation stricte à l'échelle européenne pour la prévention de la rage (vaccination et identification obligatoires des chiens pour tous les

voyages hors de France) et d'autres mesures comme l'obligation de vermifuger les chiens pour prévenir l'introduction de ténias échinocoques en Angleterre, peu de contrôles ciblent pourtant l'introduction de tiques exotiques *via* les animaux domestiques. Néanmoins, en fonction des pays, des traitements antiparasitaires à large spectre ayant un effet également contre les tiques peuvent être utilisés pour les animaux d'élevage avant toute importation (pratique réglementée ou généralement réalisée). Pour les animaux de compagnie, ce genre de traitement est probablement peu mis en place. Pourtant, la menace est réelle : ces animaux, en traversant les frontières, peuvent apporter avec eux des tiques et leurs agents pathogènes. La prévention de ce danger repose donc aujourd'hui sur l'information et la responsabilisation des détenteurs et responsables des déplacements des animaux, et sur la mise en place de traitements antiparasitaires préventifs.

Les déplacements naturels des animaux sauvages en lien ou non avec le changement climatique sont d'autres sources possibles de tiques exotiques. Par exemple, la propagation d'*A. variegatum* dans différentes îles des Caraïbes dans les années 1960 s'expliquerait par l'augmentation des effectifs du héron garde-bœufs. C'est sans doute aussi ce qui a expliqué la progression d'une espèce originellement asiatique, *Ixodes persulcatus*, vers l'ouest (elle a maintenant atteint le nord de l'Europe et semble désormais pouvoir s'hybrider avec *Ixodes ricinus*). Ces progressions sont probablement accélérées par les oiseaux, surtout les espèces migratrices, qui peuvent faire faire ainsi de grands bonds géographiques aux tiques dont ils sont porteurs. Si les conditions écoclimatiques sont favorables, de nouvelles espèces de tiques peuvent s'installer de la sorte. Ces phénomènes difficilement maîtrisables imposent avant tout une surveillance des écosystèmes, pour informer des risques et les évaluer au plus tôt.

Le cas des tiques en Outremer (Guyane)

L'émergence de nouveaux risques concerne également les régions tropicales et équatoriales. Certaines maladies y circulent au sein de la faune sauvage, dans de vastes zones forestières jusque-là reculées. Mais l'exploration de ces zones (pour la chasse, la foresterie, la mise en culture, etc.) et la mise en contact des humains

avec cette faune sauvage créent de nouvelles situations propices à l'émergence de zoonoses. La perte d'habitat et la fragmentation des écosystèmes peuvent de leur côté amener les espèces sauvages à entrer en contact plus fréquemment avec les humains et avec d'autres espèces. Cela favorise la transmission de maladies d'animaux sauvages à l'homme et entre différentes espèces animales, notamment domestiques, par *spill-over* (effet de propagation).

La Guyane, territoire français d'outre-mer de 83 000 km², est couverte de forêts tropicales denses qui en font l'une des régions les plus riches en biodiversité au monde, avec plus de 3 000 espèces de vertébrés. La population humaine, à peine 300 000 habitants, est principalement concentrée dans quelques villes réparties le long de la côte et des deux principaux fleuves. Mais c'est dans l'intérieur du pays, largement inhabité, qu'a été découverte une nouvelle maladie à tiques, l'anaplasmose de Sparouine, avec à ce jour un seul cas connu. Cette maladie est apparue sur un site d'orpaillage illégal au cœur de la forêt tropicale humide de Guyane. La crainte des autorités qu'ont les orpailleurs les dissuade d'accéder aux centres de santé et des épidémies de paludisme y apparaissent régulièrement. C'est en fait une campagne d'étude du paludisme qui a permis la découverte fortuite de l'anaplasmose de Sparouine et de la bactérie responsable de la maladie, *Anaplasma sparouinense* (voir chapitre 2 pour les anaplasmoses), après que des études génétiques ont montré qu'elle était différente de toutes les espèces connues d'*Anaplasma*.

S'il est encore trop tôt pour évaluer un risque d'émergence de l'anaplasmose de Sparouine, sa simple existence nous rappelle que notre connaissance de la diversité des agents pathogènes circulant dans les zones naturelles reculées reste encore très partielle et mérite donc de nouvelles recherches. Récemment, une nouvelle bactérie du genre *Borrelia*, intermédiaire entre les bactéries responsables de la maladie de Lyme et celles responsables de fièvres récurrentes, a ainsi été découverte chez les tiques de passereaux de la région de Cayenne (Binetruy *et al.*, 2020). Enfin, deux tiques piquant le plus souvent l'humain en Amérique du Sud, *Amblyomma cajennense* et *Amblyomma oblongoguttatum*, véhiculent en Guyane des parasites sanguins qui étaient inconnus avant 2023, notamment des protozoaires et des filaires.

L'EXPOSITION, DEUXIÈME COMPOSANTE DU RISQUE

Pour qu'il y ait un risque pour la santé, il ne faut pas seulement qu'il y ait des tiques infectées à un endroit, il faut aussi que l'humain ou l'animal entre en contact avec ces tiques et se fasse piquer. C'est ce qu'on appelle l'exposition, qui dépend de plusieurs facteurs, par exemple de facteurs socioéconomiques. Ainsi, les professions impliquant des activités d'extérieur sont associées à une exposition plus importante. Pour l'espèce de tique *Ixodes ricinus* notamment (et pour la transmission de la maladie de Lyme en Europe) sont donc particulièrement exposés les forestiers professionnels et les agriculteurs. Les instances professionnelles (instituts, mutuelles, etc.) diffusent ainsi régulièrement des informations sur les tiques et la transmission de la maladie de Lyme, désormais reconnue comme une maladie professionnelle dans plusieurs métiers.

Des facteurs comportementaux ont également un rôle dans l'exposition aux tiques. L'évolution de la société vers une urbanisation grandissante et le développement du secteur tertiaire ont par exemple contribué à l'essor des activités de loisirs, tournées vers la nature. Les citoyens recherchent ainsi une reconnexion avec de plus grands espaces et avec le vivant. Aujourd'hui, scoutisme, randonnée, pratique du vélo tout-terrain, cueillette de champignons, chasse, pêche sont des activités en plein développement, mais représentent autant d'activités à risque d'exposition aux tiques et aux agents pathogènes.

Par ailleurs, le milieu urbain ou périurbain peut présenter lui aussi des conditions propices à l'exposition aux tiques. Dans le contexte de politiques de verdissement, avec les efforts de reconquête des berges de rivières, de revégétalisation des rues, etc., les grandes métropoles ont aujourd'hui tendance à reconstituer des corridors écologiques favorables à la biodiversité animale et végétale. Si le « risque tique » dans ces milieux artificialisés a jusqu'à présent été peu étudié, il doit être désormais considéré. Les tiques faisant partie intégrante de cette biodiversité pourraient en effet recoloniser des espaces verts intra-urbains si les conditions permettant leur développement sont remplies.

Les jardins privés sont une composante majeure du tissu vert dans les villes et villages, et constituent un refuge essentiel pour la biodiversité. Ils sont aussi le deuxième lieu le plus fréquent de piqûres de tiques, avec 20 à 30 % des piqûres signalées, que ce soit en France ou dans d'autres pays européens (Belgique, Pays-Bas). Même si l'abondance de tiques y est beaucoup plus faible que dans les forêts (par ex., jusqu'à 20 fois moins élevée dans les jardins autour de Nancy par rapport à des forêts environnantes), les personnes fréquentent bien plus régulièrement leurs jardins, que ce soit pour tailler les haies et les arbres, cueillir les fruits, passer la tondeuse, ou pour leurs activités de loisirs, et peuvent donc se faire piquer. Si la présence de tiques dans les jardins est favorisée par la proximité de zones forestières ou l'existence de corridors facilitant le déplacement de la faune, les tiques peuvent être introduites par de nombreuses espèces, dont les oiseaux, et donc être présentes dans tous types de jardins. Peu de personnes ont connaissance de ce risque et donc peu mettent en place les gestes de prévention contre les tiques.

Du point de vue de la santé publique, le risque tique pose une question intéressante : quelle attitude préconiser face à ce risque, que ce soit à l'échelle des pouvoirs ou organismes publics ou à l'échelle individuelle ? Les risques associés à certaines maladies à tiques, qui peuvent être invalidantes et difficiles à soigner dans certains cas, doivent forcément être pris en compte et le promeneur ou les professionnels doivent en être avertis. Mais la situation n'est, au fond, pas différente de nombreuses autres activités sociales, comme celle de conduire une voiture : il y a un risque d'accident, mais le fait de se déplacer est indispensable pour de nombreuses personnes. La solution n'est donc pas l'interdiction, mais la minimisation du risque par un comportement prudent et vigilant.

Dans tous les cas, une meilleure compréhension du risque et des moyens pour le prévenir sont indispensables. Certains gestes augmentent l'exposition, comme la cueillette (champignons, muguet) si les mains touchent la litière, ou s'asseoir par terre en forêt. Inversement, le fait de rester au milieu d'un chemin non herbeux limite considérablement ce risque. Nous discuterons plus bas des possibilités de réduire l'exposition aux tiques. Mais il est important de souligner que cette problématique amène à penser

le risque à plusieurs échelles et à rechercher un équilibre délicat : informer au maximum la société, mais ne pas générer d'anxiété vis-à-vis de la nature, car les bénéfices de santé de ces activités de plein air sont importants, et enfin responsabiliser les individus et les inciter à adopter les comportements qui minimisent le risque.

Y A-T-IL DES PEAUX À TIQUES ?

À comportement identique, sommes-nous égaux devant le risque ? Actuellement, plusieurs études scientifiques montrent des variations de l'attractivité de certains humains pour les tiques, sans pouvoir les expliquer (la situation est donc moins claire que chez les moustiques).

De nombreux témoignages rapportent que certaines personnes se font beaucoup plus piquer que d'autres, et que ces différences ne seraient pas uniquement liées à des différences quant aux moyens de protection mis en œuvre ou au comportement. Une fois en contact avec son hôte, la tique se déplace sur lui et « décide » de piquer ou non. Les déterminants de ce choix de piquer ou non un hôte ne sont pas encore bien compris et pourraient être en lien avec le microbiote de la peau, même si d'autres hypothèses sont possibles (émissions d'hormones, odeurs, etc.).

LA VULNÉRABILITÉ, TROISIÈME COMPOSANTE DU RISQUE

Après une piqûre par une tique infectée, le déclenchement de signes cliniques n'est pas obligatoire, car cela dépend de la vulnérabilité de l'hôte et de sa capacité de défense immunitaire.

L'interaction pathogène-hôte (exemple de *Borrelia*)

Les relations hôtes-pathogènes sont un lieu d'interactions très fortes à l'échelle de l'évolution, les réactions immunitaires de l'hôte imposant une pression de sélection sur les bactéries pathogènes. Par exemple chez *B. burgdorferi*, une variation génétique importante d'un gène codant pour une protéine de surface (*Outer Surface Protein C*, ou ospC) joue un rôle dans la transmission de

Borrelia à l'hôte vertébré, et surtout dans le succès de sa diffusion dans le sang après la piqûre. On s'est aperçu que, parmi les différents groupes de *Borrelia* caractérisés par leur séquence de la protéine ospC, seule une partie parvient à infecter l'humain. Il est donc important de connaître la diversité génétique locale des *Borrelia* pour déterminer le niveau de vulnérabilité en cas de piqûre par une tique infectée.

L'état du système immunitaire de l'individu piqué

Au moment de la piqûre de tique commence en effet un combat entre la tique et l'hôte piqué. La tique injecte avec sa salive des molécules capables de moduler la réponse immunitaire de l'hôte et de favoriser la transmission d'agents pathogènes. Face à elle se met en place la réponse immunitaire de l'hôte, variable selon les individus. Chez l'humain, certaines maladies à tiques se développent plus souvent chez des personnes immunodéprimées. Certaines variations génétiques chez l'humain peuvent influencer sur la sévérité des symptômes de la maladie de Lyme, comme c'est le cas du gène *TLR-2* (*Toll-like receptor 2*), protéine membranaire qui joue un rôle dans notre système immunitaire (Schröder *et al.*, 2005).

L'ALLERGIE À LA VIANDE ROUGE OU SYNDROME DE L'ALPHA-GAL

Les piqûres de tiques peuvent occasionner chez l'humain une forme rare d'allergie à la viande rouge ou à d'autres produits animaux appelée syndrome de l'alpha-gal (SAG). La réaction survient quelques heures après l'ingestion, ses conséquences pouvant être fatales (choc anaphylactique). Ce phénomène a été identifié dans les années 2000. Il est lié à un sucre appelé alpha-Gal présent chez les mammifères sauf les primates. Lorsqu'une tique pique un humain, elle peut introduire des molécules contenant (ou imitant) l'alpha-gal, entraînant une sensibilisation *via* les immunoglobulines E (IgE) — ces anticorps sont notamment actifs contre des parasites ou des venins et toxines. Toutefois, le mécanisme précis reste mal compris. Est-ce dû à la salive de la tique et à des molécules qu'elle fabrique elle-même ? À des résidus de sang de mammifère provenant d'un repas antérieur ? Ou à des microorganismes présents dans la tique ?

.../...

.../...

Les espèces principales responsables du SAG diffèrent selon les continents : *Ixodes ricinus* en Europe, *Amblyomma americanum* (la *lone star tick*) aux États-Unis. Cette allergie semble en progression, possiblement en lien avec l'augmentation des populations de cervidés. Enfin, le SAG peut concerner non seulement la viande rouge, mais aussi des produits transformés ou cosmétiques. La prévention repose surtout sur l'éviction des allergènes (il faut s'abstenir de consommer ces produits) ou des protocoles de désensibilisation.

COMMENT CARACTÉRISER ET SURVEILLER LE RISQUE LIÉ AUX TIQUES ?

Les éléments qui déterminent le risque lié aux tiques sont complexes. Or la détermination du risque est utile aux politiques publiques, par exemple pour adapter les messages de prévention ou mettre en place une campagne de vaccination. Nous allons ici en détailler quelques aspects.

Les études de terrain

Afin de suivre au fil du temps la densité locale des tiques comme la présence d'agents pathogènes, il est important de réaliser des études de terrain régulières, permettant soit de récupérer des tiques dans l'environnement (sur la végétation), soit directement sur des animaux sauvages qu'elles sont en train de piquer.

Collectes de tiques dans l'environnement

Une méthode commune consiste à aller collecter des tiques en quête d'hôte (ou à l'affût) dans leur milieu naturel. En suivant un protocole de collecte bien établi, on peut estimer la densité de tiques dans un lieu. La méthode du drap est une des plus utilisées pour *Ixodes ricinus*. Il s'agit de traîner un drap blanc d'un mètre carré sur le sol sur une courte distance (le plus souvent sur 10 mètres), puis récolter les tiques qui s'y accrochent, et de répéter cette opération. On obtient ainsi une estimation du nombre de tiques à l'affût sur une surface donnée (ramenée par exemple à un nombre de tiques par 100 m²) que l'on pourra utiliser pour

évaluer l'abondance en fonction des sites, des climats, des saisons, etc. Cette méthode n'est pas parfaite, car elle tend à sous-estimer l'abondance réelle des tiques, seule une partie d'entre elles allant s'accrocher au drap. De plus, la répartition agrégée des tiques (voir chapitre 1), les comportements différents des différents stades, ou encore les effets du couvert végétal local peuvent induire des biais. Le protocole précis peut ainsi varier, notamment en ce qui concerne la répétition ou non des passages du drap, ou bien le choix du placement de ces passages (lieux de passage d'animaux ou d'humains, etc.) en fonction des objectifs précis.

La méthode du drap est particulièrement adaptée et utilisée par les chercheurs pour étudier les variations spatiales de densités de nymphes d'*Ixodes ricinus* et identifier les facteurs explicatifs de ces variations, en réalisant des collectes au même moment dans différents sites. Plusieurs équipes en France font de tels suivis chaque mois, depuis plus d'une dizaine d'années. S'il est difficile de généraliser les variations observées à l'ensemble d'une région, ces données permettent néanmoins de suivre des tendances générales. L'utilisation de modèles permet ou permettra ensuite d'identifier d'une part les facteurs explicatifs des variations et d'autre part de prédire spatialement et temporellement les densités relatives de tiques.

Une autre méthode, dite méthode du drapeau, est aussi utilisée par les tiquologues. Elle consiste à balayer la végétation avec un petit « drapeau » blanc accroché à un bâton. Cette méthode peut être utile dans certains milieux comme des zones à hautes herbes ou fougères, où tirer un drap sur le sol n'est pas praticable. Le geste est cependant moins normalisé, et si la méthode est efficace pour récolter des tiques (pour, par exemple, évaluer les stades ou espèces présents, leur portage de pathogènes, etc.), elle ne peut permettre d'évaluer avec précision leur densité.

Pour les tiques dites « chasseuses », telles que les tiques des genres *Rhipicephalus* et *Hyalomma* qui repèrent leurs hôtes à distance et se déplacent activement vers eux, la collecte au drap est peu adaptée. Des pièges à CO₂, simulant la présence d'un hôte, peuvent attirer ces espèces situées à proximité, mais leur efficacité est assez variable selon les espèces et parfois faible. Pour la tique *Rhipicephalus*

sanguineus, ces pièges semblent néanmoins assez efficaces, notamment dans des contextes de fortes infestations dans des environnements fermés (intérieurs des habitations par exemple).

Collecte de tiques sur les hôtes

On peut collecter directement des tiques sur les animaux domestiques ou sauvages sur lesquelles elles se nourrissent. Cela permet d'évaluer le danger pour les animaux domestiques ou pour les humains. En effet, l'homme et les animaux de compagnie partagent souvent les mêmes environnements, au domicile ou en balade. Cette méthode, qui met en jeu la spécificité des tiques (en effet, certaines tiques vont préférer les chiens, d'autres les chevaux, d'autres les bovins), est complémentaire de la collecte des tiques dans l'environnement. Elle peut être plus complexe à mettre en œuvre et plus coûteuse, mais elle permet d'acquérir une meilleure connaissance du cycle de vie de la tique et de ses pathogènes. Elle peut être réalisée par des chercheurs, des professionnels de la santé animale, ou les propriétaires eux-mêmes. Par exemple, un programme de sciences participatives permet de réaliser un suivi de la babésiose équine en France, avec des prélèvements réguliers sur les chevaux par leurs propriétaires⁷.

On peut également mettre en œuvre un suivi des tiques sur les animaux de la faune sauvage, pour mieux comprendre les cycles et dynamiques de population des tiques et des agents pathogènes. Il est alors réalisé par des personnes habilitées à les manipuler, chercheurs ou naturalistes (par ex. les ornithologues bagueurs pour la capture d'oiseaux). Pour les espèces plus difficilement capturables, les tiques peuvent être recherchées sur des animaux morts (comme les cadavres au bord de route), mais il est probable qu'une grande partie d'entre elles se détachent de l'animal, lorsque celui-ci meurt, biaisant ainsi les données d'infestation. Cette méthode présente elle aussi des biais potentiels dont ceux liés aux déplacements des animaux, mais elle permet d'estimer une abondance relative locale, une saisonnalité ou variation annuelle, ou encore

7. <https://pirogotick.hub.inrae.fr> (consulté le 08/10/2025).

d'évaluer la contribution relative de différentes espèces hôtes dans les dynamiques de populations des tiques.

Les tiques collectées peuvent ensuite être analysées pour détecter la présence d'agents pathogènes. Ce sont principalement des méthodes de biologie moléculaire (PCR) qui sont utilisées actuellement. Pour les tiques collectées dans l'environnement, ces analyses permettent de caractériser spatialement ou temporellement la présence, la prévalence (proportion de tiques infectées pour un agent pathogène) et la densité de tiques infectées (nombre de tiques infectées pour une surface donnée) présentes dans l'environnement par tel ou tel agent pathogène. Plutôt que la prévalence, la densité de tiques infectées par un agent pathogène donné est l'indicateur qui représente le mieux le « danger » auquel un animal ou un être humain est exposé.

La collecte de tiques sur les hôtes permet d'étudier le niveau d'exposition des hôtes à un agent pathogène donné, ainsi que le taux de transmission des agents pathogènes de l'hôte aux tiques. Ce sont des paramètres essentiels à mesurer pour comprendre la contribution des hôtes vis-à-vis de la circulation de ces agents pathogènes et donc du risque d'exposition pour l'être humain ou les animaux. La prévalence d'infection dans les hôtes est un autre paramètre d'intérêt pour comprendre les cycles épidémiologiques. Les prélèvements réalisés pour la recherche des agents infectieux chez l'hôte sont choisis en fonction de la localisation de l'agent pathogène. On recherchera par exemple *Anaplasma phagocytophilum* dans le sang et *Borrelia afzelii* sur des biopsies de peaux, du fait de la localisation de ces bactéries et de ce qui est aussi faisable sur le terrain. Les études sur les animaux impliquant des prélèvements invasifs sont maintenant bien encadrées et nécessitent au préalable l'accord d'un comité d'éthique.

Les études qui reposent sur ces méthodes se focalisent sur la composante « Danger » du risque (voir plus haut dans le chapitre 3). C'est grâce à elles que l'on sait par exemple que la densité de tiques infectées par *Borrelia* peut beaucoup varier d'une forêt à une autre séparée de seulement quelques kilomètres, voire au sein d'une même forêt. Pour ce type d'étude à l'échelle d'une région, il faut donc multiplier les collectes et les sites pour avoir une estimation

précise de la densité. De plus, du fait de la complexité de l'écologie des maladies transmises par les tiques, il peut être difficile de comprendre et d'isoler les effets de chaque facteur sur ces cycles. Ces facteurs peuvent être examinés par des études expérimentales de terrain qui font varier uniquement le paramètre étudié, les autres paramètres étant constants sur les sites étudiés. Un tel protocole expérimental n'est cependant pas toujours possible. Une alternative est de réaliser des études observationnelles de terrain, nécessitant la collecte de nombreuses données pour prendre en compte l'effet de tous les facteurs dans l'analyse.

Des modèles statistiques spécifiques peuvent être employés pour étudier ces systèmes complexes. Pour les maladies à tiques, il est cependant souvent compliqué de collecter l'ensemble des données qui seraient en théorie nécessaires (abondance de micromammifères, ongulés et oiseaux, végétation...) et des choix sont souvent faits en pratique. De plus, les résultats ne sont valides que dans l'écosystème étudié. Il est alors nécessaire de multiplier ce genre d'études dans différents écosystèmes pour comprendre l'effet d'un facteur. Une approche complémentaire consiste à modéliser les dynamiques des populations et la transmission des agents pathogènes, en s'appuyant sur des connaissances préalables des paramètres des cycles de vie. Ces modèles mécanistes permettent d'intégrer la complexité des processus biologiques et environnementaux, offrant ainsi une compréhension approfondie des dynamiques spatiotemporelles et des effets de divers facteurs.

La complexité inhérente à l'écologie des maladies transmises par les tiques, combinée aux difficultés à mesurer l'ensemble des processus qui les régissent, explique l'absence de réponses claires à de nombreuses questions dans ce domaine. Des approches interdisciplinaires sont nécessaires pour démêler ces interactions complexes.

Les études en sciences humaines et sociales

L'étude des risques liés aux tiques est un objet que l'on peut aborder par plusieurs approches qui se rattachent aux sciences humaines et sociales (SHS). On peut citer par exemple :

– **l'étude des comportements sociaux** (ethnologie, sociologie, anthropologie...) : la compréhension des comportements des

êtres humains et de leurs déterminants est utile pour analyser la composante « Exposition » du risque. Il peut s'agir de chercher à comprendre comment différents individus ou populations se représentent le risque, ou quels peuvent être les freins à l'acceptation de pratiques de prévention. Il peut aussi s'agir d'étudier les relations entre patients et personnels de santé, en vue d'améliorer le parcours des patients atteints de maladies transmises par les tiques ;

- **l'étude de l'esprit humain** (sciences cognitives, sciences de l'éducation, sciences du langage, psychologie...) : c'est une autre manière de s'intéresser à l'exposition au danger et à sa réduction, en se concentrant plus sur le fonctionnement des individus, notamment dans leur communication. De nombreuses études en sciences de la santé ont montré que l'acceptation des mesures de prévention dépendait de la bonne connaissance de notions de santé liées aux maladies concernées. Il faut donc comprendre comment transmettre efficacement les informations à des publics non spécialistes. Il peut aussi s'agir de comprendre quels sont les impacts des maladies des tiques, voire de la présence des tiques, sur la santé mentale des personnes ;
- **l'étude des espaces et des sociétés** (géographie, aménagement du territoire...) : on peut étudier d'un point de vue géographique la façon dont l'organisation de l'espace ou la distribution de la population influence l'exposition aux dangers représentés par les tiques. On peut aussi chercher à comprendre ce qui explique les variations géographiques des pratiques de prévention adoptées par le public ;
- **l'étude des organisations, des marchés, des institutions et des normes** (économie, droit, sciences politiques...) : en France, différentes agences, services et collectivités sont concernés par la lutte antivectorielle, qui comprend la lutte contre les maladies à tiques, principalement *via* des pratiques de prévention. Cette lutte est encadrée par des lois et décrets. Il est donc essentiel de comprendre comment s'organisent ces différents organismes, mais aussi quel est l'impact de ces décrets. Depuis quelques d'années a émergé la notion de services écosystémiques, qui met en avant la valeur pour la société des écosystèmes naturels, et justifie ainsi leur protection. Le risque lié aux tiques représente à l'opposé un « dysservice écosystémique » — une branche de l'économie étudie précisément l'impact de ces dysservices sur

la représentation des écosystèmes, ou au contraire l'avantage représenté par un risque réduit et mieux contrôlé ;

– **la philosophie** : étonnamment, la tique a même trouvé sa place en philosophie ! Son exemple a notamment été utilisé pour critiquer les réflexions de Heidegger sur l'être animal, en argumentant qu'il s'agit de l'exemple d'un animal capable (en laboratoire) de s'exempter de sa relation avec son milieu pour survivre, sans pour autant cesser d'être un animal ni devenir un humain. La tique n'a pas fini de nous surprendre !

Les études sur les piqûres de tique

Recenser les piqûres de tiques chez l'être humain ou les animaux domestiques est un des moyens d'évaluation du risque posé par les tiques. Une piqûre est en effet un événement indicatif à la fois de la présence de tiques (donc d'un danger) et d'un contact entre humain et tique (donc d'une exposition). À l'inverse, une absence de piqûre peut signifier soit une absence de tiques, soit l'absence de passage d'humains au contact des tiques.

La mesure des piqûres de tiques est intéressante à relier avec le type de population exposée (âge, sexe, profession, activité...), les variations spatiales (localisation géographique, altitude...), temporelles (saisonnalité, variations interannuelles...) ou environnementales (milieu, météo, climat...). Ces informations peuvent aussi se révéler très utiles pour améliorer la prévention. Différentes approches reposent sur le suivi des piqûres de tiques.

Les enquêtes sur des groupes ciblés

Ces enquêtes visent des populations ayant un risque élevé de se faire piquer. En ciblant des petites populations relativement homogènes, on peut ainsi limiter les sources de variabilité et tester des méthodes pour limiter le risque de piqûre et/ou de maladie. Par exemple, l'efficacité de répulsifs pour les vêtements à base de perméthrine a d'abord été démontrée en environnement contrôlé en laboratoire. Cependant, c'est grâce à plusieurs études sur des groupes de personnes volontaires que son efficacité a été démontrée sur le terrain, en comparant le nombre de piqûres rapportées pendant un an par des groupes de forestiers qui utilisaient ou pas des vêtements imbibés de perméthrine (Rossbach

et al., 2016). Plusieurs études se concentrent sur des camps militaires, car il est plus facile d'y obtenir des informations sur tous les membres du camp, avec une qualité assurée des données (Marié *et al.*, 2020). Les personnels médicaux sont alors impliqués pour collecter de manière protocolisée les tiques piqueuses, ainsi que parfois le sérum des personnes. De cette manière, on obtient des informations à la fois sur le nombre de piqûres, mais aussi sur les tiques piqueuses, les agents pathogènes qu'elles transportent et l'exposition des personnes à ces pathogènes.

La récupération d'informations *via* les professionnels de santé peut représenter une autre méthode pour connaître le nombre de piqûres dans une population, même si on ne recueille que les données de personnes qui consultent un médecin suite à une piqûre.

Les enquêtes sur de grandes populations

Il s'agit généralement d'enquêtes randomisées qui permettent d'obtenir des informations représentatives de populations données, à partir d'échantillons de citoyens représentatifs. En France, on peut citer par exemple les enquêtes du baromètre santé de Santé publique France qui interrogent les Français sur les connaissances et pratiques de la borréliose de Lyme. Ces enquêtes ont permis de montrer une augmentation du nombre de personnes déclarant se faire piquer dans les 12 derniers mois entre 2016 et 2019, passant de 4 à 6 % des Français interrogés, et de mettre en évidence des différences en fonction des régions où les gens ont une bonne connaissance du risque (et se protègent mieux) ou non. Ces études ont aussi leurs limites : elles ne concernent que les personnes majeures et il peut y avoir des biais de participation en fonction de l'intérêt pour le sujet (on peut par exemple supposer une plus grande participation des personnes concernées par les maladies à tiques). De plus, ces études peuvent être très coûteuses si l'on doit interroger beaucoup de personnes.

Les sciences participatives

À la différence des enquêtes décrites ci-dessus où les personnes sont directement sollicitées par téléphone ou par message

LES SCIENCES PARTICIPATIVES À L'AIDE DE L'ÉTUDE DES TIQUES

Les sciences participatives sont définies comme des formes de production de connaissances scientifiques dans lesquelles des acteurs de la société civile (individus ou groupes) participent de manière volontaire. Des projets de ce type se sont multipliés depuis quelques années, notamment grâce aux outils numériques qui facilitent l'interaction entre chercheurs et citoyens. Ils sont souvent connus sous la forme de *crowdsourcing* où les citoyens sont pourvoyeurs de données pour les chercheurs. L'avantage est d'acquérir un grand nombre de données dispersées sur de vastes territoires. L'implication des citoyens varie en fonction des projets, allant du simple envoi d'observations à une participation active dans des protocoles expérimentaux.

Le programme CiTIQUE⁸ propose ainsi aux citoyens de venir dans un laboratoire ouvert (le laboratoire Tous chercheurs) pour co-construire des questions de recherche et analyser les tiques piqueuses d'êtres humains pour répondre à ces questions.

Dans le cadre de CiTIQUE, le projet TIQUoJARDIN⁹ a permis de récolter des données sur la présence de tiques dans les jardins autour de Nancy, grâce aux citoyens qui ont appliqué la méthode du drap dans leur jardin. Ce projet aurait été très compliqué à réaliser s'il avait fallu que les chercheurs se déplacent dans chaque jardin participant (et soient autorisés à le faire).

Outre l'intérêt de fournir des données pour des recherches, les sciences participatives sont une force transformative, autant pour les citoyens que les scientifiques. Par cet échange avec les citoyens, les chercheurs se mettent dans une posture de partage des savoirs qui fonctionne dans les deux sens : s'ouvrir aux savoirs expérientiels des citoyens qui peuvent amener de nouvelles questions de recherche, mais aussi partager leurs connaissances de façon compréhensible et s'ouvrir aux critiques possibles. Quant aux citoyens participants, ils vont acquérir une meilleure connaissance des tiques et des maladies à tiques, ainsi que de meilleures pratiques de prévention. Ces projets font souvent appel à des facilitateurs comme des professionnels de la médiation scientifique, pour faire office de « traducteurs » entre les différentes parties ou aider à maintenir la motivation.

8. <https://www.citique.fr> (consulté le 08/10/2025).

9. <https://www.citique.fr/projets-en-cours> (consulté le 08/10/2025).

électronique, l'idée des sciences participatives n'est pas de travailler sur un échantillon représentatif, mais de faire appel aux citoyens volontaires pour participer et déclarer leurs piqures au fil du temps (encadré). Les gens choisissent activement de participer sans qu'ils soient spécifiquement sollicités. Dans les deux cas, il sera impossible de récolter des informations sur des individus rétifs. Un des avantages des sciences participatives est de collecter un grand nombre de données, sur une surface importante, sans avoir à limiter les participants. Ces approches sont donc assez puissantes pour suivre des tendances générales sur un large territoire, ce qui serait difficilement réalisable par de seules équipes de scientifiques. Il est aussi possible de collecter des données sur du long terme et en continu, alors que les enquêtes sont ponctuelles. Le principal défi de ces études est de faire connaître le programme, *via* par exemple des communiqués de presse réguliers ou d'autres actions de communication, puis de réussir à maintenir la motivation des personnes pour participer. La participation est en effet un point très important qui peut introduire des biais, dont il faut tenir compte dans l'analyse et l'interprétation des résultats. En France, il existe des projets à l'échelle nationale, comme le programme CiTIQUE sur les humains et les animaux, ou comme le programme PiroGoTick sur les chevaux, et d'autres à des échelles plus locales.

Analyse des tiques piqueuses d'humains
ou d'animaux domestiques

L'étude des tiques piqueuses d'humains ou d'animaux domestiques permet de connaître l'identité des tiques piqueuses, leur stade de gorgement (qui influe sur le risque de transmission) et leur portage microbien, infectieux ou non. À la différence des études de terrain sur les tiques, cela permet de savoir à quelles tiques et à quels pathogènes sont directement exposés les humains ou animaux qui se font piquer. En revanche, cela ne permet pas de connaître la densité de tiques présentes dans un environnement donné.

Quelles sont les maladies à tiques sous surveillance ?

En France, seules la maladie de Lyme et l'encéphalite à tiques font l'objet d'une surveillance organisée à l'échelle nationale. La surveillance de la maladie de Lyme dans notre pays, coordonnée par Santé publique France en collaboration avec le réseau Sentinelles, repose sur deux systèmes de suivi des cas. Depuis 2009, le réseau Sentinelles, composé de médecins généralistes volontaires répartis sur l'ensemble du territoire métropolitain, collecte des données sur les cas de borréliose de Lyme observés en consultation. Les médecins participants signalent les cas correspondant à des définitions cliniques précises, notamment la présence d'un érythème migrant. Par des approches de modélisation, les données collectées permettent ensuite d'estimer l'incidence annuelle de la maladie en médecine générale en France.

Cette surveillance repose sur la déclaration volontaire des cas par les médecins, ce qui peut entraîner une sous-estimation de l'incidence réelle de la maladie si certains ne déclarent pas tous les cas. De plus, la variabilité du nombre de médecins participant au réseau Sentinelles selon les régions peut affecter la représentativité des données. Toutefois, ce dispositif est efficace pour suivre les tendances annuelles du nombre de cas de Lyme en France. La forme neurologique de la maladie, dite neuroborréliose, a été ajoutée en 2019 à la liste des maladies à déclaration obligatoire en Europe, ce qui devrait permettre une meilleure comparaison de l'incidence de la maladie entre les différents pays de l'UE à l'avenir. Enfin, les données hospitalières issues du Programme de médicalisation des systèmes d'information (PMSI) sont analysées pour évaluer les formes plus graves de la maladie nécessitant une hospitalisation. Ces données complètent celles recueillies en médecine de ville et permettent une vision plus globale de l'impact de la maladie sur le système de santé.

L'encéphalite à tiques est une maladie à déclaration obligatoire chez l'être humain depuis mai 2021, permettant de suivre le nombre de cas en France et d'identifier les zones. Cela signifie que tout professionnel de santé diagnostiquant un cas selon une définition des critères qui ont été bien caractérisés doit la signaler.

Les études de séroprévalence chez l'être humain

Les études de séroprévalence visent à estimer la proportion d'individus dans une population ayant développé des anticorps spécifiques contre un agent pathogène. Ces anticorps, détectés par des tests sérologiques, indiquent une exposition antérieure à l'agent infectieux, que l'infection ait été symptomatique ou non. Pour la maladie de Lyme chez l'être humain ou l'encéphalite à tiques, les anticorps persistent de nombreuses années voire à vie : la séropositivité d'un individu peut donc indiquer une infection très ancienne (l'agent infectieux ayant été éliminé depuis longtemps, en général). Les enquêtes de séroprévalence vis-à-vis de ces deux maladies permettent de cartographier les zones géographiques où les populations ont été le plus exposées, et de déterminer les facteurs influençant l'exposition (type de public, facteurs de comportement, d'environnement, etc.). De plus, en comparant les taux de séroprévalence à différents moments, on peut suivre les variations temporelles de l'exposition humaine vis-à-vis de la circulation de ces agents pathogènes (voir aussi encadré).

DES TESTS DE DIAGNOSTICS « LYME » PLUS FIABLES AILLEURS ?

Certaines idées circulent sur l'existence de tests « plus poussés » à l'étranger par rapport à la France, notamment en Allemagne. Les protocoles standards sont pourtant les mêmes dans les deux pays, reposant d'abord sur un test Elisa, puis un test Western Blot. Toutefois, en Allemagne, on trouve aussi plus souvent des tests alternatifs proposés par certains laboratoires d'analyse privés, mais non validés par les communautés savantes. Ils peuvent résulter en faux positifs et conduire à des traitements inutiles, voire problématiques (prise prolongée d'antibiotiques). De plus, le diagnostic ne se résume pas à la sérologie, mais se base sur un ensemble d'éléments, notamment cliniques. Depuis 2016, en France, la création de centres de référence des maladies vectorielles à tiques permet aux malades de prendre avis auprès d'infectiologues spécialistes et de limiter le risque d'errance thérapeutique.

Les études chez les patients

Les maladies transmises par les tiques sont l'objet de diverses études cliniques, visant à mieux comprendre leur épidémiologie, leur diagnostic, leur prise en charge et leur impact sur les patients (voir encadré). Des études de cohorte, suivant des groupes de patients sur le long terme, permettent d'identifier l'évolution de la maladie et les facteurs influençant le pronostic. Elles peuvent ainsi permettre d'identifier les complications possibles et d'évaluer l'efficacité de méthodes de diagnostic ou de traitement. Ces études permettent par exemple d'examiner la proportion de diagnostics certains et probables de maladie de Lyme, parmi les patients reçus en centres hospitaliers et notamment dans les centres de références spécialisés (Centre de maladies vectorielles), de caractériser les signes cliniques en fonction de leur diagnostic et de suivre l'évolution des malades. Ces études peuvent également explorer les perceptions, les connaissances et les comportements des patients face aux maladies transmises par les tiques.

QUI TRAVAILLE SUR LES TIQUES ET LES MALADIES ASSOCIÉES ?

En raison des enjeux de santé majeurs, une importante communauté de chercheurs en France et dans le monde étudie et surveille les tiques et les maladies qu'elles transmettent (Lyme et autres). Bien souvent, ces recherches sont menées de façon multidisciplinaire (médecins, entomologistes, épidémiologistes, chercheurs en sciences humaines et sociales, etc.). Par exemple, pour évaluer le risque Lyme, des recherches sont menées sur le terrain pour évaluer la prévalence de *Borrelia* chez les tiques dans les zones d'exposition, ainsi que l'abondance des tiques et la fréquence des piquûres.

L'étude des tiques rassemble plusieurs disciplines comme l'écologie (par ex. pour estimer l'abondance des tiques en fonction des variations du milieu dans le temps et dans l'espace) et la génétique (évaluer les variations génétiques, tant chez les tiques que chez les agents pathogènes associés, interpréter ces variations pour comprendre le fonctionnement et l'évolution de ces acteurs)... Plusieurs centres de recherche en France comprennent

.../...

.../...

des équipes « Tiques », au sein de différentes institutions — CNRS, INRAE, Anses, universités, etc. — et un réseau de ces équipes a été mis en place (groupe Tiques et maladies à tiques, avec des séminaires annuels et des échanges d'information réguliers).

Bien entendu, la recherche ne peut se limiter à un cadre strictement national, et d'autres groupes importants dans différents pays d'Europe (Espagne, Italie, République tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, etc.), ou ailleurs dans le monde, contribuent fortement aux progrès de la connaissance sur les différents aspects de la biologie des tiques, avec des approches allant du plus fondamental au plus appliqué.



4. COMMENT RÉDUIRE LE RISQUE LIÉ AUX TIQUES ?

La prévention concerne tout ce qui permet de réduire ou faire disparaître le risque lié aux tiques. Ainsi, il peut s'agir de diminuer le danger, en ciblant les populations de tiques infectées et/ou les hôtes réservoirs d'agents pathogènes ; de diminuer l'exposition, en agissant sur la possibilité de contact entre une tique infectée et un humain ; ou de diminuer la vulnérabilité, en empêchant l'infection malgré l'exposition à l'agent infectieux *via* la piqûre. On distingue souvent la prévention individuelle, qui va concerner l'individu par la réalisation de comportements de prévention, de la prévention collective qui va cibler un grand nombre d'individus, par exemple *via* des modifications du paysage ou des campagnes de communication.

COMMENT RÉDUIRE LE DANGER ?

La première étape pour diminuer le risque est de chercher à éliminer les tiques ou au moins les agents pathogènes qu'elles peuvent transmettre, par exemple en ciblant les hôtes réservoirs. Mais peut-on éliminer au moins localement toutes les tiques ? En réalité, en dehors de cas particuliers, comme celui d'espèces invasives qui ne se sont pas encore très diffusées, un objectif d'éradication n'est ni possible ni souhaitable. Ce n'est notamment pas possible avec des tiques généralistes (donc non concentrées sur un seul animal) et installées depuis longtemps dans un écosystème, sur de vastes surfaces. Une tentative d'éradication impliquerait en effet l'usage massif de pesticides dans l'environnement et donc de molécules toxiques pour la faune non cible. On peut ajouter que les tiques occupent une place dans l'écosystème, en servant notamment de nourriture à d'autres organismes (oiseaux, insectes parasitoïdes). Enfin, les vertébrés ont coévolué depuis des millions d'années avec les tiques et leurs agents pathogènes, et ne sont pas désarmés face à ces organismes

— *via* notamment leur système immunitaire. Il faut cependant signaler qu'il a déjà existé des programmes d'éradication de certaines espèces de tiques parasitant le bétail (par exemple *Rhipicephalus microplus* au sud des États-Unis — voir encadré chapitre 2 — ou *Amblyomma variegatum* dans certaines îles des Caraïbes), certains ayant réussi et d'autres échoué. L'éradication était envisageable, car elle ciblait des zones restreintes (sud des États-Unis, contexte insulaire) où les tiques parasitaient principalement un groupe d'hôtes, les ruminants domestiques (absence de ruminants sauvages dans certaines îles), pouvant être manipulé et traité. Cependant, ces tentatives ou réussites d'éradication ont été réalisées au prix de l'utilisation massive de produits acaricides nocifs pour l'environnement et les espèces non-cibles, sans que cet impact ait été mesuré. Il n'en reste pas moins qu'on peut chercher à limiter l'abondance des tiques, notamment lorsque cette abondance résulte de dérèglements causés par l'homme (modification des écosystèmes, espèces invasives, etc.). La survie, l'abondance et la distribution de la tique et de ses hôtes sont fortement liées à l'environnement (voir chapitre 3). En modifiant cet environnement, nous pouvons chercher à limiter le danger, comme nous le verrons ci-dessous.

Peut-on diminuer les populations d'hôtes nourriciers ou réservoirs ?

Comme vu précédemment, les micromammifères et les oiseaux jouent un rôle crucial dans le cycle de certaines bactéries pathogènes (comme *B. burgdorferi* s.l.). Quant aux ongulés, même s'ils ne sont en général pas des hôtes compétents pour les agents pathogènes, ils servent de « multiplicateurs » pour les populations de tiques (chapitre 3). En modifiant certaines pratiques humaines, on peut agir sur ces hôtes et espérer limiter la quantité de tiques et la proportion de tiques infectées.

Les populations de grand gibier en France ont connu une augmentation notable au cours des dernières décennies, les prélèvements ayant été multipliés par des facteurs allant de 12 à 20 pour les chevreuils et les sangliers respectivement. Cette forte augmentation des populations de grands ongulés sauvages s'explique surtout par la progression en France des

milieux forestiers, et traduit peut-être aussi un retour à une plus grande naturalité de certains milieux dans des zones de déprise agricole. Si les populations d'ongulés étaient bien plus faibles qu'aujourd'hui dans les années 1960-1970, cette situation représentait peut-être en fait une anomalie qui se serait ensuite corrigée ! L'évolution croissante des populations de grand gibier pose néanmoins problème, à l'échelle du territoire, et semble par ailleurs difficile à contrôler par le seul moyen de la chasse. Pour des raisons socioécologiques complexes (évolution du nombre et des pratiques des chasseurs), le prélèvement d'ongulés reste insuffisant par rapport à ce qui serait nécessaire pour permettre le renouvellement forestier ou pour limiter les dégâts aux cultures, et au passage pour limiter les populations de tiques. Cependant, comme on l'a vu au chapitre 3, les effets des populations de gibier sur les populations de tiques infectées ne sont pas évidents et peuvent dépendre de chaque écosystème.

Une pratique cynégétique comme l'agrainage, qui consiste à distribuer de la nourriture (grains, fruits ou autres aliments) à la faune sauvage, peut contribuer localement à la multiplication des tiques. La fourniture de nourriture hivernale au gibier favorise sa survie et sa reproduction à un niveau artificiellement élevé par rapport aux capacités du milieu. De plus, l'apport de graines peut favoriser aussi la survie et la reproduction de micromammifères ou de certaines espèces d'oiseaux. En France, l'agrainage est réglementé au niveau départemental et son autorisation dépend de plusieurs facteurs, notamment des espèces concernées et des zones où il est pratiqué. Là où il est pratiqué, il entraîne une concentration excessive du gibier et des déséquilibres dans les écosystèmes, et une augmentation locale des populations de tiques, mais l'effet sur la présence de tiques infectées n'a pas été encore bien évalué.

Il est important aussi d'évaluer l'impact du piégeage de prédateurs classés comme étant « susceptibles d'occasionner des dégâts », tels que les renards et les mustélidés (fouines, martres...), sur les maladies transmises par les tiques. En effet, des milliers de renards sont tués chaque année en France, alors que ces prédateurs contribuent à réguler les populations de rongeurs et pourraient donc influencer celles des tiques et de leurs agents pathogènes.

Les liens entre prélèvements de chasse, populations de renards et maladies à tiques sont cependant très complexes. Par exemple, l'effet des prélèvements de chasse sur les populations de renards pourrait être très variable d'une zone à l'autre, tandis que l'effet des populations de renards sur certains rongeurs, sur les tiques, et enfin sur les agents pathogènes est encore plus incertain. Les renards, opportunistes, adaptent leur régime alimentaire à la disponibilité et l'accessibilité des proies dans leur milieu. Ils se nourrissent principalement de micromammifères, en particulier les campagnols terrestres et agrestes dans les champs et les prés, surtout lorsque ceux-ci sont en phase de pullulation. Ces espèces ne sont pas les hôtes préférentiels des tiques et des *Borrelia*, qui sont plutôt celles qu'on retrouve en milieu forestier ou boisé (le campagnol roussâtre, le mulot à collier et le mulot sylvestre). Les interactions entre les différentes espèces de prédateurs et de proies sont donc complexes et difficiles à étudier, et le rôle du renard ne semble pas déterminant pour limiter les populations de rongeurs réservoirs de *Borrelia*.

De plus, il n'y a pas nécessairement de relation linéaire entre abondance des hôtes des tiques et abondance de tiques infectées. En effet, lorsque les rongeurs sont peu abondants, les tiques se nourrissent sur les mêmes individus, ce qui favorise la transmission d'agents pathogènes. Une étude aux Pays-Bas (Hofmeester *et al.*, 2017) suggère néanmoins que les prédateurs pourraient réduire l'infestation des rongeurs par les tiques, en influençant leur comportement (par ex. en réduisant leur comportement exploratoire). Cependant, du fait de la complexité des réseaux d'interactions trophiques et épidémiologiques entre espèces, l'effet des prélèvements de chasse sur les prédateurs (renards, mustélidés) et le rôle de ces derniers sur le risque lié aux tiques pour l'être humain n'est actuellement pas démontré. C'est dans ce contexte qu'une étude a été lancée en 2024 dans le Doubs¹⁰, pour évaluer l'effet du statut de protection du renard sur les densités de tiques et sur la proportion de tiques infectées par *Borrelia*. Réponse dans quelques années !

10. <https://chrono-environnement.univ-fcomte.fr/programme-careli-campagnol-renard-lievre-et-tique-maintenant> (consulté le 08/10/2025).

Se pose ici la question plus large du rapport entre l'humain et le sauvage, et précisément de l'acceptation de la présence et du rôle des prédateurs. Comme certains écologues l'avancent, un des meilleurs moyens et le plus efficace économiquement pour recréer des écosystèmes plus équilibrés et atténuer en même temps les problèmes de renouvellement des forêts serait le retour à une plus large échelle du lynx et du loup, en France et ailleurs en Europe. Même si les effets sur les populations de tiques et la prévalence d'agents pathogènes ne sont pas certains (voir ci-dessus la discussion sur la théorie de la dilution), on a suffisamment de recul pour constater les effets très positifs sur la santé des écosystèmes de la présence de ces prédateurs à différents endroits du monde. Ils changent en effet radicalement les comportements des populations d'ongulés (selon ce que l'on nomme « l'écologie de la peur »), qui ne se concentrent plus de manière intense sur certaines parcelles des forêts. La présence de ces prédateurs ne réduit pas forcément massivement les populations de proies (un équilibre s'installe rapidement), mais elle évite leur surdensité locale. D'autres aspects de la gestion forestière ont certainement des effets sur les populations de tiques, comme l'augmentation des arbres sénescents et de la présence de bois mort (mesure favorable à la biodiversité, mais susceptible d'augmenter la biomasse et l'humidité au sol, donc de favoriser les rongeurs comme les tiques), ou la manière dont sont gérées les coupes. Ainsi, depuis plusieurs décennies, la France connaît une reforestation spontanée, se traduisant par la progression marquée des espaces boisés dans des régions autrefois cultivées. Cette expansion des forêts a elle aussi directement bénéficié aux populations de rongeurs et de grands gibiers. Ces animaux jouent un rôle clé dans la prolifération des tiques : avec davantage d'hôtes disponibles, les tiques se multiplient, colonisant des zones plus étendues. Ainsi, ce processus de renaturalisation de nos campagnes illustre comment la réorganisation du paysage rural peut avoir un impact direct sur la santé publique.

On conçoit bien qu'il s'agit là d'un système complexe avec de multiples considérations à prendre en compte en ce qui concerne les modes de gestion dans les domaines de l'agroforesterie, de la chasse et de l'agriculture. Ces effets peuvent être positifs ou

négatifs quant au risque tique, mais ne peuvent être considérés isolément d'autres risques ou considérations socioéconomiques pour les humains. Une révision de nos pratiques de gestion des environnements naturels et de leur composition doit cependant être envisagée dans le cas de la problématique des maladies à tiques, comme un volet de la gestion plus large de la nature et des écosystèmes.

En milieu urbain et périurbain se pose la question des risques inhérents à la réintroduction de la faune sauvage *via* la restauration des corridors écologiques et des espaces verts intra-urbains. Si un tel rapprochement de l'homme et de la nature est souhaitable, les politiques publiques doivent s'engager dans une évaluation et une anticipation des bénéfices/risques pour la santé de chacune des actions engagées. La solution réside très certainement dans un compromis qui pourrait consister par exemple à favoriser la restauration des corridors écologiques, tout en limitant par exemple l'accès des espaces verts les plus fréquentés aux grands ongulés, souvent porteurs d'un grand nombre de tiques, par la mise en place de barrières.

Peut-on modifier les habitats ?

L'environnement idéal pour la tique *Ixodes ricinus* est la forêt. Elle y trouve en effet une grande diversité d'hôtes nourriciers, une couverture végétale dense et la litière du sol lui assurant des espaces de repos frais et humides. Les jardins publics ou privés, les parcs urbains ou périurbains peuvent aussi, s'ils sont suffisamment végétalisés, arborés et riches en biodiversité, représenter des espaces favorables. Toutefois, en comprenant bien la biologie de ces tiques, on peut identifier un certain nombre de leviers permettant de limiter leur prolifération, par exemple en réalisant des fauchages réguliers, en ramassant les feuilles mortes et en assurant un entretien de la végétation (broussailles, herbes hautes, taille des arbres afin de favoriser l'ensoleillement des zones à risque), en éloignant les balançoires, tables de pique-niques et aires de jeux des espaces boisés, et en recouvrant ces espaces de substrat limitant la pousse de l'herbe (sable, copeaux de bois...), ou encore en élargissant les chemins piétonniers. Comme déjà mentionné, l'installation de barrières pour empêcher la venue

des cervidés peut aussi limiter l'introduction de tiques femelles susceptibles ensuite de pondre des milliers d'œufs. Notons qu'un programme a été récemment lancé pour étudier l'effet des mesures de gestion écologique des espaces boisés sur les risques liés aux tiques (programme MYSTIC, piloté par Plante & Cité¹¹).

Toutes ces mesures ne permettront jamais d'éliminer les tiques, mais peuvent avoir un impact sur leur introduction ou leur survie à l'échelle locale et donc sur le risque d'exposition. De plus, favoriser le déplacement et la fréquentation des personnes dans des zones non favorables aux tiques (par ex. sur des chemins non herbeux) limite aussi leur exposition. Toutefois, ces mesures peuvent avoir en outre un effet délétère sur d'autres espèces animales ou végétales également sensibles à la dessiccation, et ainsi nuire à la biodiversité. Dans le contexte actuel de diminution dramatique des espèces, le compromis réside certainement en une utilisation raisonnée de ces mesures, dans des zones limitées plus à risque d'exposition, telles que les jardins publics ou privés, ou dans certaines zones au sein de parcs urbains particulièrement fréquentés.

Le traitement des hôtes est-il une piste d'action ?

Des études conduites en Amérique du Nord ont exploré la possibilité de traiter, dans des zones résidentielles, les micro-mammifères, hôtes réservoirs de *B. burgdorferi*, pour tuer les tiques qui se nourrissent dessus. Par effet cascade, on s'attend à ce que cela diminue l'abondance de tiques infectées l'année suivante. Il s'agit généralement de proposer des matériaux imbibés d'acaricides aux rongeurs, afin qu'ils les utilisent pour faire leurs nids et ainsi s'exposent aux acaricides quotidiennement. Ces études ont donné des résultats mitigés et l'impact sur la faune non-cible reste à étudier.

Une autre piste d'action sur les hôtes naturels des tiques est le développement de vaccins oraux anti-*Borrelia* à destination des rongeurs, qui permettraient ainsi de limiter la densité de tiques infectées dans l'environnement. Un vaccin oral a donné des résultats

11. https://www.plante-et-cite.fr/specif_actualites/view/1396 (consulté le 18/11/2025).

prometteurs aux États-Unis, en protégeant les souris non infectées de l'infection et en réduisant la transmission de la bactérie.

L'intérêt et la faisabilité de l'utilisation de traitements ou de vaccins à destination des micromammifères restent incertains, notamment en Europe, compte tenu du rôle joué sous nos latitudes par les oiseaux dans l'entretien de la maladie de Lyme. Par ailleurs, la courte longévité, ainsi que la rapidité de reproduction des rongeurs sauvages dans la nature et de la variabilité des sources de nourriture (réduisant la prise d'appât des vaccins oraux) limiteraient probablement son efficacité (sans parler de l'effort à mettre en place et du coût probablement élevé).

D'autres études aux États-Unis se sont intéressées au traitement des grands ongulés, dans l'objectif de briser le cycle de vie de la tique. En effet, les tiques adultes se nourrissent en général sur des animaux de grande taille et ont, dans le nord-est des États-Unis, un petit nombre d'hôtes privilégiés comme le cerf de Virginie. Dans les régions où la borréliose de Lyme a une prévalence forte, des cerfs ont ainsi été traités avec des appâts alimentaires (la molécule acaricide étant soit incluse dans l'aliment et ingérée, soit appliquée sur la tête *via* un dispositif de contact). Encore une fois, les résultats de ces essais sont mitigés, leur mise en place à large échelle n'est guère envisageable et l'impact sur l'écosystème (résidus dans l'environnement) n'est pas suffisamment étudié.

Peut-on vacciner directement contre les tiques ?

Dans les pays du Sud confrontés à la multiplication des tiques *Rhipicephalus microplus* responsables de maladies graves chez les bovins (anaplasmose, theilériose tropicale, par ex.), vétérinaires et éleveurs sont désormais confrontés au développement de résistances des tiques aux principales molécules antiparasitaires employées. Une approche de « vaccin anti-tique » a paru alors prometteuse pour diminuer le succès des tiques lors de leurs repas, et donc diminuer à terme la taille de leurs populations. Si la recherche sur les vaccins anti-tique a commencé dès les années 1990, permettant d'obtenir un vaccin efficace basé sur l'antigène BM86, le progrès reste lent, et c'est à ce jour le seul type de vaccin commercialisé, sous différentes formulations (Ndawula, 2021). Le principe de ces vaccins est en effet de cibler un antigène

(élément spécifique de l'organisme cible), idéalement exprimé en quantité suffisante et tout au long de la vie de la tique.

Dans le cas d'un vaccin efficace contre *R. microplus* et employé en Australie, la cible est une protéine présente dans le tube digestif, qui semble jouer un rôle important dans sa survie. Lorsque des bovins sont vaccinés, ils produisent des anticorps ciblant cet antigène. Comme *R. microplus* reste sur son hôte pour réaliser ses trois repas (chapitre 1), les larves puis les nymphes vont ingérer le sang de l'hôte, et avec lui des composants de son système immunitaire. La réaction immunitaire va donc se produire non dans le corps du bovin, mais dans le corps même de la tique. Au fil des stades, cette réaction est de plus en plus forte. Les tiques adultes sont le stade le plus sensible, parvenant très difficilement à accomplir leur repas et à se reproduire. Les populations de tiques sont donc réduites par l'emploi de ce vaccin. Dans le cas de tiques qui changent d'hôte à chaque repas, comme *I. ricinus*, ce type de vaccin serait potentiellement inefficace : le vaccin ne s'appliquant pas de manière continue, la tique exposée ne l'est qu'au cours d'un seul repas.

L'immunité souvent incomplète conférée par ces vaccins et ne visant qu'une seule espèce de tiques, ajoutée à la nécessité de rappels fréquents, rend leur utilisation difficile à grande échelle. De plus, ce type de vaccin n'empêche pas la transmission d'agents pathogènes et n'induit pas une protection directe de l'animal vacciné (comme conférée classiquement par des vaccins). Si leur intérêt reste certain pour lutter contre le développement de résistances, pour l'instant, leur mode d'action les limite donc à des situations très précises.

Lutte chimique dans l'environnement

La lutte chimique contre les tiques dans l'environnement est possible, et même actuellement employée pour certaines espèces de tiques endophiles notamment, mais dans des conditions bien précises. Les molécules utilisées pour la lutte chimique ne sont pas spécifiques aux tiques, c'est pourquoi il n'est pas envisageable d'asperger de vastes espaces naturels d'acaricides qui détruiront aussi toute une diversité d'autres êtres vivants. En revanche, dans les cas d'environnements contrôlés, la lutte chimique contre les tiques peut être envisagée. C'est le cas par exemple lors d'infestations de tiques *Rhipicephalus sanguineus* dans les chenils ou les logements.

La lutte chimique est alors parfois le seul moyen de se débarrasser de ces tiques qui peuvent être présentes en grand nombre. En Amérique du Nord, l'usage de produits chimiques anti-tiques est aussi beaucoup plus répandu pour protéger son jardin. Ces méthodes sont très coûteuses (coût financier et environnemental par leur action sur la faune non-cible), pour une efficacité relative. En Europe, l'utilisation d'acaricides dans les environnements naturels et autour des habitations n'est pas recommandée, si l'on considère le manque de recul quant à leur impact sur la biodiversité, l'apparition de résistances ou la santé des usagers.

Quels ennemis naturels des tiques pourraient être intégrés à une lutte biologique ?

L'utilisation des ennemis naturels des tiques dans le cadre de la lutte biologique est une piste envisagée depuis plusieurs années. Parmi ces agents, certaines guêpes parasitoïdes ciblent spécifiquement les tiques : *Ixodiphagus hookeri* en parasite ainsi plusieurs espèces, notamment dans les genres *Ixodes* et *Rhipicephalus*. Ces guêpes pondent leurs œufs à l'intérieur des larves ou des nymphes de tiques, et leurs larves se développent en consommant leur hôte jusqu'à provoquer sa mort (à la façon du monstre dans le film *Alien* !). D'autres organismes sont étudiés pour leur potentiel dans cette lutte biologique. Les nématodes entomopathogènes des genres *Steinernema* et *Heterorhabditis* s'attaquent aux tiques en pénétrant leur corps par les orifices naturels et en libérant des bactéries qui induisent une septicémie mortelle. Bien qu'efficaces en conditions contrôlées, ces nématodes nécessitent une forte humidité pour survivre et se propager, ce qui limite leur application sur le terrain. Les champignons entomopathogènes *Metarhizium anisopliae* et *Beauveria bassiana* constituent une alternative. Ces champignons infectent les tiques en traversant leur cuticule, puis se développent à l'intérieur, provoquant leur mort. Toutefois, malgré des résultats encourageants en laboratoire et dans certaines études de terrain, leur utilisation reste conditionnée par des paramètres climatiques favorables et la nécessité d'un contact direct avec les tiques cibles.

Une approche intégrée, combinant biocontrôle, gestion des habitats et usage raisonné d'acaricides, pourrait permettre d'optimiser

ces stratégies et de proposer des solutions durables pour limiter la propagation des tiques et des maladies qu'elles transmettent. En attendant, ces ennemis naturels des tiques existent dans la nature et jouent un rôle certain sur l'abondance des tiques. Ainsi, on évalue à près de 10 % la fraction des nymphes d'*Ixodes ricinus* qui servent d'hôtes aux guêpes parasitoïdes *Ixodiphagus hookeri*, ce qui fait autant de tiques qui ne survivront pas jusqu'à la reproduction.

Une vaccination ciblant le microbiote des tiques serait-elle possible ?

Une idée intéressante pour lutter contre les tiques et les maladies à tiques consiste à cibler les microbes non pathogènes qu'elles hébergent. Cibler ces microbes importants dans la survie des tiques est en effet un moyen d'atteindre la tique elle-même. Deux types d'approches devraient ainsi permettre le développement de nouvelles techniques innovantes.

La première idée est celle d'un vaccin qui ciblerait une bactérie présente dans le microbiote des tiques. Un animal vacciné posséderait donc des anticorps contre cette bactérie, anticorps qui seraient ingérés par la tique lors d'une piqûre (comme pour les vaccins BM86, voir ci-dessus). Mais cette fois, ces anticorps s'attacheraient à une bactérie, au lieu de protéines de la tique elle-même. En réduisant voire empêchant le succès de son repas sanguin, ce type de vaccination pourrait réduire la transmission d'agents pathogènes. Notons qu'à ce jour aucun vaccin de ce type n'a encore été développé.

La deuxième idée repose sur la manipulation d'un mécanisme connu chez les insectes, la symbiose défensive : des bactéries symbiotiques les protègent en effet contre différents ennemis naturels, parasites ou autres bactéries. Avec ce mécanisme, les tiques deviendraient résistantes aux bactéries pathogènes et ne transmettraient plus d'agents infectieux aux humains et aux animaux. Si ce phénomène n'a jamais été décrit dans la nature chez les tiques, la piste d'une manipulation par l'homme mérite d'être explorée. La symbiose défensive est par exemple déjà utilisée à grande échelle pour contrôler la transmission de la dengue par les moustiques : cette stratégie repose sur une bactérie très courante chez les insectes, *Wolbachia*. Lorsqu'elle est introduite dans les

moustiques, *Wolbachia* interfère avec leur capacité à transmettre des agents pathogènes tels que le virus Zika, la dengue ou le paludisme. Cette méthode est aujourd'hui utilisée en Asie et en Amérique du Sud, *via* des lâchers de milliers de moustiques infectés par *Wolbachia*. Cette bactérie est rare chez les tiques, mais pourrait être introduite artificiellement, au laboratoire, dans certaines espèces. Cependant, la faisabilité de telles méthodes de lutte chez les tiques est plus qu'incertaine étant donné qu'elles ont des générations étalées sur plusieurs années et des déplacements restreints limitant la diffusion du mécanisme ainsi introduit.

Ce type de manipulation à grande échelle du vivant peut poser des problèmes éthiques et comporter une part de risque, il ne doit donc pas être entrepris sans évaluation : en modifiant le vivant à grande échelle (par ex. une espèce de tique toute entière), on peut obtenir un bénéfice de santé relativement à un agent pathogène précis, mais avec des risques nouveaux (possibles effets sur la transmission d'autres agents pathogènes que celui ciblé, ou de parasites). L'ensemble de ces agents susceptibles de causer des maladies à l'humain ou l'animal est nettement plus diversifié que chez le moustique, et le système « tique-pathogènes » est donc plus complexe.

PEUT-ON RÉDUIRE L'EXPOSITION CHEZ L'HUMAIN ?

Plusieurs solutions existent pour empêcher ou du moins limiter les contacts entre les tiques et les humains (ou les animaux domestiques), et donc les piqûres. Une première option est de limiter le contact avec les tiques : on peut par exemple choisir de se promener dans des sites ou zones moins à risque de présence de tiques, comme marcher au milieu de chemins secs, évitant ainsi des zones avec feuilles mortes ou herbeuses, plus favorables à la présence de tiques. Un autre comportement fortement recommandé concerne le port de vêtements couvrants (chaussettes hautes, si possible couvrant le bas du pantalon), et le fait de changer de vêtement en rentrant de sortie. En effet, les tiques peuvent rester sur les vêtements et piquer le lendemain quand on remet les mêmes vêtements. Il est possible d'utiliser des répulsifs ou acaricides sur

les vêtements (pour le bas du corps notamment). Enfin, pour limiter la transmission d'agents pathogènes après la piqure, il est recommandé de retirer la tique au plus tôt, avec par exemple un tire-tique (ou une pince si on n'a pas de tire-tique) (figure 8). De nombreuses fiches à destination du grand public précisent l'usage des tire-tiques, que tout promeneur doit avoir avec soi.

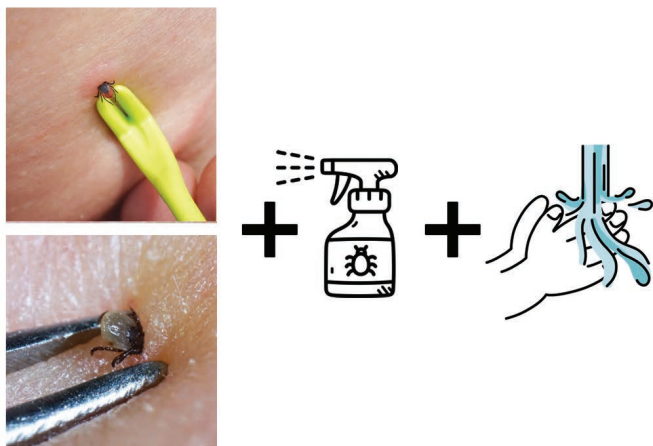


Figure 8. Enlever une tique.

L'essentiel est de saisir la tique à la base (et non par le milieu du corps) pour bien enlever la totalité du corps. L'idéal est d'utiliser un tire-tique avec un mouvement de rotation (comme un tire-bouchon), mais une pince à épiler fonctionne aussi. Il faut ensuite désinfecter la zone piquée, puis se laver et se désinfecter les mains (certains virus ou bactéries peuvent être contagieux par voie aérienne).

Il est important de bien inspecter son corps, le jour même et le lendemain, en revenant de balade ou de son jardin s'il est infesté de tiques. Pour les bactéries, la transmission se fait plusieurs heures après la piqure (pour *Borrelia*, on considère qu'il faut généralement au moins 24 heures pour qu'il y ait transmission). Mais pour les virus, comme le virus de l'encéphalite à tiques, la transmission est malheureusement très rapide, en quelques minutes à une heure après la piqure.

COMMENT RÉDUIRE L'EXPOSITION CHEZ LES ANIMAUX DOMESTIQUES ?

Les animaux de compagnie peuvent ramener des tiques au cours de leurs promenades et les déposer à proximité des habitations. Traiter régulièrement les animaux avec des acaricides ou les surveiller quotidiennement et retirer les tiques permet d'une part de les protéger des maladies transmises par les tiques, et d'autre part de limiter l'infestation aux abords des maisons. Ces maladies sont parfois graves et représentent un risque important pour la santé de ces animaux (chiens, chevaux, ruminants), leurs performances en course (chevaux) et leur production (ruminants).

La plupart des molécules antiparasitaires développées dans le monde pour protéger ou traiter les animaux domestiques des infestations par les parasites externes ont une activité acaricide. En climat méditerranéen par exemple, il est fortement recommandé de traiter les chiens qui vivent dans les maisons contre les tiques, afin de limiter le risque d'introduction et de prolifération de *Rhipicephalus sanguineus* dans les habitations. Lors d'infestations par les tiques ou de risque de maladies trop importantes, les animaux d'élevage peuvent être aussi traités. L'utilisation des antiparasitaires est cependant limitée pour les animaux en lactation, pour réduire le risque de les retrouver dans le lait. Dans les élevages de chèvres, l'utilisation d'acaricides pourrait être intéressante pour protéger l'homme de l'infection par le virus de l'encéphalite à tiques, qui peut aussi s'attraper par la consommation de produits au lait cru de chèvres infectées (elles-mêmes piquées par des tiques infectées). Toutefois, les vétérinaires et les éleveurs sont confrontés à un défaut de molécules autorisées et sans rémanence dans le lait pour traiter ou protéger les chèvres des infestations par les tiques. Dans certains pays en milieu tropical, le niveau d'infestation des ruminants par les tiques est si important que les éleveurs sont contraints de traiter régulièrement leurs animaux, ne serait-ce que pour limiter les lésions et les surinfections dues aux plaies engendrées, sans parler des maladies transmises par elles. Les traitements se font par pulvérisation ou par application sur la peau, ou encore, dans certains pays du sud-est de l'Afrique et d'Amérique du Sud,

par immersion collective dans un bain avec acaricides. Ces bains collectifs ont été développés en Afrique, en Amérique du Sud et au Mexique, lors de la période de lutte intensive contre les tiques et les maladies à tiques, entre les années 1940 à 1980. Les animaux y étaient traités toutes les semaines ou tous les 15 jours avec des organophosphorés, carbamates ou de l'amitraz.

IMPACT ENVIRONNEMENTAL DES ACARICIDES ET RÉSISTANCE

L'utilisation de molécules acaricides sur les animaux n'est pas sans danger pour la santé humaine. Les molécules déposées sur la peau des carnivores sont censées présenter un risque minime lorsque l'on respecte les conditions d'utilisation (il faut notamment éviter de toucher la zone après application). De nouvelles molécules (isoxazolines notamment) peuvent désormais être administrées par voie orale et présenter une alternative intéressante, car on ne les retrouve pas sur la peau. Toutefois, il est désormais reconnu qu'elles sont susceptibles de laisser dans les excréments des carnivores des résidus nocifs pour l'environnement et la faune sauvage. Le ramassage des excréments permet de limiter ce risque pour l'environnement.

Les conséquences économiques des tiques et leurs maladies sur la production des élevages dans le monde, en particulier dans les pays tropicaux, sont telles que des traitements acaricides de grande ampleur, pas toujours bien encadrés, ont été et sont encore réalisés. Il faut savoir que l'utilisation inappropriée, à grande échelle ou non contrôlée, des acaricides peut conduire à l'apparition de populations de tiques résistantes, comme on le voit aujourd'hui avec les antibiotiques et les bactéries, ou certains insecticides. Ces traitements massifs ont conduit à l'apparition de tiques résistantes aux principales molécules actuellement disponibles sur le marché. C'est notamment documenté pour une espèce de tique tropicale *Rhipicephalus microplus*, spécifique des bovins. En raison de son cycle particulier, cette espèce est exposée aux molécules acaricides à tous les stades, ce qui représente une intense pression de sélection pour le développement

de résistances. Ce phénomène est aujourd'hui un défi majeur pour les éleveurs et pousse à la recherche d'autres pistes pour la gestion des tiques. Les espèces qui circulent entre de nombreuses espèces hôtes et notamment sur la faune sauvage, non traitée, comme c'est le cas d'*Ixodes ricinus*, ont quant à elles moins de chances de développer de telles résistances.

Il n'y a donc pas de solution miracle et la clé réside dans un usage raisonné et respectueux des recommandations d'utilisation des molécules antiparasitaires disponibles sur le marché du médicament vétérinaire, avec une rotation des classes d'acaricides utilisées, associée à une lutte intégrée des tiques incluant par exemple, pour les animaux d'élevage, la gestion des pâturages (rotation des parcelles) et l'introduction de races plus résistantes aux tiques et à leurs maladies. Cette utilisation raisonnée permet théoriquement de protéger la santé animale, la santé humaine et la santé environnementale et limite le risque de développement de résistances, qui, comme pour les antibiotiques, deviennent un enjeu majeur pour l'avenir.

Une autre piste de recherche consisterait à identifier des cibles moléculaires qui seraient spécifiques aux tiques, ce qui permettrait de développer des molécules acaricides ne ciblant que les tiques. Néanmoins, les cibles moléculaires de choix pour les molécules insecticides sont typiquement des neurorécepteurs, qui sont fondamentalement les mêmes entre insectes et tiques, et il n'y a pas eu à notre connaissance de cible unique aux tiques qui aurait fait l'objet d'un développement d'acaricide spécifique et plus « vertueux ».

PEUT-ON RÉDUIRE LA VULNÉRABILITÉ ?

La vulnérabilité est la troisième composante du risque (voir figure 7), et cette étape intervient dès lors qu'on a été piqué par une tique infectée. On ne peut pas complètement maîtriser la vulnérabilité, car elle est pour partie liée au système immunitaire de chaque individu et à des variations dues à la génétique. Cependant, la vaccination offre une possibilité de protection. Grâce à elle, une piqûre par des tiques infectées pourrait ne

pas avoir de conséquences pour l'organisme, même s'il faut bien considérer que la plupart des vaccins sont spécifiques et ne protègent pas contre toutes les infections.

Vaccination contre les agents pathogènes transmis par les tiques

Un vaccin utilisant des souches inactivées de *B. burgdorferi* s.s., *B. garinii* et *B. afzelii* est disponible pour la protection des chiens contre la maladie de Lyme. Cette vaccination du chien fait actuellement l'objet de controverses, notamment parce que les conséquences de l'infection par *Borrelia* restent mal connues chez cette espèce (de nombreux animaux pourraient être naturellement résistants à l'infection) et que les chiens infectés semblent répondre efficacement à un traitement antibiotique correctement administré. Pour le chien, un vaccin contre la piroplasmose canine a été également développé.

Il n'existe actuellement encore aucun vaccin homologué pour la prévention de la maladie de Lyme chez l'homme en Europe. Des vaccins sont cependant en cours de développement, le plus avancé étant le VLA15 (Bézay *et al.*, 2024). Ce vaccin stimule le système immunitaire humain à partir d'une protéine recombinante basée sur plusieurs espèces de bactéries du genre *Borrelia*. Son bénéfice serait potentiellement très significatif, en particulier pour les personnes les plus exposées aux piqûres de tiques de par leur activité (forestiers, agriculteurs, randonneurs, etc.).

Il existe plusieurs vaccins pour protéger de la TBE chez l'humain. Leur efficacité est très bonne, estimée à plus de 95 %. Il est nécessaire de faire trois injections en primo-injection, puis un rappel tous les 3 à 10 ans, selon les recommandations des pays. La Suisse a récemment recommandé d'espacer les rappels à 10 ans, au vu des données qui montraient une bonne protection.

Renforcer l'immunité naturelle des animaux

Pour certaines maladies à tiques d'animaux d'élevage telles que la babésiose ou l'anaplasmose en milieu tropical, leur gestion consiste à rechercher une situation de stabilité enzootique, c'est-à-dire une situation où la transmission du pathogène est suffisamment fréquente pour que la plupart des jeunes animaux

soient infectés alors qu'ils bénéficient encore d'une immunité *via* les anticorps maternels. Cette infection précoce représente une forme de vaccination naturelle et permet le développement d'une immunité durable. La maladie circule alors de manière silencieuse au sein du troupeau, avec une faible incidence de cas cliniques. Ainsi, au lieu d'essayer d'éradiquer ou d'empêcher à tout prix l'exposition des animaux à ces agents pathogènes, *via* l'utilisation intensive des acaricides (méthode difficile, coûteuse et dangereuse pour la faune non-cible), l'idée est de maintenir un certain équilibre où l'effet de l'agent pathogène est contrôlé. Pour que la stabilité enzootique soit atteinte et maintenue, il faut cependant la combinaison de plusieurs conditions. Les tiques et leurs agents pathogènes doivent être suffisamment présents dans l'environnement des animaux pour assurer une transmission régulière aux jeunes pendant la période où ils bénéficient encore d'une immunité naturelle, ainsi qu'aux adultes pour maintenir leur immunité. L'introduction d'animaux naïfs (non exposés) peut cependant perturber cet équilibre et entraîner l'apparition de cas cliniques. La stabilité enzootique peut donc être efficace dans certaines conditions, mais nécessite une gestion attentive et une surveillance continue pour prévenir les déséquilibres pouvant conduire à la résurgence de cas cliniques.

Une stratégie similaire pourrait être envisagée pour le virus de l'encéphalite à tiques, afin de réduire le risque de contamination des humains par des produits laitiers. Si les jeunes animaux sont exposés au virus avant leur mise en lactation, ils pourront en effet développer une immunité protectrice de longue durée, les empêchant d'excréter le virus dans le lait et réduisant la contamination du lait en tank. Cependant, les connaissances actuelles restent limitées pour évaluer la faisabilité de cette approche en France. En effet, on ne connaît pas la durée de l'immunité chez les animaux, le niveau d'exposition annuel au virus en fonction des contextes écologiques et la dose infectieuse pour l'homme.



Profiter de la nature en restant vigilant

Nous nous sommes ici intéressés aux tiques en raison des interrogations et peurs qu'elles suscitent, notamment auprès du grand public. Nous avons, dans cet ouvrage, dressé tout d'abord leur bref portrait en tant qu'organisme vivant, car il est important de bien connaître leur biologie et les caractéristiques écologiques des différentes espèces de ce groupe pour bien comprendre le danger et s'en prémunir. Nous avons ainsi montré que les tiques font partie intégrante du monde vivant, en tant que parasites des vertébrés, mais aussi en tant que ressource importante de nourriture pour d'autres animaux (oiseaux, insectes parasitoïdes). Enfin, les tiques hébergent elles-mêmes un petit écosystème, notamment par leurs associations avec de nombreuses bactéries.

Au cours de l'évolution, la science montre qu'à partir de mêmes ancêtres communs les trajectoires de ces bactéries ont été très diverses, certaines représentant actuellement des agents pathogènes redoutés en santé humaine (certaines *Borrelia* responsables de la maladie de Lyme, certaines *Francisella* avec la tularémie, etc.), tandis que d'autres espèces de bactéries sont devenues des acteurs associés à la vie des tiques sans effet direct sur l'humain (comme certaines bactéries proches des *Francisella*, devenues symbiotiques de tiques par ex.). Cet exemple montre le besoin essentiel de connaissances précises sur toutes les composantes de la biologie des tiques, pour bien évaluer et cibler les risques associés. Plus largement, la connaissance de cette biologie nous incite à dépasser le regard de dégoût un peu primaire que nous pouvons avoir pour ces organismes, pour comprendre comment un mode de vie si particulier, fondé sur le parasitisme et l'hématophagie stricte, peut s'être installé et finement adapté au fil de millions d'années au sein d'un sous-groupe des Arachnida, la grande famille d'arthropodes qui comprend par exemple les araignées et les scorpions. Si les tiques resteront des mal-aimées du

public, leur mode de vie et leur biologie demeurent fascinants, et elles sont bien des éléments du vivant.

À ce titre, les tiques vont par exemple être fortement impactées par le changement global : certaines espèces vont ainsi disparaître localement (parce que le climat local leur devient trop défavorable), voire complètement (pour les espèces étroitement liées à une espèce de vertébrés elle-même en voie d'extinction)... mais l'humain sera sans doute plus sensible aux évolutions inverses qui vont concerner d'autres espèces de tiques, qui sont en progression dans de nouvelles régions du monde (*via* des mouvements d'animaux induits par l'homme, ou bien parce qu'elles rencontrent de nouveaux climats favorables). En effet, l'arrivée de nouvelles espèces de tiques ou du moins leur augmentation démographique peut s'accompagner de nouveaux risques de maladies.

La question du risque tique amène à plus largement questionner l'organisation de la santé et les rôles respectifs de l'État et des citoyens. L'État doit-il obligatoirement réduire à zéro tout risque de santé, et lui incombe-t-il forcément de contrôler l'environnement dans ce sens ? La présence des tiques comme composante naturelle des milieux, localement en grande abondance, montre bien que de tels objectifs ne sont pas réalistes. En d'autres termes, on ne peut adapter l'environnement à l'homme à l'échelle d'un vaste territoire, ni en contrôler toutes ses composantes, y compris si certains de ses acteurs ont des effets indésirables : le rapport coût-résultat serait désastreux tant sur le plan financier que sur celui de la biodiversité. Le bon sens amène plutôt ici le citoyen à s'emparer de cette problématique et, comme dans nombre de ses activités, à évaluer et accepter une part de risque, tout en adaptant ses comportements pour le minimiser. Du point de vue des communautés de professionnels de la santé comme des scientifiques, l'activité d'information du public sur ces risques doit être renforcée, afin que les choix des citoyens soient au maximum des choix « éduqués ». Mais il n'est pas question d'inciter à un repli vers la sédentarité, alors que la nature fait du bien.

Prenons donc conscience des risques associés à certaines maladies, mais sans céder à la pression médiatique qui agite des paniques : les maladies transmises par les tiques se soignent généralement

bien, même si certains cas traités tardivement peuvent poser problème. Les systèmes immunitaires des gens fonctionnent, le système sanitaire fonctionne, et donc l'humain n'est pas désarmé face à ce risque. Les populations de tiques peuvent localement augmenter, mais il n'y a pas forcément d'invasion ni de progression fulgurante des tiques ni des maladies associées à une échelle globale. Si de nouveaux risques peuvent néanmoins arriver (on l'a vu avec le virus CCHF et la progression d'une nouvelle espèce, *Hyalomma marginatum*), ce risque peut être mitigé par une adaptation des comportements. En somme, nous sommes incités à porter un regard plus responsable face aux risques sanitaires, réels, mais contrôlables, et plus largement vis-à-vis des interactions entre l'homme et la nature. Espérons que les quelques éléments de connaissance que nous avons tenté de rassembler dans cet ouvrage puissent y contribuer.



Références bibliographiques

Aardema M.L., 2023. Genomic analyses indicate the North American Ap-ha variant of the tick-vectored bacterium *Anaplasma phagocytophilum* was introduced from Europe. *Parasit. Vectors*, 16, 301, <https://doi.org/10.1186/s13071-023-05914-x>.

Altay K., Erol U., Sahin O.F., 2024. *Anaplasma capra*: a new emerging tick-borne zoonotic pathogen. *Vet. Res. Commun.*, 48, 1 329-1340, <https://doi.org/10.1007/s11259-024-10337-9>.

Bézay N., Wagner L., Kadlecsek V., Obersriebnig M., Wressnigg N., Hochreiter R., Schneider M., Dubischar K., Derhaschnig U., Klingler A., Larcher-Senn J., Eder-Lingelbach S., Bender W., 2024. Optimisation of dose level and vaccination schedule for the VLA15 Lyme borreliosis vaccine candidate among healthy adults: two randomised, observer-blind, placebo-controlled, multicentre, phase 2 studies. *Lancet Infect. Dis.*, 24, 1045-1058, [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(24\)00175-0](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(24)00175-0).

Binetruy F., Garnier S., Boulanger N., Talagrand-Reboul É., Loire E., Faivre B., Noël V., Buysse M., Duron O., 2020. A novel *Borrelia* species, intermediate between Lyme disease and relapsing fever groups, in neotropical passerine-associated ticks. *Sci. Rep.*, 10, 10596, <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66828-7>.

Bodur H., Akinci E., Ascioglu S., Öngürü P., Uyar Y., 2012. Subclinical Infections with Crimean-Congo Hemorrhagic Fever Virus, Turkey. *Emerg. Infect. Dis.*, 18, 640-642, <https://doi.org/10.3201/eid1804.111374>.

Boxler B., Odermatt P., Haag-Wackernagel D., 2016. Host finding of the pigeon tick *Argas reflexus*. *Med. Vet. Entomol.*, 30, 193-199, <https://doi.org/10.1111/mve.12165>.

Carr A.L., Salgado V.L., 2019. Ticks home in on body heat: A new understanding of Haller's organ and repellent action. *PLOS ONE*, 14, e0221659, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221659>.

Devevey G., Brisson D., 2012. The effect of spatial heterogeneity on the aggregation of ticks on white-footed mice. *Parasitology*, 139, 10.1017/S003118201200008X, <https://doi.org/10.1017/S003118201200008X>.

Faulde M.K., Rutenfranz M., Hepke J., Rogge M., Görner A., Keth A., 2014. Human tick infestation pattern, tick-bite rate, and associated *Borrelia burgdorferi* s.l. infection risk during occupational tick exposure at

the Seedorf military training area, northwestern Germany. *Ticks Tick Borne Dis.*, 5, 594-599. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2014.04.009>.

Gray J.S., Kirstein F., Robertson J.N., Stein J., Kahl O., 1999. *Borrelia burgdorferi* sensu lato in *Ixodes ricinus* Ticks and Rodents in a Recreational Park in South-Western Ireland. *Exp. Appl. Acarol.*, 23, 717-729, <https://doi.org/10.1023/A:1006233700194>.

Grigoryeva L.A., Miteva O.A., Kustova D.V., Shatrov A.B., 2024. Transovarial and transstadial transmission of *Borrelia valaisiana*, the pathogen of Lyme borreliosis, in the sheep tick, *Ixodes ricinus* L. *Exp. Appl. Acarol.*, 94, 6, <https://doi.org/10.1007/s10493-024-00973-w>.

Guizzo M.G., Hatalová T., Frantová H., Zurek L., Kopáček P., Perner J., 2023. *Ixodes ricinus* ticks have a functional association with *Midichloria mitochondrii*. *Front. Cell. Infect. Microbiol.*, 12, <https://doi.org/10.3389/fcimb.2022.1081666>.

Hofmeester T.R., Jansen P.A., Wijnen H.J., Coipan E.C., Fonville M., Prins H.H.T., Sprong H., Van Wieren S.E., 2017. Cascading effects of predator activity on tick-borne disease risk. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.*, 284, 20170453, <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.0453>.

Hornok S., Sugár L., Fernández de Mera I.G., de la Fuente J., Horváth G., Kovács T., Micsutka A., Gönczi E., Flaisz B., Takács N., Farkas R., Meli M.L., Hofmann-Lehmann R., 2018. Tick- and fly-borne bacteria in ungulates: the prevalence of *Anaplasma phagocytophilum*, haemoplasmas and rickettsiae in water buffalo and deer species in Central Europe, Hungary. *BMC Vet. Res.*, 14, 98, <https://doi.org/10.1186/s12917-018-1403-6>.

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, <https://doi.org/10.1017/S0031182098003564>.

Hvidsten D., Frafjord K., Gray J.S., Henningsson A.J., Jenkins A., Kristiansen B.E., Lager M., Rognerud B., Slåtve A.M., Stordal F., Stuen S., Wilhelmsson P., 2020. The distribution limit of the common tick, *Ixodes ricinus*, and some associated pathogens in north-western Europe. *Ticks Tick-Borne Dis.*, 11, 101388, <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2020.101388>.

Jia N., Wang J., Shi W., Du L., Sun Y., Zhan W., Jiang J.-F., Wang Q., Zhang B., Ji P., Bell-Sakyi L., Cui X.-M., Yuan T.-T., Jiang B.-G., Yang W.-F., Lam T.T.-Y., Chang Q.-C., Ding S.-J., Wang X.-J., Zhu J.-G., Ruan X.-D., Zhao L., Wei J.-T., Ye R.-Z., Que T.C., Du C.-H., Zhou Y.-H., Cheng J.X., Dai P.-F., Guo W.-B., Han X.-H., Huang E.-J., Li L.-F., Wei W., Gao Y.-C.,

- Liu J.-Z., Shao H.-Z., Wang X., Wang C.-C., Yang T.-C., Huo Q.-B., Li W., Chen H.-Y., Chen S.-E., Zhou L.-G., Ni X.-B., Tian J.-H., Sheng Y., Liu T., Pan Y.-S., Xia L.-Y., Li J., Tick Genome and Microbiome Consortium (TIGMIC), Zhao F., Cao W.-C., 2020. Large-Scale Comparative Analyses of Tick Genomes Elucidate Their Genetic Diversity and Vector Capacities. *Cell*, 182, 1328-1340.e13, <https://doi.org/10.1016/j.cell.2020.07.023>.
- Mariconti M., Epis S., Gaibani, P., Dalla Valle C., Sassera D., Tomao P., Fabbri M., Castelli F., Marone P., Sambri V., Bazzocchi C., Bandi C., 2012. Humans parasitized by the hard tick *Ixodes ricinus* are seropositive to *Midichloria mitochondrii*: is *Midichloria* a novel pathogen, or just a marker of tick bite? *Pathog. Glob. Health*, 106, 391-396, <https://doi.org/10.1179/2047773212Y.0000000050>.
- Marié J.-L., Watier-Grillot S., Roqueplo C., Davoust B., 2020. Pathogènes, faune sauvage et camps militaires du Sud-Est de la France. *Bulletin de l'Académie vétérinaire de France*, 173, 231-243, <https://doi.org/10.3406/bavf.2020.70919>.
- Ndawula C., 2021. From Bench to Field: A Guide to Formulating and Evaluating Anti-Tick Vaccines Delving beyond Efficacy to Effectiveness. *Vaccines*, 9, 1185, <https://doi.org/10.3390/vaccines9101185>.
- Richter D., Debski A., Hubalek Z., Matuschka F.-R., 2012. Absence of Lyme disease spirochetes in larval *Ixodes ricinus* ticks. *Vector Borne Zoonotic Dis.*, 12 (1), 21-27, <https://doi.org/10.1089/vbz.2011.0668>.
- Rosani U., Sollitto M., Fogal N., Salata C., 2023. Comparative analysis of Presence-Absence gene Variations in five hard tick species: impact and functional considerations. *Int. J. Parasitol*, <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2023.08.004>.
- Roszbach B., Kegel P., Süß H., Letzel S., 2016. Biomonitoring and evaluation of permethrin uptake in forestry workers using permethrin-treated tick-proof pants. *J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol.*, 26, 95-103, <https://doi.org/10.1038/jes.2015.34>.
- Schröder N.W.J., Diterich I., Zinke A., Eckert J., Draing C., von Baehr V., Hassler D., Priem S., Hahn K., Michelsen K.S., Hartung T., Burmester G.R., Göbel U.B., Hermann C., Schumann R.R., 2005. Heterozygous Arg753Gln polymorphism of human TLR-2 impairs immune activation by *Borrelia burgdorferi* and protects from late stage Lyme disease. *J. Immunol.*, 175 (4), 2534-2540, <https://doi.org/10.4049/jimmunol.175.4.2534>.
- Steinbrink A., Brugger K., Margos G., Kraiczy P., Klimpel S., 2022. The evolving story of *Borrelia burgdorferi sensu lato* transmission in Europe. *Parasitol. Res.*, 121, 781-803, <https://doi.org/10.1007/s00436-022-07445-3>.

Crédits iconographiques

Couverture : © Alexey Protasov (Adobe Stock 305399157).

Figures 3, 5 et 7 : © Jonas Durand.

Figures 1, 2, 4 et 6 : © Claude Rispe.

Figure 8 : photographies haut et bas : © Sahara Frost (Adobe Stock 354268178 et 450679310) ; dessin de droite : © ninimiou (Adobe Stock 1685442512) ; et dessin de gauche : © hananami (Adobe Stock 171743683770).

Responsable éditoriale : Véronique Vétó

Coordination de l'édition : Anne-Lise Prodel

Édition : Mickaël Legrand

Mise en page :  **EliLoCom**

Réalisation des figures : Naïmi Design EI

Achevé d'imprimer en décembre 2025 par ISIprint (France)

Numéro d'impression :

Dépôt légal : janvier 2026

Face aux déséquilibres écologiques et au risque croissant d'épidémies liés au changement global, il est légitime de s'interroger sur le rôle des tiques, connues pour transmettre de nombreux agents pathogènes à l'homme et l'animal. Elles peuvent être à l'origine d'un certain nombre de maladies, comme la maladie de Lyme.

Cet ouvrage présente en premier lieu des éléments de base sur la biologie et l'écologie de ces parasites : quels sont leurs habitats, leurs hôtes préférés ? Comment localisent-ils ces hôtes et comment se reproduisent-ils ? Quels agents pathogènes transmettent-ils ? Sommes-nous égaux face au risque de piqûre ? Quelles sont les zones les plus infestées ?

Les composantes du risque lié aux tiques et les moyens de connaître et suivre ce risque sont ensuite détaillés. Des stratégies sont proposées, qu'il s'agisse d'actions individuelles (adaptation des comportements, recours éventuel à la vaccination) ou collectives (meilleure gestion des zones de contact entre espaces naturels et zones habitées).

Ce livre s'adresse à toute personne pratiquant des activités de plein air, ainsi qu'aux étudiants et enseignants. Il invite, sans alarmisme, à une approche basée sur la vigilance.

Claude Rispe est chercheur INRAE, dans l'unité BIOEPAR. Il étudie la génomique et la biologie évolutive des tiques.

Laure Bournez est vétérinaire épidémiologiste, chercheuse au laboratoire Anses de la rage et de la faune sauvage. Ses travaux portent sur l'écologie et l'épidémiologie des tiques.

Jonas Durand est ingénieur de recherche sur le programme participatif CiTIQUE à l'université de Lorraine.

Olivier Duron est directeur de recherche au CNRS (unité MIVEGEC). Il travaille sur l'écologie évolutive des interactions entre tiques, bactéries symbiotiques et agents pathogènes.

Magalie René-Martellet est vétérinaire, enseignante-chercheuse au sein de l'UMR EPIA. Ses travaux portent sur la biologie, l'écologie et l'épidémiologie des tiques.

éditions
Quæ

Éditions Cirad, Ifremer, INRAE
www.quae.com

INRAE

17 €

ISBN : 978-2-7592-4205-4



9 782759 242054

ISSN : 2267-3032

Réf. : 03037