



HAL
open science

Prévention de la maladie de Lyme et création d'une mallette pédagogique à destination des enfants

Charlotte Parmentier

► **To cite this version:**

Charlotte Parmentier. Prévention de la maladie de Lyme et création d'une mallette pédagogique à destination des enfants. Sciences pharmaceutiques. 2021. hal-03806064

HAL Id: hal-03806064

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-03806064>

Submitted on 7 Oct 2022

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.



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>



UNIVERSITÉ
DE LORRAINE



FACULTÉ
DE PHARMACIE

UNIVERSITE DE LORRAINE

2021

FACULTE DE PHARMACIE

THESE

Présentée et soutenue publiquement

Le 12 mai 2021, sur un sujet dédié à :

PREVENTION DE LA MALADIE DE LYME ET CREATION D'UNE MALLETTE
PEDAGOGIQUE A DESTINATION DES ENFANTS

pour obtenir

le Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie

par Charlotte PARMENTIER

né(e) le 06/05/96

Membres du Jury

Président : Mme Brigitte LEININGER MULLER, Professeur

Directeur : Mme Sandrine CAPIZZI, Maître de conférences

Juges : Mme Laurence JACOPS, Pharmacien titulaire

Mme Catherine BONNEFON, Pharmacien titulaire

**UNIVERSITÉ DE LORRAINE
FACULTÉ DE PHARMACIE
Année universitaire 2020-2021**

DOYEN

Raphaël DUVAL

Vice-Doyen

Julien PERRIN

Directrice des études

Marie SOCHA

Conseil de la Pédagogie

Présidente, Brigitte LEININGER-MULLER

Vice-Présidente, Alexandrine LAMBERT

Collège d'Enseignement Pharmaceutique Hospitalier

Présidente, Béatrice DEMORE

Commission Prospective Facultaire

Président, Igor CLAROT

Vice-Président, Raphaël DUVAL

Commission de la Recherche

Présidente, Caroline GAUCHER

Chargés de Mission

Communication

Innovation pédagogique

Référente ADE

Référente dotation sur projet (DSP)

Référent vie associative

Aline BONTEMPS

Alexandrine LAMBERT

Virginie PICHON

Marie-Paule SAUDER

Arnaud PALLOTTA

Responsabilités

Filière Officine

Filière Industrie

Filière Hôpital

Pharma Plus ENSIC

Pharma Plus ENSAIA

Pharma Plus ENSGSI

Cellule de Formation Continue et Individuelle

Commission d'agrément des maîtres de stage

ERASMUS

Caroline PERRIN-SARRADO

Julien GRAVOULET

Isabelle LARTAUD,

Jean-Bernard REGNOUF de VAINS

Béatrice DEMORE

Marie SOCHA

Jean-Bernard REGNOUF de VAINS

Xavier BELLANGER

Igor CLAROT

Luc FERRARI

François DUPUIS

Mihayl VARBANOV

DOYENS HONORAIRES

Chantal FINANCE

Francine PAULUS

Claude VIGNERON

PROFESSEURS EMERITES

Pierre LEROY

Philippe MAINCENT

Claude VIGNERON

PROFESSEURS HONORAIRES

Jean-Claude BLOCK

MAITRES DE CONFERENCES HONORAIRES

Monique ALBERT

Pierre DIXNEUF
 Chantal FINANCE
 Marie-Madeleine GALTEAU
 Thérèse GIRARD
 Pierre LABRUDE
 Vincent LOPPINET
 Alain NICOLAS
 Janine SCHWARTZBROD
 Louis SCHWARTZBROD

Mariette BEAUD
 François BONNEAUX
 Gérald CATAU
 Jean-Claude CHEVIN
 Jocelyne COLLOMB
 Bernard DANGIEN
 Dominique DECOLIN
 Marie-Claude FUZELLIER
 Françoise HINZELIN
 Marie-Hélène LIVERTOUX
 Bernard MIGNOT
 Blandine MOREAU
 Dominique NOTTER
 Francine PAULUS
 Christine PERDICAKIS
 Marie-France POCHON
 Anne ROVEL
 Gabriel TROCKLE
 Maria WELLMAN-ROUSSEAU
 Colette ZINUTTI

ASSISTANTS HONORAIRES

Marie-Catherine BERTHE
 Annie PAVIS

ENSEIGNANTS

Section CNU*

Discipline d'enseignement

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

Danièle BENSOUSSAN-LEJZEROWICZ	82	<i>Thérapie cellulaire</i>
Béatrice DEMORE	81	<i>Pharmacie clinique</i>
Jean-Louis MERLIN	82	<i>Biologie cellulaire</i>
Jean-Michel SIMON	81	<i>Economie de la santé, Législation pharmaceutique</i>
Nathalie THILLY	81	<i>Santé publique et Epidémiologie</i>

PROFESSEURS DES UNIVERSITES

Ariane BOUDIER	85	<i>Chimie Physique</i>
Christine CAPDEVILLE-ATKINSON	86	<i>Pharmacologie</i>
Igor CLAROT	85	<i>Chimie analytique</i>
Joël DUCOURNEAU	85	<i>Biophysique, Acoustique, Audioprothèse</i>
Raphaël DUVAL	87	<i>Microbiologie clinique</i>
Béatrice FAIVRE	87	<i>Hématologie, Biologie cellulaire</i>
Luc FERRARI	86	<i>Toxicologie</i>
Pascale FRIANT-MICHEL	85	<i>Mathématiques, Physique</i>
Christophe GANTZER	87	<i>Microbiologie</i>
Frédéric JORAND	87	<i>Eau, Santé, Environnement</i>
Isabelle LARTAUD	86	<i>Pharmacologie</i>
Dominique LAURAIN-MATTAR	86	<i>Pharmacognosie</i>
Brigitte LEININGER-MULLER	87	<i>Biochimie</i>
Patrick MENU	86	<i>Physiologie</i>
Jean-Bernard REGNOUF de VAINS	86	<i>Chimie thérapeutique</i>
Bertrand RIHN	87	<i>Biochimie, Biologie moléculaire</i>

MAITRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

Alexandre HARLE ^H	82	<i>Biologie cellulaire oncologique</i>
Julien PERRIN	82	<i>Hématologie biologique</i>
Loïc REPEL	82	<i>Biothérapie</i>
Marie SOCHA	81	<i>Pharmacie clinique, thérapeutique et biotechnique</i>

MAITRES DE CONFÉRENCES

Xavier BELLANGER ^H	87	<i>Parasitologie, Mycologie médicale</i>
Emmanuelle BENOIT ^H	86	<i>Communication et Santé</i>
Isabelle BERTRAND ^H	87	<i>Microbiologie</i>
Michel BOISBRUN ^H	86	<i>Chimie thérapeutique</i>
Cédric BOURA ^H	86	<i>Physiologie</i>
Sandrine CAPIZZI	87	<i>Parasitologie</i>
Antoine CAROF	85	<i>Informatique</i>
Frédérique CHANGEY	87	<i>Microbiologie</i>
Sébastien DADE	85	<i>Bio-informatique</i>
Natacha DREUMONT ^H	87	<i>Biochimie générale, Biochimie clinique</i>
Florence DUMARCAY ^H	86	<i>Chimie thérapeutique</i>
François DUPUIS ^H	86	<i>Pharmacologie</i>
Reine EL OMAR	86	<i>Physiologie</i>
Adil FAIZ	85	<i>Biophysique, Acoustique</i>
Anthony GANDIN	87	<i>Mycologie, Botanique</i>
Caroline GAUCHER ^H	86	<i>Chimie physique, Pharmacologie</i>
Stéphane GIBAUD ^H	86	<i>Pharmacie clinique</i>
Thierry HUMBERT	86	<i>Chimie organique</i>
Olivier JOUBERT ^H	86	<i>Toxicologie, Sécurité sanitaire</i>

ENSEIGNANTS (suite)

Section CNU* Discipline d'enseignement

Alexandrine LAMBERT	85	<i>Informatique, Biostatistiques</i>
Julie LEONHARD ^H	86/01	<i>Droit en Santé</i>
Christophe MERLIN ^H	87	<i>Microbiologie environnementale</i>
Maxime MOURER ^H	86	<i>Chimie organique</i>
Coumba NDIAYE	86	<i>Epidémiologie et Santé publique</i>
Arnaud PALLOTTA	85	<i>Bioanalyse du médicament</i>
Marianne PARENT	85	<i>Pharmacie galénique</i>
Caroline PERRIN-SARRADO	86	<i>Pharmacologie</i>
Virginie PICHON	85	<i>Biophysique</i>
Sophie PINEL ^H	85	<i>Informatique en Santé (e-santé)</i>
Anne SAPIN-MINET ^H	85	<i>Pharmacie galénique</i>
Marie-Paule SAUDER	87	<i>Mycologie, Botanique</i>
Guillaume SAUTREY	85	<i>Chimie analytique</i>
Rosella SPINA	86	<i>Pharmacognosie</i>
Sabrina TOUCHET	86	<i>Pharmacochimie</i>
Mihayl VARBANOV	87	<i>Immuno-Virologie</i>
Marie-Noëlle VAULTIER ^H	87	<i>Mycologie, Botanique</i>
Emilie VELOT ^H	86	<i>Physiologie-Physiopathologie humaines</i>
Mohamed ZAIYOU ^H	87	<i>Biochimie et Biologie moléculaire</i>

PROFESSEUR ASSOCIE

Julien GRAVOULET	86	<i>Pharmacie clinique</i>
------------------	----	---------------------------

PROFESSEUR AGREGE

Christophe COCHAUD

11

Anglais

^H Maître de conférences titulaire HDR

* Disciplines du Conseil National des Universités :

80 : Personnels enseignants et hospitaliers de pharmacie en sciences physico-chimiques et ingénierie appliquée à la santé

81 : Personnels enseignants et hospitaliers de pharmacie en sciences du médicament et des autres produits de santé

82 : Personnels enseignants et hospitaliers de pharmacie en sciences biologiques, fondamentales et cliniques

85 ; Personnels enseignants-chercheurs de pharmacie en sciences physico-chimiques et ingénierie appliquée à la santé

86 : Personnels enseignants-chercheurs de pharmacie en sciences du médicament et des autres produits de santé

87 : Personnels enseignants-chercheurs de pharmacie en sciences biologiques, fondamentales et cliniques

11 : Professeur agrégé de lettres et sciences humaines en langues et littératures anglaises et anglo-saxonnes

**« LA FACULTE N'ENTEND DONNER AUCUNE APPROBATION, NI IMPROBATION
AUX OPINIONS EMISES DANS LES THESES, CES OPINIONS DOIVENT ETRE
CONSIDEREES COMME PROPRES A LEUR AUTEUR ».**

SERMENT DE GALIEN

En présence des Maitres de la Faculté, je fais le serment :

D'honorer ceux qui m'ont instruit(e) dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle aux principes qui m'ont été enseignés et d'actualiser mes connaissances

D'exercer, dans l'intérêt de la santé publique, ma profession avec conscience et de respecter non seulement la législation en vigueur, mais aussi les règles de Déontologie, de l'honneur, de la probité et du désintéressement ;

De ne jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers la personne humaine et sa dignité

En aucun cas, je ne consentirai à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser des actes criminels.

De ne dévoiler à personne les secrets qui m'auraient été confiés ou dont j'aurais eu connaissance dans l'exercice de ma profession

De faire preuve de loyauté et de solidarité envers mes collègues pharmaciens

De coopérer avec les autres professionnels de santé

Que les Hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois couvert(e) d'opprobre et méprisé(e) de mes confrères si j'y manque.

Remerciements

A ma directrice de thèse,

Dr Sandrine CAPIZZI,

Je tiens à vous remercier de m'avoir fait l'honneur d'être la directrice de cette thèse ainsi que de m'en avoir inspiré ce sujet créatif et intéressant. Merci de votre disponibilité, de vos précieux conseils et de vos enseignements.

A ma présidente de thèse,

Dr Brigitte LENINGER-MULLER,

Je vous remercie d'avoir acceptée la présidence de mon jury. Merci pour le temps et l'intérêt que vous avez bien voulu porter à ce travail. Merci pour vos enseignements durant le cursus universitaire.

A mes juges,

Laurence JACOBS,

Je vous remercie d'avoir acceptée de faire partie de mon jury de thèse. Merci de votre engagement et de vos conseils durant mon stage de 6^{ème} année. Merci de votre soutien et de votre bienveillance.

Catherine BONNEFON,

Je vous remercie d'avoir acceptée de faire partie de mon jury de thèse. Merci de m'avoir fait découvrir le métier de pharmacien lors du stage de 1^{ère} année. Merci de votre investissement et de votre soutien.

A mes parents,

De tout mon cœur, je vous remercie pour tout, pour ce que vous avez fait de moi. Merci de m'avoir épaulé pendant toutes ces années de faculté et de m'avoir soutenue durant les moments difficiles. Merci aussi pour tous les moments de bonheur et de fous rires partagés.

A ma sœur Juliette,

Merci pour tous ces bons moments passés ensemble (et à nos chamailleries). Merci également pour les deux années passées ensemble à l'appartement. J'espère assister au plus vite à ta future thèse.

A Robin,

Merci d'être à mes côtés depuis bientôt 7 ans, merci de ton soutien, de ta bonne humeur et de ta folie. Merci pour ton soutien et pour tes encouragements dans la rédaction de cette thèse. Merci de m'avoir fait découvrir le logiciel GIMP qui m'a beaucoup aidé dans cette thèse et merci à la tique sur ton genou qui m'a permis d'avoir une chouette illustration. Nos projets continuent de se construire et de se concrétiser, j'espère que notre futur sera aussi heureux qu'aujourd'hui. Avec tout mon amour, merci.

A mes grands parents, Michèle, Monique, Jean-Pierre et Maurice

Je tiens à vous remercier pour toutes ces années de partage et de soutien. Merci de m'avoir encouragée pour la rédaction de cette thèse. Merci à toi mamie Michèle, pour ta délicieuse cuisine, pour nos après-midi passées ensemble dans la cuisine ou dans les boutiques. Merci à toi mamie Monique, de m'avoir transmis tes secrets de couture et de cuisine, de m'avoir accueillie tous les midi durant ma scolarité. Merci à toi papi JP pour tes histoires et tes sorties champignons. Merci à toi, papi Maurice pour toutes tes plaisanteries et ces moments de fous rires. Par l'intermédiaire de cette thèse, j'espère vous rendre encore plus fière de moi.

A ma belle famille,

Merci de m'avoir aussi bien acceptée, je n'aurai pas pu espérer mieux. Pour tous les moments passés ensemble et le bonheur que vous nous apportez.

A Aurélie,

Mon binôme, ma douce, je te remercie pour toutes ces années de fac passées ensemble. A nos moments de fous rires, à nos soirées, à nos journées de TP, que de bons souvenirs.

A la pharmacie Jacops & Schild à Réding,

Je tiens à remercier mes deux titulaires, Laurence et Sylvie de m'avoir acceptée pour mon stage de dernière année. Merci de votre investissement tout au long du stage malgré la crise sanitaire.

Merci à toute l'équipe officinale (Laurence, Sylvie x2, Rachel, Mélissa x2 et Françoise) pour tous ces moments agréables passés à vos côtés. Merci d'avoir été là dans mon quotidien et de m'avoir encouragée durant la rédaction de cette thèse.

A la pharmacie de la Faïencerie à Niderviller,

Je tiens à remercier Catherine de m'avoir acceptée pour mon stage de 1^{ère} année. Merci à toute l'équipe (Catherine, Florian et Jean-Jacques) pour m'avoir fait découvrir le métier de pharmacien d'officine. Merci pour ces bons moments et pour votre investissement.

A la pharmacie hospitalière de l'hôpital Saint Nicolas à Sarrebourg,

Je tiens à vous remercier de m'avoir fait découvrir le métier de pharmacien hospitalier. Ce stage a été très formateur et enrichissant humainement et professionnellement. Pour toujours, je garderai de très bons souvenirs de l'ambiance, des repas d'équipe et de l'entraide au sein de la PUI.

A mon coach Steph et toute l'équipe d'athlétisme,

Merci à toute l'équipe pour sa bonne humeur et son entraide permanente. Le sport avec vous est pour moi un moment de détente, de lâcher prise et de remise en forme indispensable. Merci pour vos encouragements dans la rédaction de ma thèse.

Table des matières

Remerciements	1
Table des figures	14
Table des tableaux	15
Table des abréviations	16
Introduction	19
Première partie : La maladie de Lyme.....	21
I. Le vecteur : <i>Ixodes</i>.....	21
1. Classification	21
2. Structure générale.....	21
3. Cycle de vie.....	24
4. Environnement	25
5. L'attaque de la tique	25
II. L'agent infectieux : <i>Borrelia burgdorferi sensu lato</i>	26
1. 1. L'agent pathogène.....	26
2. 2. Caractéristiques bactériologiques	27
3. 3. Réservoir	27
III. Physiopathologie et symptomatologie.....	27
1. Mode de transmission	27
2. Clinique	29
IV. Diagnostic	33
1. Examen clinique et anamnèse	33
2. Technique de recherche directe.....	34
3. Technique de recherche indirecte	35
VI. La prise en charge.....	38
1. Prise en charge initiale	38
2. Recommandations antibiothérapie.....	38
3. Antibiotiques et généralités	40
4. Autres traitements	43
Prévention et outils	44
I. Incidence de la borréliose de Lyme.....	44
II. Prévention de la pathologie	45
1. Prévention et définition.....	45
2. Population cible	45
3. Aménager son extérieur	45
4. Prévention primaire	46
5. Prévention secondaire.....	49
6. Signalement	51
III. Antibioprophylaxie	53
IV. Prévention auprès des animaux.....	53
V. Autres maladies vectorielles à tiques	54
VI. Panneaux et brochures d'informations	55
VII. Campagnes de prévention auprès des enfants.....	56
1. Exemple de la mise en place du service sanitaire	57
2. Outils de prévention	57
Programme scolaire des collégiens et des lycéens	60
I. Programme des sciences de la vie et de la Terre des collégiens.....	60
1. Classe de sixième	60
2. Cycle 4 : classes de 5 ^{ème} , 4 ^{ème} et 3 ^{ème}	60
II. Programme des sciences de la vie et de la Terre des lycéens.....	60
1. Objectifs de l'enseignement des sciences de la vie et de la Terre.....	60
2. La Terre dans l'Univers, la vie et l'évolution du vivant : une planète habitée.....	61
3. Corps humain et santé : l'exercice physique.....	61

III. Programme des sciences de la vie et de la Terre en classe de première scientifique générale	62
3. La Terre dans l'univers, la vie et l'évolution du vivant.....	62
4. Corps humain et santé	62
IV. Programme de la rubrique des sciences de la vie et de la Terre dans les sciences en classe de première générale ES et L.....	62
V. Programme des sciences de la vie et de la Terre en classe de terminale scientifique générale	63
Approche pédagogique et préventive auprès des enfants	64
I. Fiche informative pour l'enseignant.....	64
II. Jeux sérieux	64
1. Règles du jeu et mise en scène	65
2. Première énigme : les accessoires pour une promenade en forêt.....	66
3. Deuxième énigme : le rébus.....	68
4. Troisième énigme : clinique de la pathologie	69
5. Quatrième énigme : morphologie de la tique et de la bactérie.....	71
6. Enigme finale : ouverture du coffre	72
7. Préparation et matériel	74
Conclusion.....	76
Bibliographie	78
Table des annexes	83

Table des figures

Figure 1 : Evolution : larve, nymphe, femelle (de droite à gauche)	22
Figure 2 : <i>Ixodes ricinus</i> femelle à jeun (A) et gorgée de sang (B)	22
Figure 3 : Morphologie d'un acarien	23
Figure 4 : Rostre d' <i>Ixodes ricinus</i>	23
Figure 5 : Cycle de développement d' <i>Ixodes ricinus</i>	24
Figure 6 : Activité saisonnière d' <i>Ixodes ricinus</i> en Europe	25
Figure 7 : Répartition géographique des différentes espèces de <i>Borrelia burgdorferi</i> sl dans le monde	26
Figure 8 : <i>Borrelia burgdorferi sensu lato</i>	27
Figure 9 : Evolution possible après piqûre de tique en l'absence de thérapeutique	28
Figure 10 : érythème migrant	29
Figure 11 : lymphocytome borrélien niveau du lobe de l'oreille (A) et du mamelon (B)	30
Figure 12 : Acrodermatite chronique atrophiante	32
Figure 13 : exemple d'une tique accrochée à l'arrière du genou	33
F	36
Figure 15 : exemple d'un résultat Western blot.....	37
Figure 16 : Estimation du taux d'incidence annuel moyen de la maladie de Lyme en France métropolitaine entre 2013 et 2018	44
Figure 17 : Recommandations de l'application des répulsifs cutanés	47
Figure 18 : prévention primaire et zones d'inspection	49
Figure 19 : extraction d'une tique à l'aide d'un tire-tique	50
Figure 20 : extraction d'une tique à l'aide d'une pince fine.....	50
Figure 21 : étapes pour signaler une piqûre de tique	52
Figure 22 : exemple de panneau d'information au col de la Schleif	56
Figure 23 : Résolution puzzle	67
Figure 24 : Second puzzle piège	68
Figure 25 : Rébus étape 2	69
Figure 26 : Mots fléchés	70
Figure 27 : Dessin d'une tique.....	71
Figure 28 : Dessin d'une bactérie.....	72
Figure 29 : Enigme sous le coffre.....	73
Figure 30 : Tissage énigmatique.....	74

Table des tableaux

Tableau 1 : Interprétation du résultat sérologique.....	35
Tableau 2 : Antibiothérapie et recommandations.....	38
Tableau 3 : Généralités sur les antibiotiques	41
Tableau 4 : Utilisation des répulsifs de synthèse	48
Tableau 5 : Différentes maladies vectorielles à tiques	54
Tableau 6 : Séparation des pièces de puzzle	67

Table des abréviations

ACA	acrodermatite chronique atrophiante
Ac	anticorps
AINS	anti inflammatoire non stéroïdien
ADN	acide désoxyribonucléique
CI	contre indication
EHPAD	établissement d'hébergement pour personnes âgées dépendantes
EI	effet indésirable
ELISA	enzym-linked immunosorbent assay (dosage d'immunoabsorption par enzyme liée)
IgG	immunoglobuline G
IgM	immunoglobuline M
IM	interaction médicamenteuse
IST	infection sexuellement transmissible

IV	intra veineux
LCR	liquide cephalo rachidien
MVT	maladie vectorielle à tique
OMS	organisation mondiale de la santé
PCR	réaction en chaîne par polymérase
PLP	protéine de liaison aux pénicillines
PO	prise orale
SDS	sodium dodécyl sulfate
SVT	sciences et vie de la terre

Introduction

L'histoire de la maladie de Lyme débute en 1907 par la découverte d'une lésion cutanée caractéristique (érythème migrant) par un médecin suédois. Ensuite, de multiples cas d'arthrites auprès des enfants du comté de Lyme dans le Connecticut (Etats-Unis) intéressent des chercheurs en 1975 ; la bactérie en cause est alors rapprochée du genre *Borrelia*. En 1982, le scientifique suisse Willy Burgdorfer a isolé la bactérie à partir de tiques du genre *Ixodes* (1).

La borréliose de Lyme est une maladie infectieuse due à une bactérie : *Borrelia burgdorferi sensu lato*. Cette maladie vectorielle infecte les animaux (rongeurs, oiseaux, sangliers, cerfs...) mais parfois l'Homme, un hôte accidentel. En France, cette pathologie est transmise par une simple piqûre de tique dure du genre *Ixodes*.

De plus, les tiques sont retrouvées sur tout le territoire français; elles ont une prédominance dans les zones boisées et humides avec des hautes herbes. Par ailleurs, la transmission de la maladie dépend de plusieurs facteurs : activité saisonnière de la tique, abondance et taux d'infestation de la tique, temps de contact avec la tique et des facteurs propres à chaque individu.

Ensuite, la borréliose de Lyme est la maladie la plus transmise à l'Homme par les tiques. En France, le nombre annuel moyen de cas fluctue entre 25 000 et 55 000 par an, avec une incidence à 104 cas pour 100 000 habitants en 2018. Cependant, il existe une grande disparité entre les différentes régions ; l'incidence est très élevée dans l'est et le centre de la France (> à 100/100 000 habitants) et plus faible à l'ouest et au sud de la France (< à 50/100 000 habitants).

C'est pourquoi de nombreuses et diverses campagnes de prévention sur la maladie de Lyme sont mises en place. En effet, une sensibilisation dès le plus jeune âge s'avère très importante à développer d'avantage. Les élèves abordent une multitude de sujets, c'est pourquoi il est relativement facile d'intégrer la maladie de Lyme et sa prévention durant l'année. En effet, la biodiversité, le corps humain, les antibiotiques et la génétique permettent de relier la borréliose de Lyme à leur programme scolaire.

C'est dans cette même optique que j'ai décidé de faire ma thèse sur la prévention de la maladie Lyme auprès des adolescents. En effet, ces jeunes adultes sont capable de comprendre l'impact de cette maladie et de retenir et mettre en oeuvre les moyens pour s'en protéger.

Cette thèse est découpée en quatre grandes parties : dans un premier temps, je développerai les généralités de la maladie de Lyme. Ensuite, je présenterai les différents moyens de prévention et les outils utilisés. Puis, je ferai le lien avec le programme scolaire des collégiens et lycéens. Enfin, j'exposerai ma création de mallette pédagogique pour prévenir la borréliose de Lyme auprès des élèves.

Première partie : La maladie de Lyme

I. Le vecteur : *Ixodes*

Dans un premier temps, les tiques ont un réel impact dans les maladies à transmission vectorielle ; notamment par l'incroyable diversité d'agents pathogènes pouvant être transmis à l'humain et à l'animal (2). En France, le vecteur de la maladie de Lyme est *Ixodes ricinus*. De plus, leurs repas sanguin se font grâce aux animaux ; l'Homme est donc un hôte accidentel (3).

1. Classification

En premier lieu, la tique est un acarien hématophage appartenant à la classe des Arachnides, au sous-ordre des *Ixodida*. Ces ectoparasites comptent environ 900 espèces connues à ce jour et se divisent en deux groupes : la famille des *Ixodidae* dites tiques « dures » (environ 700 espèces) et la famille des *Argasidae* dites tiques « molles » (environ 200 espèces) (4).

Le genre *Ixodes*, de la famille des *Ixodidae* est le vecteur de la maladie de Lyme.

De façon explicite :

- Embranchement : Arthropodes
- Sous-embranchement : Chélicécates
- Classe : Arachnides
- Sous-classe : Acariens
- Ordre : Parasitiformes
- Sous-ordre : *Ixodida*
- Famille : *Ixodidae*
- Sous-famille : *Prostriata*
- Genre : *Ixodes*

2. Structure générale

La tique dure possède une morphologie particulière ; en effet, son corps est divisé en deux parties : le capitulum ou gnathosome qui porte notamment les pièces buccales et l'idiosome sur lequel les pattes sont fixées. De plus, *Ixodes ricinus* est dépourvu d'yeux (4).

En termes de taille :

- Mâle : de 2,4 à 2,8 mm de longueur
- Femelle : 3 à 3,6 mm de longueur lorsqu'elle n'est pas gorgée de sang, sinon possible jusqu'à 1,1cm de longueur (figure 2)

Ainsi, ces grands acariens se divisent en trois stases : la larve, la nymphe et l'adulte mâle ou femelle (figure 1). La larve se décrit de petite taille et possède seulement trois paires de pattes. La nymphe possède donc 4 paires de pattes et se différencie du stade adulte par l'absence de pore génital et d'aires poreuses (figure 3) (4).

Ces étapes successives de métamorphoses peuvent durer de 1 à 6 ans et sont entrecoupées de repas sanguins.



Figure 1 : Evolution : larve, nymphe, femelle (de droite à gauche) (5)

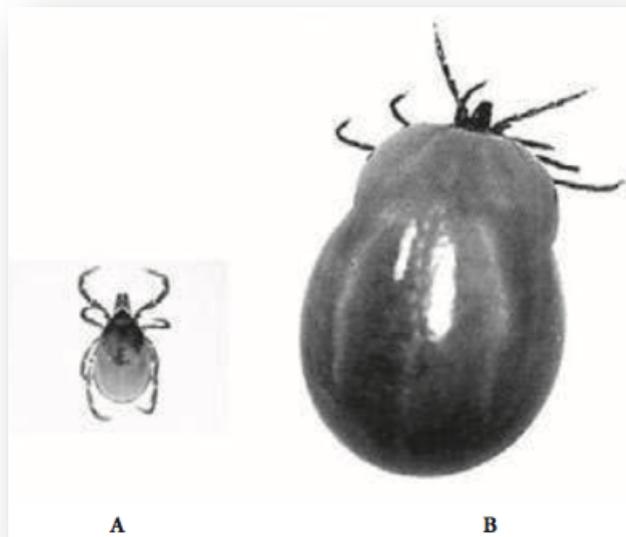


Figure 2 : *Ixodes ricinus* femelle à jeun (A) et gorgée de sang (B) (4)

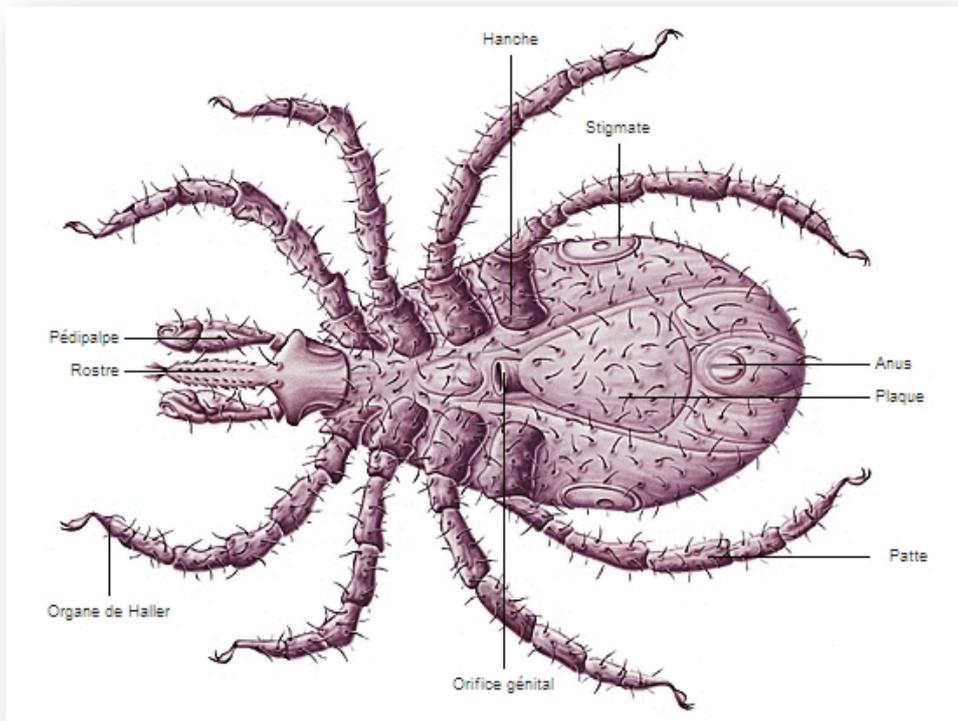


Figure 3 : Morphologie d'un acarien (6)

Comme le montre la figure 4, le rostre de la tique *Ixodes ricinus* est longirostre, c'est-à-dire qu'il est plus long que large. Ce rostre permet à la tique de percer la peau et d'effectuer son repas sanguin.

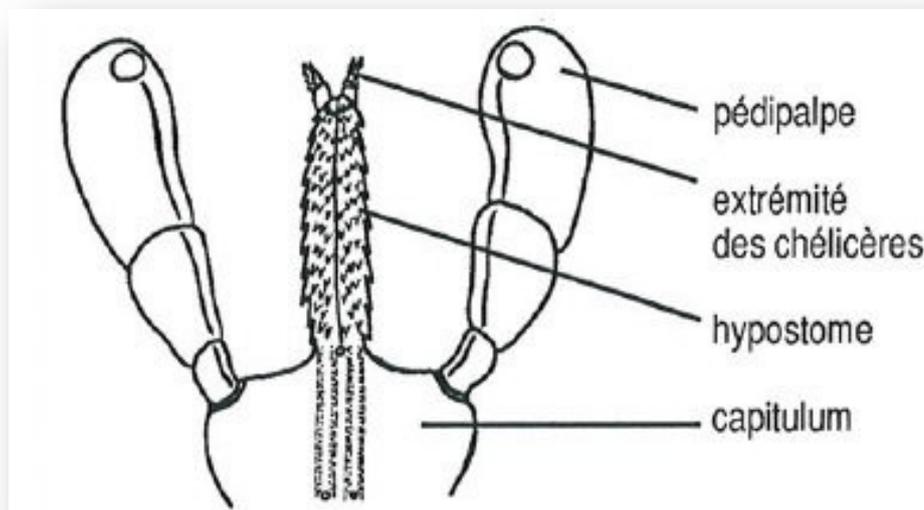


Figure 4 : Rostre d'*Ixodes ricinus* (7)

Parmi ces pièces buccales, les chélicères pénètrent dans la peau en la dilacérant et l'hypostome permet l'ancrage dans la peau comme un harpon ; les pédipalpes servent à choisir le lieu de la piqûre (figure 4).

3. Cycle de vie

Le cycle de vie de la tique dans son propre habitat se déroule en 2 à 3 ans en moyenne (figure 5). Au début de leur vie, la larve s'attache à son premier hôte et effectue son premier repas sanguin pendant 3 à 5 jours. Ensuite, elle tombe au sol et se métamorphose en nymphe. A ce stade, la nymphe est à l'affût de son prochain repas sanguin qui dure également 3 à 5 jours. Cette dernière se métamorphose en adulte mâle ou femelle.

Pour le dernier stade, le mâle n'effectue pas de repas sanguin, il recherche plutôt une ou plusieurs femelles pour la fécondation qui a lieu au sol ou sur l'hôte.

Quant à la femelle, elle est à l'affût d'un hôte et se gorge en 6 à 8 jours. Après fécondation, la femelle trouve un milieu adéquat afin de pondre ses milliers d'œufs (2 000 à 3 000) et meurt. Ces œufs éclosent au bout de 5 à 20 jours et le cycle de développement reprend. Par ailleurs, chaque métamorphose dure en moyenne un mois (4, 8).

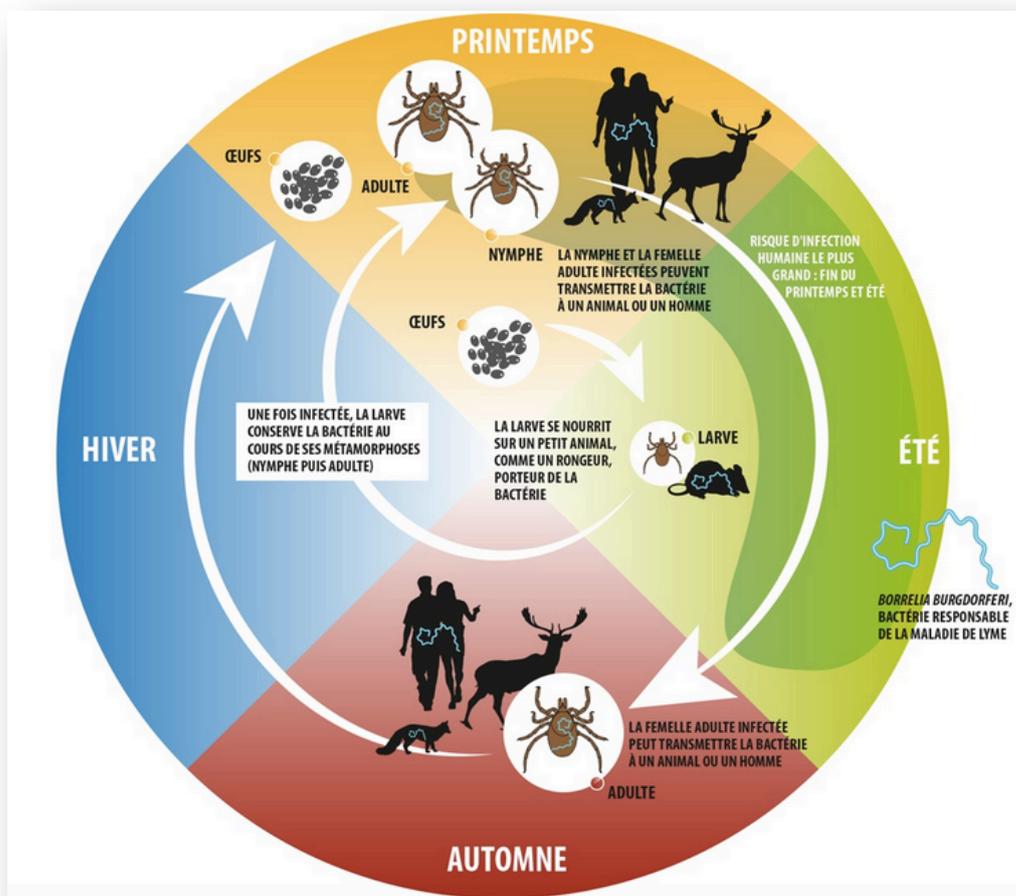
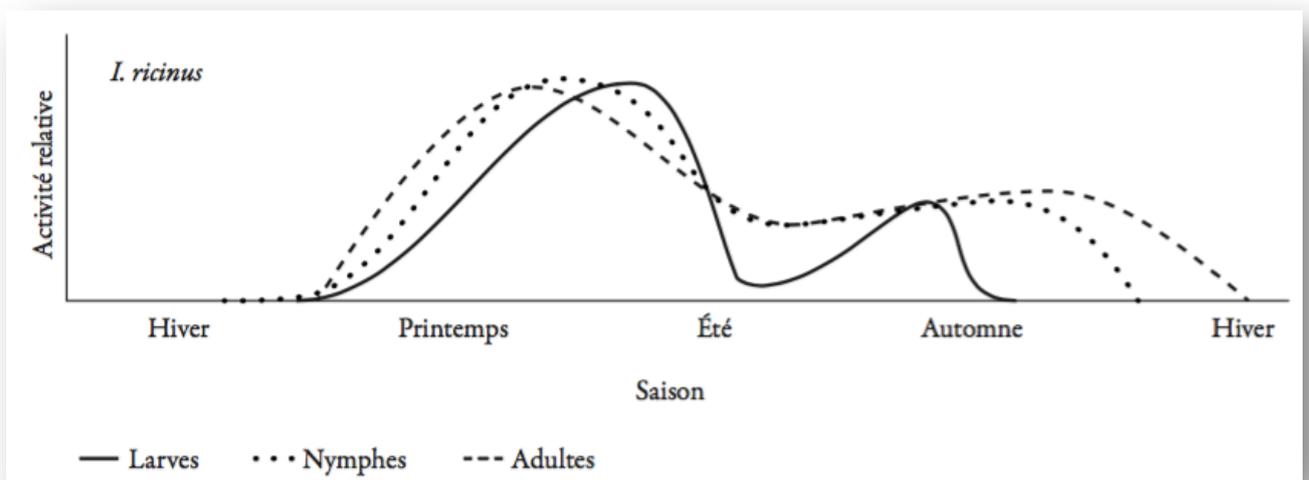


Figure 5 : Cycle de développement d'*Ixodes ricinus* (8)

4. Environnement

D'une part, les tiques dures vivent dans un environnement de forêts feuillues, de sous-bois et prairies. D'autre part, elles sont retrouvées dans les zones boisées péri-urbaines, dans les parcs notamment en ville mais également dans les jardins privés. En France, ces acariens peuplent la plupart des régions métropolitaines, excepté les hautes altitudes (1500m) ainsi que les zones très sèches ou inondables (3).

Ensuite, les tiques dures ont une activité saisonnière du mois d'avril au mois de novembre plus importantes que le reste de l'année (figure 6) ; grâce aux conditions environnementales optimales comme l'humidité et la température (3).



5. L'attaque de la tique

Afin d'effectuer son repas sanguin, la tique patiente dans la végétation l'arrivée de sa proie. La tique ne saute pas sur sa proie mais s'y accroche lors de son passage (9).

De plus, *Ixodes ricinus*, dépourvue d'yeux, recherche sa proie grâce à son organe de Haller. Ce dernier se situe à l'extrémité des premières pattes de la tique ; il permet la détection du CO₂ qu'émet sa proie, mais aussi de la chaleur et de ses métabolites qu'il dégage.

Une fois sa proie atteinte, *Ixodes ricinus* recherche un lieu propice à son repas sanguin grâce à ses pédipalpes, notamment les parties humides et fines de la peau. Ensuite, la tique se fixe par l'intermédiaire de son rostre et sécrète une salive ayant plusieurs propriétés : anticoagulantes, anesthésiantes et anti-inflammatoires. Cette salive permet également de pré-digérer les tissus.

La transmission de la *Borrelia* se fait pendant le repas sanguin ; les bactéries de l'intestin d'*Ixodes ricinus* infecté migrent jusqu'aux glandes salivaires et infectent sa proie. Cette zoonose dépend du temps de contact et du taux d'infestation de l'acarien (3, 4).

II. L'agent infectieux : *Borrelia burgdorferi sensu lato*

1. 1. L'agent pathogène

La maladie de Lyme ou borréliose est causée par un agent pathogène : *Borrelia burgdorferi sensu lato*. Cet agent pathogène appartient à l'ordre des Spirochetales et au genre *Borrelia* (9).

Comme le montre la figure 7, le groupe *Borrelia burgdorferi sensu lato* comporte 12 espèces dont 6 espèces pathogènes en Europe (8) :

- *B. burgdorferi sensu stricto*
- *B. afzelii*
- *B. garinii*
- *B. valaisiana*
- *B. lusitaniae*
- *B. spielmanii*

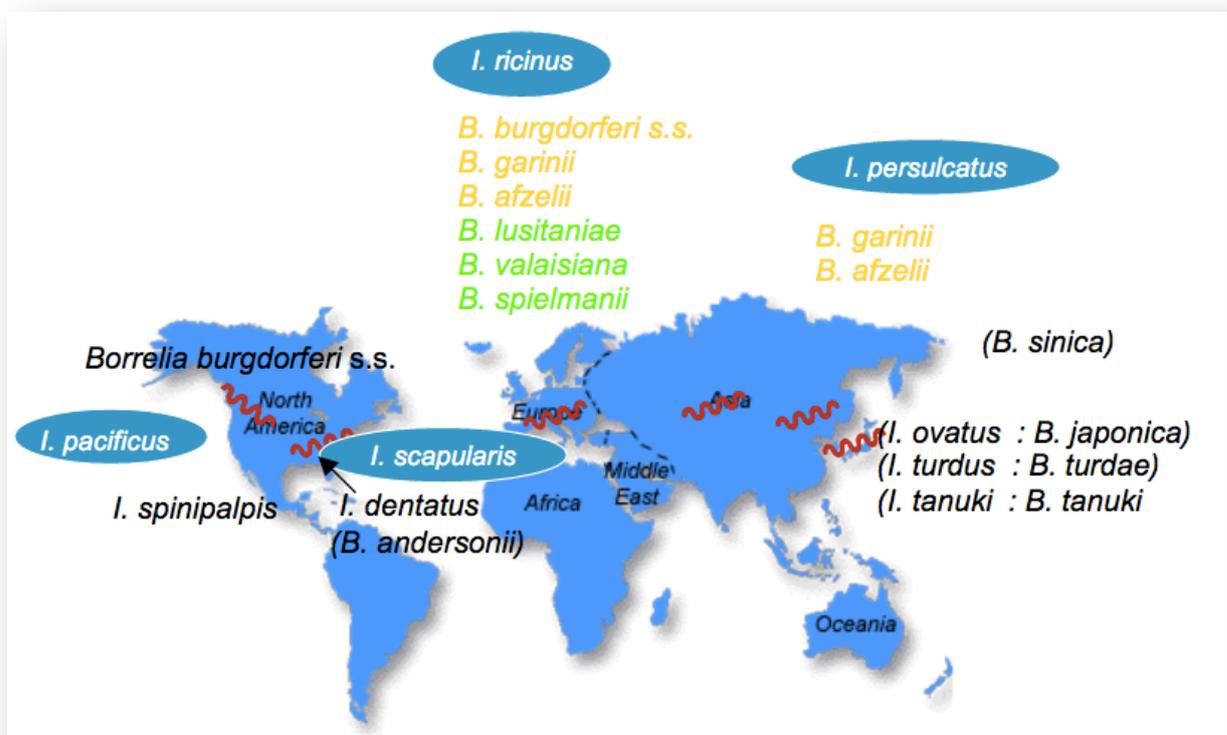


Figure 7 : Répartition géographique des différentes espèces de *Borrelia burgdorferi sl* dans le monde (9)

2. 2. Caractéristiques bactériologiques

Il s'agit d'une bactérie de forme hélicoïdale ayant les caractères généraux des spirochètes (figure 8). En effet, elle est mobile grâce à des flagelles se trouvant sous la membrane externe ; elle peut effectuer des mouvements de flexion et de rotation. Elle est non colorable par la technique de Gram. (1, 10)



Figure 8 : *Borrelia burgdorferi sensu lato* (11)

3. 3. Réservoir

Par la suite, le réservoir de cette bactérie regroupe des mammifères sauvages tels que des rongeurs, des cervidés, des oiseaux mais également des animaux domestiques comme les chiens, les chevaux et le bétail. Ainsi, nous sommes des hôtes accidentels qui se contaminent par l'intermédiaire d'un vecteur : la tique (1).

III. Physiopathologie et symptomatologie

1. Mode de transmission

La borréliose de Lyme est une zoonose transmise vectoriellement par la tique : *Ixodes ricinus* en Europe. En effet, le genre *Ixodes* regroupe plusieurs espèces vectrices de la maladie de Lyme dans le monde :

- *Ixodes ricinus* en Europe
- *Ixodes scapularis* au niveau de la côte Est des USA
- *Ixodes pacificus* au niveau de la côte Ouest des USA
- *Ixodes persulcatus* en Europe de l'Est et en Asie

Au fil de sa vie, la tique effectue plusieurs repas sanguins qui se font le plus souvent sur des petits rongeurs pour les larves et les nymphes et des plus gros mammifères comme des cervidés pour les adultes. C'est lors des repas sanguins que la tique se contamine et contamine potentiellement l'Homme ; qui est un hôte accidentel. Cette transmission se fait à toutes les étapes de sa vie.

Lors de la piqûre, la transmission de la bactérie se fait via la salive et dépend à la fois du temps de contact et du taux d'infestation de la tique. Ensuite les bactéries migrent à partir des intestins de la tique jusque dans sa salive lors de l'afflux de sang. En effet, c'est le changement de température et de pH qui entraîne la migration de *Borrelia burgdorferi sensu lato*. Ainsi, l'agent infectieux n'est pas inoculé dès le début du repas (4).

Le risque de transmission est donc possible dès la première heure mais il est maximal entre 48 et 72 heures. De plus, en cas de piqûre en zone d'endémie, le risque de transmission de la bactérie est de 1 à 4% (figure 9).

Cependant, la nymphe est le plus souvent en cause de la transmission notamment par sa plus forte densité et sa petite taille lui permettant de passer inaperçue. En Europe, le taux d'infestation varie entre 5 et 20% selon la zone géographique et il est plus élevé chez les tiques adultes (18,6%) que chez les nymphes (10,1%). En effet, la tique est présente dans toute la France métropolitaine à l'exception des zones littorales méditerranéennes et des hautes altitudes non forestières (9).

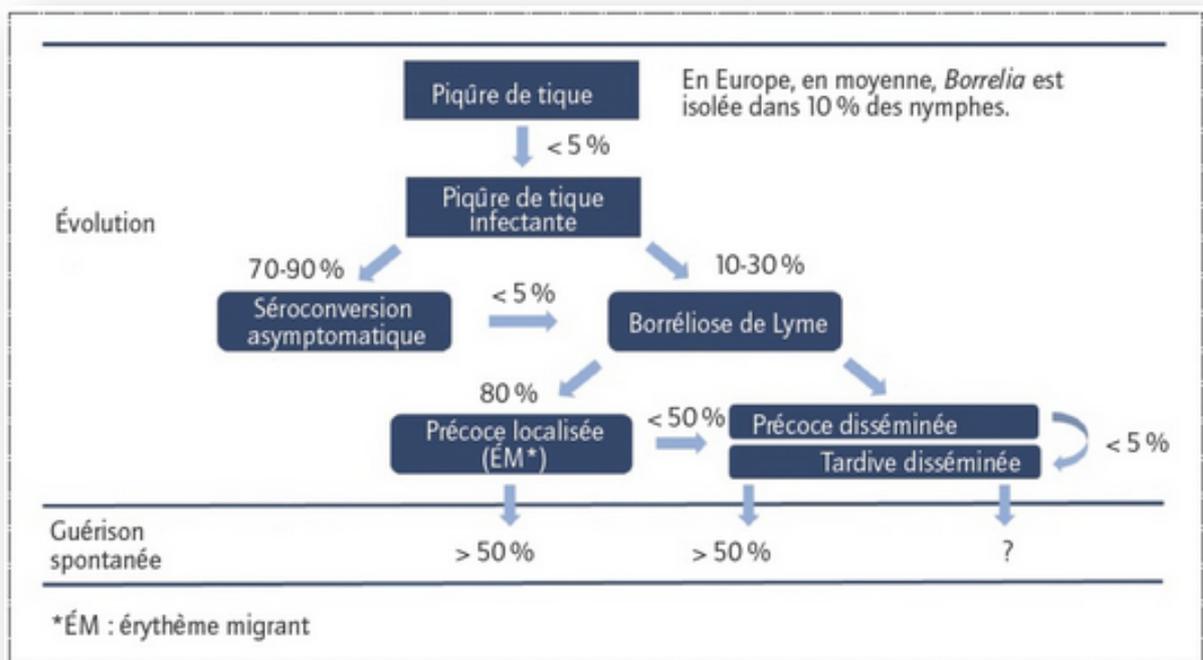


Figure 9 : Evolution possible après piqûre de tique en l'absence de thérapeutique(12)

Il est à noter que la transmission par le lait maternel, par voie sexuelle ou via les produits sanguins et greffes n'est pas documenté à ce jour chez l'Homme. Cependant la transmission materno-fœtale a pu être observée (13, 15).

2. Clinique

La clinique de la borréliose de Lyme se distingue en 3 étapes :

- Stade primaire : forme localisée précoce
- Stade secondaire : forme précoce disséminée
- Stade tertiaire : forme tardive disséminée

a. Forme localisée précoce : l'érythème migrant

Tout d'abord, l'érythème migrant apparaît après un temps d'incubation de 3 à 30 jours en moyenne. Cette forme localisée ressemble à une macule érythémateuse avec une forme plutôt ronde à ovale et mesurant plusieurs centimètres de diamètre, comme le montre la figure 10. Cet érythème grandit de façon centrifuge allant jusqu'à plusieurs centimètres de diamètre (plus de 5cm) mais aussi avec un éclaircissement central, indolore et non prurigineux.

De plus, cette lésion est retrouvée seulement dans 40 à 77% des cas, ce n'est pas systématique. Ensuite, 24 à 79% des patients présentant un érythème migrant n'ont pas le souvenir d'une piqûre (16, 17).



Figure 10 : érythème migrant (photo personnelle)

A noter qu'une réaction locale au site de la piqûre de tique peut être transitoire : comme une rougeur, une démangeaison. Cependant elle n'est pas synonyme d'un érythème migrant, mais d'une réaction à la salive de l'acarien.

Par ailleurs, un syndrome pseudo-grippal peut parfois apparaître (fièvre, sueurs, frissons, céphalées, myalgies, adénopathies) et signifie une atteinte disséminée précoce de la pathologie (17).

Enfin, sans traitement, l'érythème migrant disparaît en l'espace de plusieurs semaines.

b. Forme disséminée précoce

Cette étape secondaire n'apparaît qu'en l'absence de prise en charge lorsque la première phase n'est pas traitée ou qu'elle est passée inaperçue. Après plusieurs jours ou semaines, des manifestations neurologiques ou rhumatologiques sont le plus souvent retrouvées. Les atteintes dermatologiques, cardiaques et ophtalmologiques sont plus rares (9, 16, 17).

Atteinte dermatologique :

- Erythème migrant à localisation multiple : il s'agit de plusieurs érythèmes migrants retrouvés à divers endroits, parfois à distance de la piqûre.

- Lymphocytome borrélien (0,32 à 2,8%) : c'est une lésion unique nodulaire ou en plaque, indolore, de 1 à 5 cm de diamètre et de couleur rouge ou violacée. De plus, cette atteinte dermatologique est plus fréquente chez l'enfant que chez l'adulte : chez l'enfant elle est préférentiellement au niveau du lobe de l'oreille et chez l'adulte au niveau de l'auréole mammaire (voir figure 11). Par ailleurs, la lésion est aussi retrouvée au niveau du scrotum, de l'hélix ou du lobe de l'oreille, du tronc ou du visage.

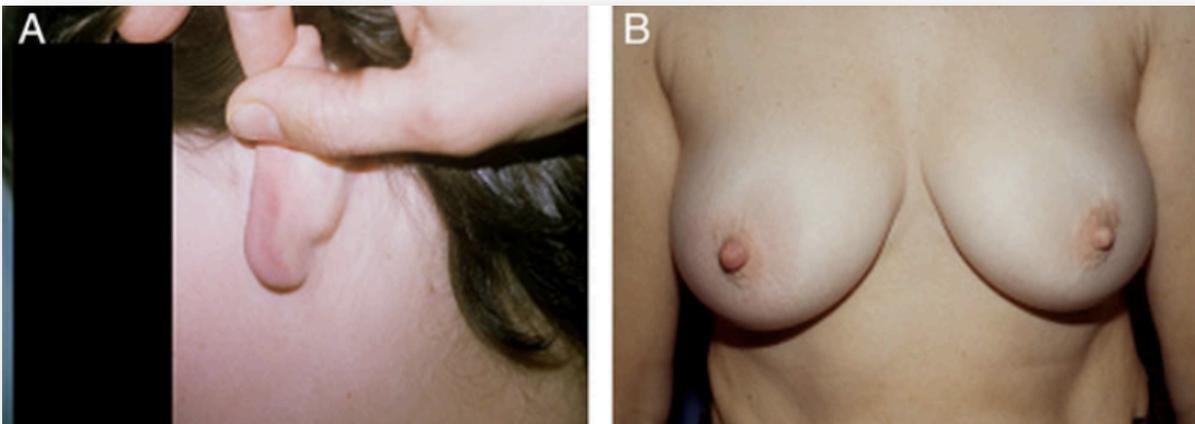


Figure 11 : lymphocytome borrélien niveau du lobe de l'oreille (A) et du mamelon (B) (18)

Atteinte neurologique précoce ou neuroborréliose de Lyme : ces manifestations peuvent être centrales et/ou périphériques ; elles représentent 5% des atteintes après un érythème migrant (19).

- Atteinte du système nerveux périphérique :
 - o Le plus fréquemment une méningo-radiculite c'est-à-dire une atteinte radiculaire douloureuse due à une inflammation des méninges et d'une ou plusieurs racines nerveuses. Cette dernière peut être associée à des fortes douleurs, des paresthésies, une hypoesthésie, des céphalées, une diminution (ou abolition) des réflexes ostéo-tendineux au niveau de la zone de la piqûre de tique.

- Atteinte des nerfs crâniens : paralysie faciale uni ou bilatérale (VII), mais aussi une paralysie oculomotrice (névrite optique, diplopie, surdité)
- Atteinte du système nerveux central (rare) :
 - Méningite : céphalées observées suite à une hypertension intracrânienne
 - Méningo-encéphalite : troubles de la mémoire, de la concentration et du comportement, somnolences
 - Méningo-myélite aiguë : paraparésie, troubles sensitifs et urinaires

Atteinte rhumatologique : il s'agit de l'atteinte la plus fréquente ; elle apparaît dans les 4 jours à plusieurs années après la piqûre.

Elle est représentée par une monoarthrite (touche une articulation) ou oligoarthrite (touche 2 à 4 articulations) d'apparition brutale et caractérisée par un syndrome inflammatoire spontanément résolutif et évoluant par poussées avec un épanchement articulaire variable. Les grosses articulations proches de la piqûre sont le plus souvent touchées : genoux, chevilles, épaules ou coudes.

Atteinte cardiaque dans un délai de 4 jours à 7 mois après la piqûre de tique : elle se manifeste par un bloc auriculo-ventriculaire (douleurs thoraciques, palpitations, dyspnées, syncope), une péricardite, un myocarde ou une pancardite. Cependant ces manifestations restent assez rares.

Atteinte ophtalmique : une baisse de l'acuité visuelle, des douleurs oculaires, une diplopie, des troubles de l'accommodation uni ou bilatérale se manifestent.

c. Forme disséminée tardive

Elle survient 6 mois après l'apparition des premiers symptômes, en l'absence de thérapeutique. La forme tertiaire se distingue par des expressions dermatologiques, neurologiques et articulaires (9, (16, 17, 20).

Manifestation dermatologique : acrodermatite chronique atrophiante (ACA)

Cette atteinte cutanée est retrouvée chez les patients âgés de plus de 50 ans (quelques cas exceptionnels chez l'enfant) et se manifeste en deux phases dans les 6 mois à 8 ans après la piqûre de tique : une étape inflammatoire puis une étape atrophique.

La phase initiale inflammatoire se manifeste par un érythème violacé, oedémateux et prédominant sur la face dorsale d'une extrémité et en regard des surfaces articulaires. La seconde phase atrophiante évolue avec une peau fine et luisante dite en « papier à cigarette » où le réseau veineux est visible (figure 12). Cette étape est accompagnée de douleurs neuropathiques.



Figure 12 : Acrodermatite chronique atrophiante (18)

Manifestation neurologique tardive (rare) : la neuroborréliose chronique

La neuroborréliose chronique touche le système nerveux central et périphérique. En effet, au niveau du système nerveux central plusieurs manifestations sont retrouvées :

- Encéphalomyélite chronique : paraparésie spastique, ataxie, dysfonction des nerfs crâniens, des sphincters, déficit cognitif, syndrome vestibulaire
- Encéphalite associant des troubles cognitifs (démence, dépression ou encore épilepsie)
- Hydrocéphalie chronique
- Vascularites cérébrales : infarctus cérébral ou hémorragique

Ensuite, au niveau du système nerveux périphérique une polyneuropathie sensitive asymétrique est retrouvée avec des douleurs radiculaires, une paresthésie distale et souvent associée à une ACA.

Manifestation rhumatologique : arthrite de Lyme (très rare)

Ces atteintes articulaires chroniques sont celles observées lors de la phase secondaire qui n'ont pas été traitées ou qui n'ont pas répondues et résistées au traitement antibiotique.

Enfin des manifestations psychiatriques ont été diagnostiquées comme des troubles anxieux et de l'humeur et plus rarement des troubles psychotiques. Cependant aucune étude n'a fait ses preuves à ce jour (21).

Actuellement, le « syndrome post Lyme » représenté par une forte asthénie, des algies diffuses et des troubles cognitifs, n'a pas été prouvé.

IV. Diagnostic

Tout d'abord, le diagnostic de la maladie de Lyme repose à la fois sur les signes cliniques du patient et sur l'anamnèse de ce dernier (contact et exposition avec la tique). De plus, des examens biologiques sont envisagés selon les manifestations observées.

Ainsi, le diagnostic biologique se divise en deux techniques d'approche : le diagnostic direct de recherche de la bactérie (PCR, culture) et le diagnostic indirect avec recherche d'anticorps spécifiques (ELISA, Western blot) (9, 17, 22, 23).

1. Examen clinique et anamnèse

L'examen clinique repose en premier lieu sur la recherche sur tout le corps de la tique, notamment au niveau des zones fines et humides : au niveau des aisselles, de l'aîne, au pli du coude ou du genou. Ensuite une recherche d'un érythème migrant sur toute la surface corporelle est effectuée. L'évolution de cette manifestation cutanée peut être suivi par photographie. Enfin, les signes et symptômes cliniques sont étudiés et dépistés.

Par ailleurs, une reconnaissance de l'anamnèse est réalisée ; elle s'intéresse à la région de la piqûre, le lieu (forêt, jardin), et la date. Comme le montre la figure 13, la tique s'est logée à l'arrière du genou lors d'une randonnée forestière en août.



Figure 13 : exemple d'une tique accrochée à l'arrière du genou (photo personnelle)

Ainsi le diagnostic de la borréliose de Lyme lors de la seule présence d'un érythème migrant simple ou à localisation multiple repose uniquement sur la clinique et le contexte. Les diagnostics biologiques ne sont pas recommandés (17).

2. Technique de recherche directe

a. La mise en culture de l'agent infectieux

La méthode de mise en culture se présente sous la forme d'un prélèvement dans des conditions strictes d'hygiène de liquide biologique comme le liquide céphalo-rachidien (LCR), le liquide synovial, plasma ou d'un prélèvement par biopsie (synovial ou cutanée). Une fois le prélèvement effectué, il est rapidement transféré dans un milieu de culture favorable (Barbour-Stoenner-Kelly BSK). Cependant, la croissance de la bactérie est lente : 2 à 8 semaines. A noter que la spécificité est très forte (99%) mais que la sensibilité est assez faible (10% pour l'ACA et la neuroborréliose et 5% pour l'arthrite de Lyme) (9, 22). La culture est donc rarement réalisée sauf à des fins de recherche.

b. Recherche de l'ADN bactérien par PCR

Le principe de la PCR (réaction par polymérase en chaîne) repose sur une amplification génique d'une séquence d'ADN bactérien à partir des prélèvements énumérés précédemment. Mais des prélèvements sont à privilégier selon les symptômes observés comme un prélèvement du LCR lors de suspicion de neuroborréliose, un prélèvement de liquide synovial lors d'une suspicion d'arthrite de Lyme ou une biopsie cutanée lors d'une ACA. La place de la PCR dans le sang ou bien les urines n'est pas établie correctement à ce jour.

Cette technique d'amplification enzymatique augmente le nombre de copies et permet donc sa détection et quantification. Lors de la PCR, la cible est chromosomique (rRNA, FlaB, recA, p66, hbb) ou plasmidique (ospA, ospB) (21).

La technique d'amplification réalise plusieurs cycles partagés en trois étapes successives :

- Dénaturation : chauffage à 95° qui permet de détruire les liaisons hydrogène et de séparer les deux brins d'ADN ; passage de l'ADN double brin à l'ADN simple brin
- Hybridation : diminution de la température (50 à 70°) et fixation des amorces spécifiques sur les brins d'ADN au niveau de la séquence cible par la reformation des liaisons hydrogène
- Elongation ou polymérisation (72°) : l'enzyme Taq polymérase se lie au brin d'ADN amorcé et catalyse sa réplication notamment grâce aux nucléotides présents.

La PCR permet donc à la fois de réaliser une amplification génique mais aussi d'identifier la souche responsable de la pathologie. De plus cette technique est très spécifique (99%) et la sensibilité varie selon le prélèvement : sérum ou LCR (9, 22, 24).

La spécificité d'un test représente la probabilité que le test soit négatif si la personne n'est pas porteuse de la pathologie. Alors que la sensibilité d'un test s'explique par la probabilité que le test soit positif si le patient est porteur de la borréliose de Lyme.

3. Technique de recherche indirecte

La sérologie permet de confirmer la suspicion de la borréliose de Lyme. En effet, une étape de dépistage (ELISA) met en évidence la présence d'anticorps spécifiques ; ensuite la réponse positive ou douteuse du test amène à la réalisation d'un test de confirmation par technique d'immunoempreinte (Western blot).

Le test de dépistage par la technique ELISA est sensible mais moyennement spécifique ; c'est pourquoi elle génère parfois des faux positifs. Ainsi le test de confirmation permet d'identifier spécifiquement les anticorps dirigés contre les différents antigènes. L'association de ces deux techniques sérologiques améliore donc la sensibilité puis la spécificité (22, 9).

Situations où la sérologie n'est pas indiquée : (9)

- Les sujets asymptomatiques (ou symptômes mineurs)
- Le dépistage systématique des sujets exposés
- Une piqûre de tique sans manifestation clinique
- L'érythème migrant typique
- Le suivi sérologique systématique des patients traités

De plus, deux types d'anticorps apparaissent au cours de l'évolution de la maladie de Lyme :

- Les IgM sont détectables 4 à 6 semaines après le début de la pathologie et persistent plusieurs mois. Le pic apparaît entre 6 et 8 semaines plus tard.
- Les IgG apparaissent 2 à 3 semaines après les IgM mais peuvent persister plusieurs mois après la disparation de la clinique. Le pic se situe entre 2 et 3 mois.

Tableau 1 : Interprétation du résultat sérologique

Dosage IgM	Dosage IgG	Interprétation du résultat
Négatif	Négatif	Aucune infection récente ou ancienne. Attention si résultat faux négatif ou infection inférieur à un mois
Positif	Négatif	Infection récente (4 à 6 semaines)
Négatif	Positif	Infection ancienne (plusieurs mois)
Positif	Positif	Infection aiguë

a. Test de dépistage : ELISA

La technique ELISA (Enzyme Linked ImmunoSorbent Assay) repose sur la fixation de plusieurs antigènes spécifiques placés sur une plaque avec des microcupules qui réagissent avec les anticorps du patient (IgM, IgG ou anticorps totaux) (24).

C'est une technique courante et automatisée se déroulant en plusieurs étapes (figure 14) :

- Fixation dans différents puits de l'antigène spécifique de l'anticorps à doser
- Lavage avec une solution permettant une meilleure fixation de l'antigène
- Ajout du sérum du patient et donc de l'anticorps à doser
- Lavage, seul les anticorps spécifiques à l'antigène restent donc fixés dans le puit
- Ajout du ligand : molécule couplée à une enzyme qui se fixe sur l'anticorps à doser
- Lavage
- Ajout d'un chromogène qui est un substrat incolore s'activant et se colorant après fixation au ligand

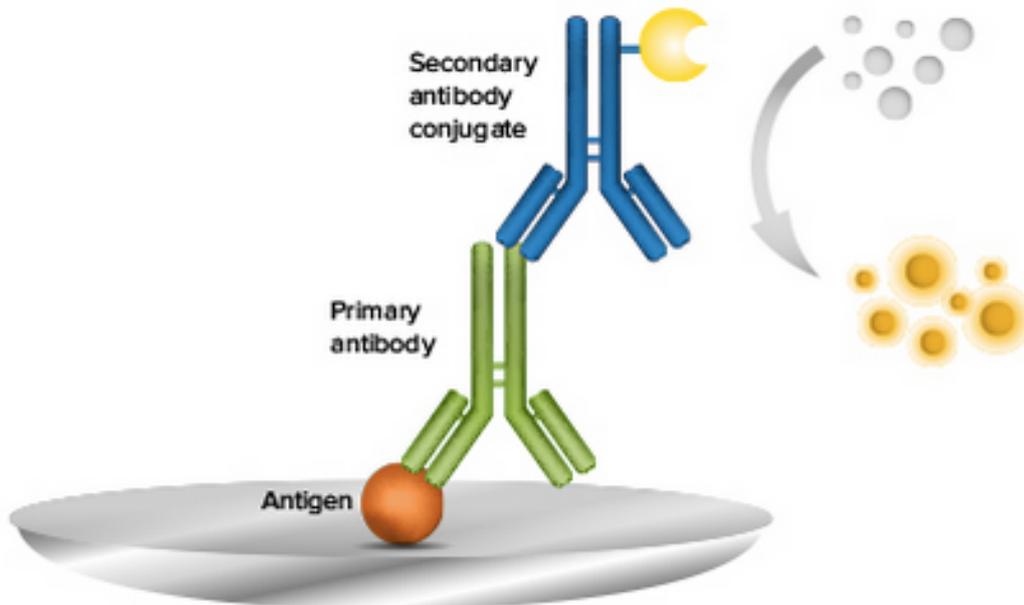


Figure 14 : méthode ELISA indirecte (25)

Par ailleurs, le test ELISA détecte et dose les anticorps IgM ou IgG séparément ou les anticorps totaux (IgM et IgG) sans déterminer l'espèce en cause.

La spécificité du test ELISA doit être supérieure à 90% et sa sensibilité varie en fonction du stade de la maladie et du prélèvement effectué. Par exemple, la sensibilité attendue lors d'un érythème migrant se situe entre 40 et 60%, lors de la neuroborréliose entre 70 et 90% et elle est proche de 100% lors d'une acrodermatite chronique atrophique (22, 26).

b. Test de confirmation : immunoempreinte (Western blot)

Après un test ELISA positif, une confirmation par immunoempreinte est pratiquée. Cette méthode consiste à la lyse des cellules à l'aide d'un tampon riche en détergent. Ensuite, ce lysat est incubé avec du SDS puis soumis à une électrophorèse en gel de polyacrylamide. Les protéines antigéniques de Lyme migrent selon leur poids moléculaire. Ces protéines séparées sont transférées sur une membrane de nitrocellulose qui incube ensuite avec un anticorps marqué et spécifique. Par la suite, les anticorps non spécifiques sont éliminés par l'intermédiaire d'un lavage. Enfin, les protéines recherchées sont révélées grâce à un anticorps anti-Ig (IgG et IgM) marqué avec une enzyme (figure 15).

Ainsi, la technique Western blot met en évidence l'espèce en cause en différenciant les protéines antigéniques de la bactérie : les protéines OspC, et Flagelina (p41) pour les IgM et les protéines p18 et OspA pour les IgG par exemple (27)(28).

L'interprétation du Western blot repose sur la nature des protéines, l'intensité et la quantité des bandes observées. Sa spécificité est supérieure à 95% et sa sensibilité dépend du stade de la maladie : plus le stade est évolué, plus le test est sensible (9, 20, 24, 22).

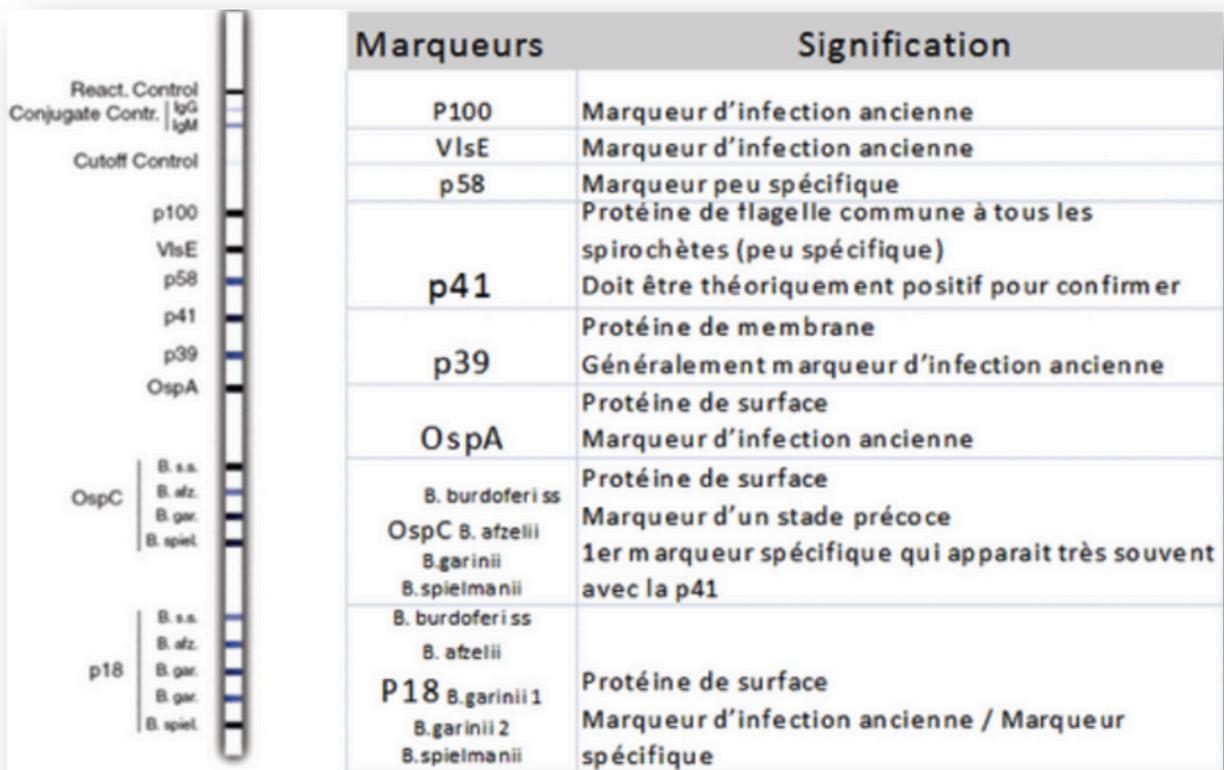


Figure 15 : exemple d'un résultat Western blot (28)

VI. La prise en charge

1. Prise en charge initiale

Tout d'abord, le retrait de la tique se fait le plus tôt possible à l'aide d'un « tire-tique ». Ensuite une désinfection locale est nécessaire.

La zone de la piqûre est à surveiller durant les prochaines semaines afin d'observer l'apparition d'un érythème migrant, ainsi que l'apparition de signes de types grippaux associés ou non à un érythème migrant (29).

Dans cette situation, aucune recherche sérologique et aucun traitement antibiotique ne sont débutés.

2. Recommandations antibiothérapie

Selon les recommandations, la prise en charge de la maladie de Lyme repose sur une antibiothérapie relativement longue et commencée le plus tôt possible. En effet, l'antibiothérapie choisie dépend des symptômes de la maladie et de l'âge du patient.

Pour un érythème migrant ou un lymphocytome borrélien, la doxycycline est le traitement de première ligne et l'amoxicilline est le traitement de deuxième ligne pour les patients de plus de 8 ans. Pour les patients de moins de 8 ans, l'amoxicilline est indiquée en première ligne et l'azithromycine en deuxième ligne.

En cas de neuroborréliose la doxycycline est utilisée en première intention et la ceftriaxone en seconde ligne pendant 14 ou 21 jours selon la durée des symptômes.

Cependant un traitement de 28 jours est recommandé lors des formes articulaires avec la doxycycline en première ligne, puis la ceftriaxone et l'amoxicilline en troisième intention (tableau 2).

Tableau 2 : Antibiothérapie et recommandations (30)

ANTIBIOTIQUE	POSOLOGIE	DUREE
	Adultes et enfants à partir de 8 ans	
1 ^{ère} ligne Doxycycline	100 mg ×2/j Enfant : 4 mg/kg/j en 2 prises (max 100 mg/prise, et 200mg/j)	14j pour érythème(s) migrant(s) 21j pour
2 ^{ème} ligne Amoxicilline	1 g × 3/j Enfant : 50 mg/kg/j en 3 prises toutes les 8h si possible (max 1g par prise)	lymphocytome borrélien

	Enfant < 8 ans		
1 ^{ère} ligne Amoxicilline	50 mg/kg/j en 3 prises toutes les 8h si possible		14j pour érythème migrant 21j pour lymphocytome borrélien
2 ^{ème} ligne Azithromycine	20 mg/kg/j sans dépasser 500 mg/j		5j pour érythème migrant 10j pour lymphocytome borrélien
	Adultes	Enfants	
	Neuroborréliose précoce (symptômes < 6 mois)		
Doxycycline	100 mg × 2/j	A partir de 8 ans : 4 mg/kg/j (maximum 200 mg/j), en 2 prises	14j
Ceftriaxone IV	2 g × 1/j	80 mg/kg × 1/j (maximum 2 g)	14j
	Neuroborréliose tardive (symptômes > 6 mois)		
Doxycycline	100 mg × 2/j 200 mg × 2 /j en cas d'atteinte du SNC	A partir de 8 ans : 4 mg/kg/j (maximum 200 mg/j) en 2 prises 8 mg/kg/j en cas d'atteinte du SNC (maximum 400 mg/j en 2 prises)	21j
Ceftriaxone IV	2 g × 1/j 80 mg/kg × 1/j en cas d'atteinte du SNC, en 1 ou 2 administration(s)	80 mg/kg × 1/j (maximum 2 g) 80 mg/kg × 1/j en cas d'atteinte du SNC, en 1 ou 2 administration(s)	21j

	Formes articulaires		
Doxycycline PO en 1 ^{ère} ligne	100 mg × 2/j	A partir de 8 ans : 4 mg/kg/j (maximum 200 mg) en 2 prises	28j
Ceftriaxone IV en 2 ^{ème} ligne, en cas d'échec ou de contre-indication à la doxycycline	2 g × 1/j IV	80 mg/kg × 1/j (max 2 g)	28j
Amoxicilline PO en 3 ^{ème} ligne	1 g × 3/j	80 mg/kg/j en 3 prises (max 3 g)	28j

3. Antibiotiques et généralités

Le tableau 3 détaille l'action des antibiotiques cités précédemment et leurs effets secondaires. En effet, l'amoxicilline fait partie de la famille des bêta-lactamines ; elle est une pénicilline à large spectre agissant au niveau de la paroi de la bactérie. Elle présente des effets indésirables fréquents comme les diarrhées, nausées ou une éruption cutanée, mais peu de contre-indication.

Ensuite, la doxycycline intègre la famille des tétracyclines interagissant avec la synthèse protéique des bactéries. Cet antibiotique est photosensible et présente fréquemment des troubles digestifs. La doxycycline est contre indiquée chez les femmes enceinte et les enfants de moins de 8 ans ainsi qu'avec l'association des rétinoïdes par voie générale.

Puis, la ceftriaxone (en IV) est un antibiotique de la famille des céphalosporines de troisième génération ciblant la paroi cellulaire des bactéries. Cette dernière regroupe différents effets indésirables comme des troubles de la numération de la formule sanguine, des troubles digestifs et des éruptions cutanées. Elle est contre indiquée chez les nouveaux nés prématurés.

Enfin, l'azithromycine fait partie de la famille des macrolides agit au niveau de la synthèse protéique de la bactérie. Les effets secondaires principaux sont les céphalées, les diarrhées et les vomissements. Elle est contre indiquée avec les alcaloïdes de l'ergot de seigle, le cisapride, la colchicine, une insuffisance hépatique sévère et un allongement du QT. De plus, l'azithromycine présente de nombreuses interactions médicamenteuses.

Tableau 3 : Généralités sur les antibiotiques(31, 32, 33, 34)

Antibiotique et classe	Mécanisme d'action	EI – CI - IM
<p>Amoxicilline</p> <p>Pénicilline à large spectre</p> <p>Famille des bêta-lactamines</p>	<p>Inhibition des PLP (protéines de liaison aux pénicillines) de la voie de biosynthèse des peptidoglycanes bactériens, composant de la paroi cellulaire bactérienne : fragilisation de la paroi, lyse cellulaire et mort de la bactérie</p>	<p>EI fréquents : diarrhées, nausées et éruptions cutanées</p> <p>CI : Hypersensibilité</p> <p>IM :</p> <p>Allopurinol : augmentation risque de réaction cutanée</p> <p>Méthotrexate : risque augmentation toxicité</p>
<p>Doxycycline</p> <p>Classe des antibactériens à usage systémique</p> <p>Famille des tétracyclines</p>	<p>Inhibition de la synthèse protéique des bactéries</p>	<p>EI fréquents :</p> <p>photosensibilisation (éviter exposition au soleil) et troubles digestifs (prise pendant les repas), oesophagite et ulcères oesophagiens (prendre avec un grand verre d'eau et ne pas s'allonger immédiatement)</p> <p>CI : hypersensibilité, association avec les rétinoïdes par voie générale, chez la femme enceinte et allaitante, enfant de moins de 8 ans (risque de décoloration des dents)</p> <p>IM :</p> <p>Rétinoïdes par voie générale : risque d'hypertension intracrânienne</p>

		Fer et topiques gastro-intestinaux : diminution de l'absorption digestive des cyclines (prise à distance de plus de 2h)
<p>Ceftriaxone IV (sans lidocaïne)</p> <p>Classe des antibactériens à usage systémique céphalosporines de 3^{ème} génération</p>	<p>Fixation aux PLP et inhibition de la synthèse de la paroi cellulaire bactérienne</p>	<p>EI : éosinophilie, leucopénie, thrombopénie, diarrhées, éruption cutanée et augmentation des enzymes hépatiques</p> <p>CI : hypersensibilité, nouveaux nés prématurés</p> <p>IM : perfusions contenant du calcium : risque de formation d'un précipité</p>
<p>Azithromycine</p> <p>Classe des antibactériens à usage systémique</p> <p>Famille des macrolides</p>	<p>Liaison à la partie 50 S du ribosome et inhibition de la synthèse des protéines bactériennes</p>	<p>EI : céphalées, diarrhées, vomissements</p> <p>CI : hypersensibilité, association avec les alcaloïdes de l'ergot de seigle, le cisapride et la colchicine, insuffisance hépatique sévère, allongement de l'intervalle QT</p> <p>IM : nombreuses dont cisapride, colchicine, dérivés ergot, statines, ciclosporine, médicaments torsadogènes, AVK</p>

4. Autres traitements

Dans les atteintes articulaires et oculaires de la borréliose de Lyme, l'utilisation de corticothérapie et d'anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS) est proposée de façon complémentaire. Ces traitements diminuent l'inflammation et la douleur des patients.

De plus, d'autres traitements s'ajoutent au traitement du patient ; en effet une prise en charge des troubles psychologiques, des troubles du sommeil, de la fatigue et de la douleur est associée. Cette prise en charge est nécessaire pour le bien être du patient et requiert la consultation de médecins spécialistes et d'une surveillance contrôlée (9).

Prévention et outils

I. Incidence de la borréliose de Lyme

En France, entre 25 000 et 55 000 nouveaux cas sont recensés chaque années. Cependant, il existe une grande disparité régionale et départementale avec des taux d'incidence supérieure à 150 cas sur 100 000 habitants dans l'Est et le centre de la France contre moins de 50 cas pour 100 000 habitants dans l'Ouest et le Sud méditerranéen comme le montre la figure 16. (12) C'est pourquoi, la prévention de la maladie de Lyme a toute son importance (35).

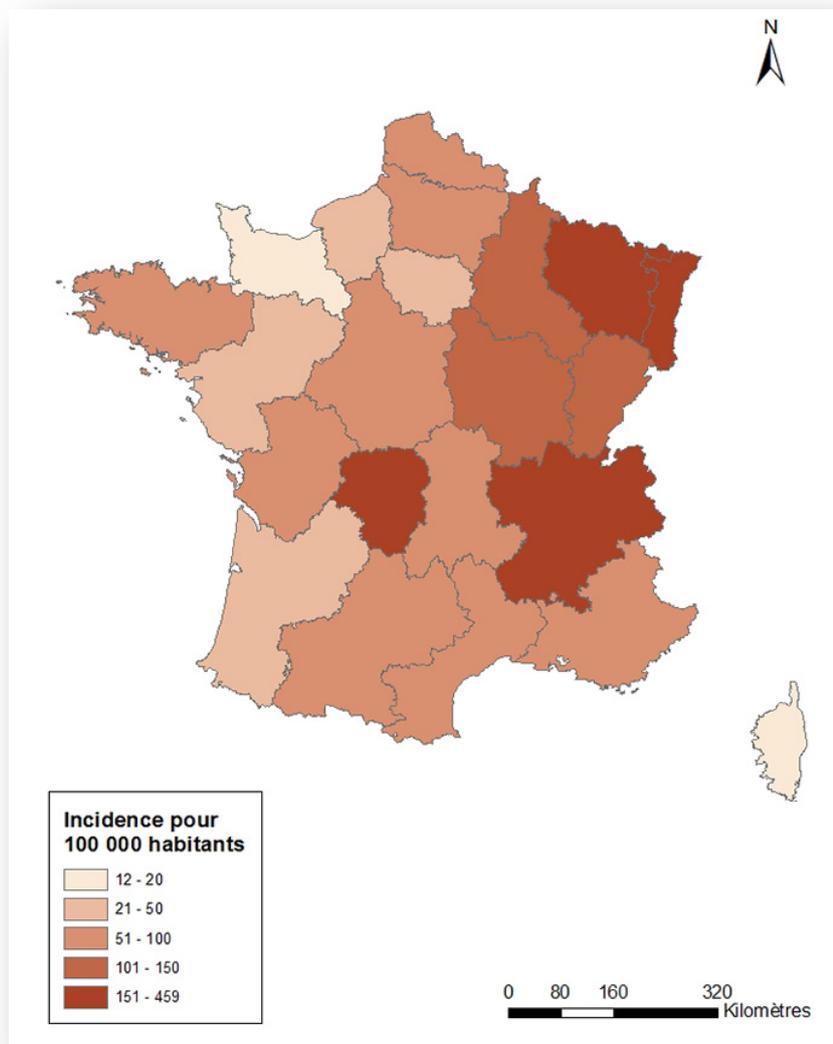


Figure 16 : Estimation du taux d'incidence annuel moyen de la maladie de Lyme en France métropolitaine entre 2013 et 2018(3)

II. Prévention de la pathologie

1. Prévention et définition

Selon l’OMS en 1948, la prévention est « l’ensemble des mesures visant à éviter ou réduire le nombre et la gravité des maladies, des accidents et des handicaps ». Cette prévention se divise en trois types :

- La prévention primaire est représentée par les actions mise en place dans une population afin de réduire l’incidence d’une pathologie ou ses risques d’apparition
- La prévention secondaire rassemble les moyens permettant de diminuer la prévalence d’une maladie dans une population, notamment les actes de dépistages, de diagnostic et de traitement précoce
- La prévention tertiaire cherche à réduire la prévalence des incapacités chroniques ou des récidives dans une population, mais aussi de diminuer les complications, séquelles ou rechutes suite à une pathologie (36).

2. Population cible

Les personnes les plus exposées aux piqûres de tiques sont :

- Les professionnels travaillant dans la nature comme les bûcherons, les gardes forestiers, les gardes-pêche, les jardiniers
- Les individus avec des loisirs en pleine nature comme les randonneurs en forêt, les chasseurs, les campeurs, les ramasseurs de champignons

Cependant tout le monde est concerné ; les tiques sont également présents dans les jardins et les parcs. Parfois la tique provient de l’animal domestique.

3. Aménager son extérieur

Afin de se protéger des piqûres de tiques, il est important d’aménager son jardin. Dans un premier temps, ses arthropodes hématophages aiment l’ombre et l’humidité, c’est pourquoi la création d’aires dégagées et ensoleillées est judicieuse. Il est préférable de tondre régulièrement la pelouse en laissant le moins de recoins en friche, de se débarrasser des tas de feuilles, de tailler les haies.

Ensuite, il est possible de confronter les tiques à leurs ennemis naturels : les pintades et les poules qui les dévorent (37).

4. Prévention primaire

La prévention primaire de la maladie de Lyme consiste à éviter les piqûres de tique ; notamment en suivant les recommandations(21) :

- Porter des vêtements longs, couvrants et de couleur claire afin de repérer le plus rapidement et facilement la présence d'une tique. La tenue vestimentaire comprend également des chaussettes hautes et des chaussures fermées
- Glisser les bas de pantalon dans les chaussettes ou porter des guêtres
- Porter un chapeau et attacher les cheveux longs
- Eviter les hautes herbes, les fougères et les arbres aux branches basses
- Rester le plus souvent sur les sentiers
- Prendre un tir-tique avec soit

A cela s'ajoute les acaricides et répulsifs cutanés. Le répulsif à utiliser sur les vêtements est avec un acaricide de la famille des pyréthrinoïdes de synthèse dérivé du chrysanthème, *Chrysanthemum* ou *Tanacetum cinerariifolium*. La perméthrine, principalement utilisée a une durée d'efficacité de plusieurs semaines même après plusieurs lavages et repassages, c'est pourquoi son usage n'est pas recommandé quotidiennement.

L'imprégnation des vêtements à la perméthrine est un complément de l'utilisation d'un répulsif cutané. Après pulvérisation et une fois le produit sec, les vêtements sont inodores et sans tâches. Cet acaricide peut être utilisé chez la femme enceinte et dès 24 mois : il possède une faible toxicité et une bonne tolérance cutanée (38).

Il est à noter que la perméthrine est toxique pour les chats.

Les répulsifs cutanés libèrent des molécules volatiles qui neutralisent le radar olfactif de l'insecte ; c'est pourquoi seules les surfaces enduites sont protégées. Deux catégories de répulsifs se distinguent : les extraits de plantes et les produits de synthèse (38).

Les huiles essentielles (extraites de plantes) sont de plus en plus étudiées mais elles sont très volatiles et donc seulement efficaces 20min. De plus, ces mélanges d'huiles essentielles possèdent de nombreux effets secondaires comme des irritations cutanées, une photosensibilisation ou des allergies. Ainsi l'utilisation des huiles essentielles seules en tant que répulsif cutané n'est pas recommandée (38).

La figure 17 met en évidence le nombre d'application quotidienne maximale de répulsif cutané recommandé pour chaque individu (39, 40).

La liste des produits biocides est accessible via la base de données en ligne Simmbad (www.simmbad.fr).

Tous les produits ne disposent pas encore d'une AMM, certains sont encore en cours d'évaluation. Pour les produits répulsifs disposant d'une autorisation de mise sur le marché (AMM), comme les produits à base de DEET et certains produits à base d'IR3535, les décisions contenant les conditions d'utilisations autorisées sont disponibles sur le site de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (https://www.anses.fr/fr/decisions_biocide). Il faut noter que les conditions d'utilisation indiquées dans les AMM n'ont pas comme unique objectif la prévention de maladies vectorielles : elles prennent en compte les risques de toxicité individuels et environnementaux liés aux substances contenues dans ces produits.

Il convient de lire attentivement les instructions d'emploi exactes du produit avant son acquisition. Pour les produits disposant d'une AMM, se référer au RCP pour leur utilisation.

Nombre maximal d'application(s) quotidienne(s)						
Substance active et concentration		À partir de 6 mois et tant que l'enfant ne marche pas	Dès que l'enfant marche et jusqu'à 24 mois	De l'âge de 24 mois à 12 ans	>12 ans	Femmes enceintes
DEET² (N ₁ ,N-diéthyl-m-toluamide)	10 à 20%		<i>Posologie en fonction des indications de l'AMM</i>	<i>Posologie en fonction des indications de l'AMM</i>	<i>Posologie en fonction des indications de l'AMM</i>	<i>Utilisable uniquement si risque de maladie vectorielle</i> <i>Posologie en fonction des indications de l'AMM</i>
	30 à 50%			<i>Posologie en fonction des indications de l'AMM</i>	<i>Posologie en fonction des indications de l'AMM</i>	<i>Utilisable uniquement si risque de maladie vectorielle</i> <i>Posologie en fonction des indications de l'AMM</i>
IR3535³ (N-acétyl-N-butyl-β-alaninate d'éthyle)	20%	1*	2*	2*	3*	3*
	25 à 35%			2*	3*	*
KBR3023⁴ ou icaridine ou picaridine (Carboxylate de Sec-butyl 2-(2-hydroxyéthyl) pipéridine-1)	20%			2	3	3
	25%			2	3	
Huile d'Eucalyptus citriodora, hydratée, cyclisée, précédemment dénommée PMD^{4,5}	19 à 20%	1	2	2	3	3
	25%	1	2	2	3	

¹ Disponible sur <http://www.medicine-voyages.fr/publications/ppavtextecourt.pdf> et dans l'article : *Insect repellents* [41].

² Le DEET a fait l'objet d'une évaluation au niveau européen et cette substance a été autorisée au 1^{er} août 2012, avec une restriction d'usage émise chez l'enfant de moins de 2 ans. Cependant, en cas de risque élevé de transmission d'une maladie vectorielle, il est utilisable sur une période courte, en respectant scrupuleusement le nombre d'applications maximum admis et les conditions pratiques d'usage chez l'enfant. Les produits à base de DEET ont été évalués et font l'objet d'une autorisation de mise sur le marché.

³ La substance IR3535 a été autorisée au plan européen au 1^{er} novembre 2015 et les produits qui en contiennent doivent désormais demander une AMM. Pour certains, l'évaluation est terminée et les produits disposent d'une AMM, d'autres sont encore en cours d'évaluation.

⁴ Les substances Icaridine (ou picaridine) et l'huile d'Eucalyptus citriodora, hydratée, cyclisée sont en cours d'évaluation au niveau européen. L'huile d'Eucalyptus citriodora, hydratée, cyclisée n'est pas une huile essentielle.

⁵ Il n'a pas été noté de toxicité systémique de ce produit de sorte que son usage, aux plus faibles concentrations, peut être préconisé chez les femmes enceintes.

* Sauf si le produit dispose d'une AMM. Dans ce cas, ce sont les indications qui figurent dans l'AMM qui s'imposent.

Figure 17 : Recommandations de l'application des répulsifs cutanés

Il existe plusieurs répulsifs à base des produits de synthèses sous différentes présentations : spray, lotion, crème, stick, roll-on. En effet, le tableau 4 détaille les substances actives de synthèse utilisées. Le citriodiol est un mélange de cis et trans p-methane 3,8-diol (PMD Rich Botanical Oil)), un dérivé semi synthétique provenant de l'huile essentielle d'eucalyptus citronné (*Corymbia citriodora*).

Tableau 4 : Utilisation des répulsifs de synthèse (41)

Substance active	Age conseillé	Utilisation chez la femme enceinte	Commentaires
DEET (N,N-diethyl-m-toluamide)	Adapté dès 6 mois (selon les concentrations)	Oui	Protection durant 4-5h Endommage les matières plastiques (attention aux lunettes)
IR3535	Adapté dès 6 mois (selon les concentrations)	Oui	Durée d'efficacité : 4h
Picaridine ou KBR3023	A partir de 24 mois	Oui	
PMDRBO (mélange de cis- et trans-p-menthane-3,8diol)	Adapté dès 6 mois	Non	Appelé aussi le citriodiol, dérivé de l'eucalyptus, <i>Corymbia citriodora</i>

Pour les enfants de moins de 30 mois, la barrière hématoencéphalique protégeant le cerveau de l'enfant est immature, c'est pourquoi l'utilisation de répulsifs cutanée n'est pas recommandée (9).

Par ailleurs, les répulsifs ne doivent pas être appliqués au niveau des muqueuses ou sur des lésions étendues ; le contact avec les yeux est à éviter. Le répulsif ne doit pas être appliqué plus de 3 fois dans la journée (9).

En cas d'utilisation de crème solaire, le répulsif doit être appliqué au moins 20 minutes après l'application de la crème solaire. De plus, il est conseillé de ne pas mettre de répulsif au niveau des mains des enfants : risque d'ingestion du produit (38).

Enfin il n'est pas recommandé d'utiliser : (41)

- Les bracelets répulsifs
- Les huiles essentielles pures (efficacité inférieure à 20 min)
- Les appareils sonores à ultrasons
- La vitamine B1
- L'homéopathie
- Les rubans, papiers et autocollants gluants sans insecticide

Au retour de la sortie en pleine nature, il est préférable de retirer les vêtements et de les secouer ; en effet une tique peut s'y cacher. Ensuite, il est recommandé d'examiner tout le corps le plus tôt possible et particulièrement les zones à risques. Les localisations préférentielles de la tique sont les zones où la peau est fine et humide comme les aisselles, le nombril, les zones génitales, les plis du genou et du coude, le cuir chevelu et à l'arrière des oreilles (figure 18). Il est conseillé de réaliser une inspection méticuleuse aussi chez les animaux.

Cette inspection minutieuse est un réflexe indispensable car le stade de la nymphe est plus souvent en cause et mesure seulement 1 à 3 mm.

Il est conseillé de réaliser une seconde inspection le lendemain comme la tique gorgée de sang sera plus facilement visible (21).



Figure 18 : prévention primaire et zones d'inspection (42)

5. Prévention secondaire

La prévention secondaire de la borréliose de Lyme comprend les mesures préventives à adopter après une piqûre de tique. Une fois la tique repérée, il est important de la retirer le plus rapidement possible afin de limiter le risque de transmission de la bactérie. En effet, les piqûres de tiques sont indolores et le risque de transmission de la borréliose de Lyme augmente avec le temps d'accroche à la peau (43, 44).

Afin de retirer la tique, il suffit de prendre un tire-tique, de glisser le crochet sous la tique au plus près de la peau et perpendiculairement à la peau et sans l'écraser. Ensuite, il faut exercer des mouvements de traction et de rotation délicatement jusqu'à ce que la tique se décroche ; en évitant d'arracher la tête de l'arthropode (figure 19). La taille du crochet dépend de la grosseur de la tique : petit crochet pour une nymphe et grand crochet pour un adulte gorgé retrouvé essentiellement sur les animaux domestiques. Le tire tique est donc un dispositif médical vétérinaire.

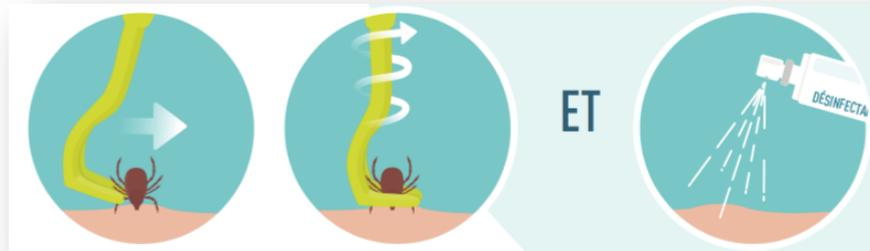


Figure 19 : extraction d'une tique à l'aide d'un tire-tique (43)

En l'absence de tire-tique, il est possible d'utiliser une pince à épiler fine en saisissant la tique à la base et en tirant vers le haut sans tourner comme sur la figure 20.

Une fois retirer la zone de la piqûre est désinfectée avec un antiseptique local.

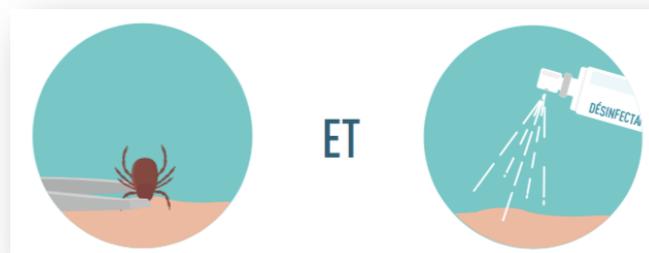


Figure 20 : extraction d'une tique à l'aide d'une pince fine (43)

Cependant, il est impératif de ne pas retirer la tique avec ses ongles, ni de mettre un produit sur la tique avant son extraction. L'usage de vaseline, éther, essence, alcool, anesthésiques locaux n'est pas recommandée car la tique risquerait de régurgiter (43, 44).

Une fois la tique retirée, elle peut piquer une autre personne ou un animal ; c'est pourquoi il est préférable de s'en débarrasser judicieusement. La tique peut être écrasée puis déposer un milieu de morceau de scotch et jetée à la poubelle. En effet, la tique peut survivre si elle est jetée dans les toilettes et la brûler pourrait être dangereux pour soi-même (risques de brûlures).

Enfin, il est conseillé de surveiller la zone de la piqûre durant les semaines qui suivent et de contacter son médecin traitant si des symptômes apparaissent (44).

6. Signalement

Depuis 2017, le programme CITIQUE a mis en place l'application gratuite « signalement tique ». CITIQUE est un programme de recherche participative où les citoyens peuvent aider la recherche sur les tiques et leurs maladies vectorielles. L'application « signalement tique » a été mise en service par INRAE, l'Anses et le Ministère des Solidarités et de la Santé (figure 21).

Cette application permet de signaler une piqûre de tique (sur l'Homme ou l'animal) partout en France depuis son téléphone ou ordinateur. L'application donne aussi des informations sur la prévention et le suivi post-piqûre (45, 46).

Lors du signalement, plusieurs informations sont demandées auprès de la personne ou de l'animal piqué : zone géographique de la piqûre, date, partie du corps piquée, nombre, environnement, photo de la piqûre et/ou de la tique.

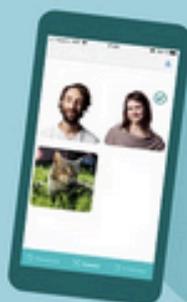
Ensuite, la tique retirée peut être envoyée par voie postale à CITIQUE, à Nancy afin que les chercheurs analysent l'arthropode et ses potentiels agents infectieux.



Une tique vous a piqué
ou a piqué votre animal ?
Rendez-vous sur l'application
«Signalement Tique» !



1. Créez un compte
et ajoutez autant de
profils que vous souhaitez

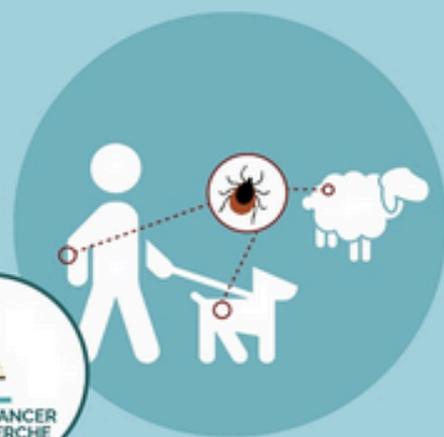


Lors des signalements,
les informations sur les
profils seront déjà
renseignées

2. Signalez la piqûre
et obtenez le numéro
de signalement à 6 chiffres

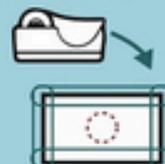


Vous pouvez
signaler même
hors connexion !



3. Envoyez la tique
piqueuse à CiTIQUE

- Emprisonnez la tique dans du papier absorbant
- Marquez le n° de signalement à 6 chiffres, la date et le lieu de piqûre
- Envoyez à Programme CiTIQUE - Laboratoire Tous Chercheurs Centre INRAE Grand Est-Nancy 54280 Champenoux



4. Recevez des
notifications pour
le suivi post-piqûre



5. Consultez l'historique
de signalement et des
informations de prévention

A partir de votre compte consultez le « journal des piqûres »
des différents profils enregistrés et devenez incollable
sur les tiques !

Figure 21 : étapes pour signaler une piqûre de tique (45)

En février 2020, ce signalement a permis de démontrer que 28% des personnes ont été piquées dans leurs jardins. Cependant, 31% des tiques collectées contenaient au moins un agent pathogène et 15% des tiques analysées étaient porteuses de la bactérie responsable de la borréliose de Lyme (47).

III. Antibioprophylaxie

En l'absence d'érythème migrant et d'autres symptômes liés à des maladies vectorielles à tique aucune antibioprophylaxie systématique n'est recommandée. De plus, aucun risque infectieux supplémentaire n'a été mis en évidence auprès des femmes enceintes et des enfants de moins de 8 ans. Chez les immunodéprimés, un risque de contraction d'autres maladies vectorielles à tique existe.

Cependant, une antibioprophylaxie peut être discutée en zone d'endémie chez des personnes présentant des hauts facteurs de risque de contamination (piqûres multiples, attachement de la tique à la peau supérieure à 48-72h). Ainsi, la mise en place d'une antibioprophylaxie peut être prescrite en fonction du rapport bénéfice-risque individuel.

L'antibioprophylaxie repose sur l'administration de doxycycline en prise unique, soit 200 mg. En cas de contre-indication à la doxycycline, l'administration d'amoxicilline pendant 10 à 21 jours est préconisée (9, 44).

IV. Prévention auprès des animaux

Les animaux sauvages et les animaux domestiques sont potentiellement porteurs de tiques, notamment de tiques adultes.

C'est pourquoi il est intéressant de déparasiter régulièrement ses animaux. Pour cela, les brosses et les peignes retirent les tiques de façon mécanique avant qu'elle n'ait piqué l'animal ; la tique peut être aperçue très rapidement. Si la tique est déjà implantée, l'utilisation d'un tire-tique puis d'une désinfection locale est conseillée (48).

De plus, l'utilisation de répulsifs sous forme de colliers, de spot on, de comprimés, shampoing et poudre est très efficace auprès des animaux domestiques ; notamment du printemps à l'automne. Il est possible de mettre en place des clôtures afin de limiter le passage des animaux sauvages. Enfin, la confrontation de la tique avec ses ennemis naturels est particulièrement utile : les poules, les pintades, des vers microscopiques et certains champignons (48).

Il existe un vaccin contre la maladie de Lyme auprès des chiens, mais il est le plus souvent réservé aux animaux très exposés comme les chiens de chasse. Le vaccin peut être administré à partir de 12 semaines avec deux injections espacées de 3 à 5 semaines, à renouveler tous les ans. Merilym3® est un vaccin inactivé contenant trois souches de *Borrelia burgdorferi* *sl* :

- *Borrelia garinii*
- *Borrelia afzelii*
- *Borrelia burgdorferi sensu stricto* (49)

V. Autres maladies vectorielles à tiques

Les tiques sont des arthropodes hématophages vecteurs de nombreuses pathologies. En effet, elles abritent différents pathogènes (virus, bactéries et parasites) pouvant être dangereux et mortels pour l'Homme mais aussi pour les animaux. Voici quelques exemples de maladies vectorielles à tiques : (16, 17, 21, 50).

Tableau 5 : Différentes maladies vectorielles à tiques (21)

Pathologie	Pathogène(s)	Clinique	Traitement	Commentaire(s)
Fièvre Q	Bactérie <i>Coxiella burnetii</i>	Syndrome pseudo-grippal ou hépatite granulomateuse ou pneumonie atypique	Antibiothérapie avec doxycycline	Transmission par inhalation d'aérosol contaminé
Méningo-encéphalite à tiques	Virus TBE (Tick Borne Encephalitis)	Asymptomatique, syndrome pseudo-grippal, signes méningés et encéphaliques	Traitement symptomatique, pas d'antiviral actuellement	7 cas par an Vaccin inactivé Ticovac® et Encepur®
Rickettsioses à tiques (groupe boutonneux)	Bactéries intracellulaires de la famille de <i>Rickettsiaceae</i>	Escarre d'inoculation au site de la piqûre, fièvre, céphalées, myalgies, éruption maculo-papuleuse	Antibiothérapie type Doxycycline ou Azithromycine	Fièvre boutonneuse méditerranéenne estimée à 50 cas pour 100 000 habitants à Marseille
				0,07 cas pour 100 000 habitants Maladie à déclaration obligatoire
Tularémie	Bactérie intracellulaire <i>Francisella tularensis</i>	Syndrome grippal suivi d'une ulcération au site d'inoculation associée à des adénopathies	Antibiothérapie avec ciprofloxacine ou doxycycline	Transmission par contact direct d'animaux infectés ou par inhalation de

				particules aérosolisées infectées
Babébiose	Parasites : <i>Babesia divergens</i> , <i>Babesia sp</i> et <i>Babesia microti</i>	Non spécifique : fièvre élevée, myalgies, céphalées	Bithérapie Atavaquone associé à l'azithromycine ou clindamycine	<i>Babesia canis</i> responsable de la piroplasmose très dangereuse chez le chien
Anaplasmose granulocytaire humaine (AGH) ou Ehrlichiose	Bactérie intracellulaire stricte : <i>Anaplasma phagocytophilum</i>	Arthromyalgie fébrile, céphalées et frissons	Antibiothérapie avec doxycycline	Surtout en Alsace
Fièvre récurrente à tiques	Bactéries : <i>Borrelia crocidurae</i> et <i>Borrelia hispanica</i>	Fièvre, frissons, céphalées, courbatures	Spontanément résolutive	Maladie d'importation
Bartonellose	Plusieurs bactéries intracellulaires, type <i>bartonella</i>	Clinique variable selon l'espèce de <i>Bartonella</i>	Antibiothérapie	Exemple de <i>Bartonella henselae</i> responsable de la maladie des griffes du chat

VI. Panneaux et brochures d'informations

En 2016, le plan national de lutte contre la maladie de Lyme et les maladies transmissibles par les tiques vise à renforcer la surveillance et la prévention des maladies transmissibles par les tiques. En l'effet, une des actions consiste à développer l'information sur les moyens de prévention à l'entrée des forêts et espaces de randonnée. Ainsi, des panneaux de sensibilisation sur les tiques sont de plus en plus implantés et retrouvés à l'orée des forêts, comme le montre la figure 22 (51).

De plus, des dépliants et des affiches sont retrouvés dans les établissements de santé, les laboratoires pharmaceutiques et dans les pharmacies d'officines. De même, des documents téléchargeables sur internet sont disponibles gratuitement et notamment à destination des jeunes. (51, 52).



Figure 22 : exemple de panneau d'information au col de la Schleif (photo personnelle)

VII. Campagnes de prévention auprès des enfants

Les campagnes de prévention débutent dès le plus jeune âge et s'adaptent à l'évolution des années scolaires et du programme scolaire.

1. Exemple de la mise en place du service sanitaire

Le service sanitaire a été mis en place à la rentrée 2018 et permet aux étudiants de santé de faire de la prévention auprès de la population et de mener des actions de promotion de la santé.

Cette formation est à la fois enrichissante pour les étudiants et pour la population ciblée. Le service sanitaire s'inscrit de façon complémentaire au programme scolaire et aux établissements participants. Cette sensibilisation se concentre sur la promotion de comportements favorables à la santé, notamment sur la qualité de vie, la morbidité et la mortalité qui en découle (53, 54, 55, 56).

Les objectifs du service sanitaire sont : (56)

- D'initier les étudiants de santé à la prévention primaire et à la promotion de la santé afin de développer leurs compétences et expériences
- D'assurer une sensibilisation auprès de toute une population diverse
- De lutter contre les inégalités sociales et territoriales
- De favoriser le développement de l'autonomie des futurs professionnels de santé et de renforcer leur sens de l'engagement
- Le déploiement de l'esprit d'équipe et du travail collectif entre les étudiants de santé

Par ailleurs, différentes thématiques pourront être abordées en fonction du public ciblé :(53)

- L'activité physique
- L'alimentation
- Les addictions comme le tabac, l'alcool et le cannabis
- L'éducation sexuelle intégrant la contraception
- Hygiène bucco-dentaire
- Vaccination
- Les écrans
- Les troubles du sommeil

En effet, j'ai pu participer au service sanitaire en 5^{ème} année de pharmacie auprès des élèves de maternelle sur l'hygiène bucco-dentaire avec des étudiants en pharmacie et en dentaire.

D'autres étudiants en pharmacie ont réalisé leur service sanitaire sur les addictions et l'éducation sexuelle auprès des lycéens, sur la sensibilisation à la vaccination pour les lycéens, mais aussi l'alimentation et les risques de chutes dans des EHPAD.

Ainsi, les élèves rencontrent chaque année des étudiants de santé sur une multitude de sujets de sensibilisation et de prévention. De plus, la confrontation des lycéens avec des étudiants de santé est également un atout majeur pour entamer discussion avec l'alliance d'une population jeune.

2. Outils de prévention

Afin de mettre en œuvre une campagne de prévention auprès des enfants, le choix d'outils appropriés au contexte et au public ciblé est très important. C'est pourquoi il existe une infinité de ressources pédagogiques permettant d'accompagner les élèves sur leur sujet de sensibilisation.

a. Outils électroniques

Tout d'abord, les outils électroniques sont de plus en plus utilisés lors des campagnes de prévention. Il existe un large choix d'outils électroniques :

- Des vidéos : sous forme de cours, de formation, de clip
- Des musiques de sensibilisation dans tous les genres : rap, pop, rock..
- Des images : discussions sur images, choix entre plusieurs photos
- Jeux vidéos : activité d'apprentissage ludique
- Histoires : film, série, dessin animé
- Diaporama

Ces supports numériques sont pratiques et économiques car ils demandent peu de matériel à transporter et sont la plupart du temps gratuits.

b. Outils papiers

Ensuite, la sensibilisation peut être approchée grâce à du matériel distribué aux élèves comme des fiches, des brochures, des bandes dessinées, des livres. Chaque écolier lit et découvre à son rythme la thématique ; il dispose d'un document papier entre ses mains qui va l'accompagner dans son apprentissage.

Les documents papiers sont également créés sous la forme des jeux collectifs et ludiques comme des jeux de cartes, jeux de l'oie, des puzzles... Ces versions papiers permettent la mobilisation de tous les élèves et d'apprendre en s'amusant.

Enfin, les outils papiers mettent également la créativité des jeunes en avant en réalisant des dessins, des exposés ou autres créations. Ces outils recherchent l'imagination de chacun, ils permettent de prendre conscience de l'avis et de la connaissance des adolescents sur un sujet de prévention.

Ainsi, la version papier permet d'avoir un document entre les mains, cependant elle représente un certain coût d'achat de matériel et d'impression.

c. Outils de communication orale

Dans un dernier temps, la communication orale a toute sa place durant les campagnes de prévention. En effet, cet outil se développe selon une multitude de solutions :

- Table ronde
- Jeux de rôle
- Discussion
- Débat

Cette forme de communication crée des relations directes entre les élèves, partage les pensées, les savoirs et les avis des jeunes. De plus, elle ne demande pas de frais supplémentaires.

Cependant, il est difficile de gérer tous les participants : des élèves timides risquent de se mettre en retrait, des élèves bavards et dissipés peuvent perturber le moment d'activité et des conflits ou des tensions peuvent surgir, notamment lors de désaccords. Le rôle de l'animateur du sujet de prévention est donc primordial : il perçoit la dynamique et les besoins du groupe, il gère le groupe en facilitant la parole et en régulant les perturbations et il synthétise le contenu des échanges.

Programme scolaire des collégiens et des lycéens

Le lien entre la prévention de la maladie de Lyme et le programme scolaire des adolescents se retrouve dans la matière des sciences de la vie et de la Terre (SVT) (57, 58).

I. Programme des sciences de la vie et de la Terre des collégiens

1. Classe de sixième

La classe de sixième fait partie du cycle 3 (avec le CM1 et le CM2) qui consiste à consolider les connaissances déjà abordées et des les revisiter afin de progresser vers plus de généralisations à partir du concret.

La partie qui fait le lien avec la prévention de la maladie de Lyme concerne le vivant, sa diversité et les fonctions qui le caractérisent. En effet, les élèves classent les organismes, exploitent les liens de parenté pour comprendre et expliquer l'évolution des organismes. Et ils décrivent comment les êtres vivants se développent et deviennent aptes à se reproduire.

Ainsi le cycle de vie de la tique créé un lien entre le programme scolaire et la prévention de la maladie de Lyme.

2. Cycle 4 : classes de 5^{ème}, 4^{ème} et 3^{ème}

Le cycle 4 fait entrer les élèves dans une relation scientifique avec des phénomènes naturels ou techniques, et le monde du vivant. C'est pourquoi ce cycle s'articule autour de trois grands thèmes :

- La planète Terre, l'environnement et l'action humaine
- Le vivant et son évolution
- Le corps humain et la santé

Le thème « Le vivant et son évolution » explique l'organisation du monde vivant, sa structure et son dynamisme à différentes échelles d'espace et de temps. Il développe la nutrition des organismes, la dynamique des populations, la classification du vivant, la biodiversité, la diversité génétique des individus et l'évolution des êtres vivants.

Ensuite, le thème « Le corps humain et la santé » explique plusieurs processus biologiques impliqués dans le fonctionnement de l'organisme humain, jusqu'au niveau moléculaire : activités nerveuse, musculaire, cardio-vasculaire et cérébrale, alimentation et digestion, relations avec le monde microbien, reproduction et sexualité.

La sensibilisation de la maladie de Lyme intègre le programme notamment avec la biodiversité, la découverte du monde bactérien (ici *Borrelia*) et les réactions immunitaires.

II. Programme des sciences de la vie et de la Terre des lycéens

Pour participer à l'affirmation du caractère généraliste de la seconde, le programme des sciences de la vie et de la Terre aborde une palette de thèmes variés et, par conséquent, accepte de ne pas trop les approfondir. Il s'agit de montrer la diversité des sujets qu'abordent les sciences de la vie et de la Terre dans l'espoir que chaque élève y trouvera matière à répondre à ses attentes.

1. Objectifs de l'enseignement des sciences de la vie et de la Terre

Tout d'abord, les sciences de la vie et de la Terre sont une voie de motivation et de réussite pour la poursuite de la formation scientifique après le collège et la préparation à l'enseignement supérieur. Mais cette matière participe également à l'éducation en matière de santé, sécurité, environnement, de tout élève s'orientant vers des filières non scientifiques. De plus, la discipline vise trois objectifs fondamentaux :

- **Aider à la construction d'une culture scientifique commune** fondée sur des connaissances considérées comme valides tant qu'elles résistent à l'épreuve des faits (naturels ou expérimentaux) et des modes de raisonnement propres aux sciences.
- **Participer à la formation de l'esprit critique et à l'éducation citoyenne** par la prise de conscience du rôle des sciences dans la compréhension du monde et le développement de qualités intellectuelles générales par la pratique de raisonnements scientifiques
- **Préparer les futures études supérieures** des élèves qui poursuivront la voie des sciences

Cependant, l'atteinte de ces objectifs pourra être accomplie grâce à des programmes s'articulant autour de trois grandes thématiques qui, dans une large mesure, ne sont pas indépendantes.

Le premier thème abordé est « La Terre dans l'Univers, la vie et l'évolution du vivant ». Ce dernier approfondi les acquis du collège par l'étude successive des caractéristiques de la Terre qui permettent de comprendre que la vie s'y développe, quelques originalités de fonctionnement et d'organisation du vivant et quelques idées sur la biodiversité et son origine évolutive.

Ensuite, le thème « enjeux planétaires contemporains » s'intéresse à certains aspects de la question énergétique ainsi qu'au défi que représente, en matière de ressources en sol, le développement d'une agriculture qui répond aux besoins de l'humanité.

Enfin, le dernier thème « Corps humain et santé » est centré sur l'organisme humain et permet à chacun de comprendre le fonctionnement de son organisme, ses capacités et ses limites.

2. La Terre dans l'Univers, la vie et l'évolution du vivant : une planète habitée

Dans cet item, les lycéens abordent la nature du vivant et la biodiversité. Ces chapitres sont un lien avec la prévention de la maladie de Lyme. En effet, ils distinguent les différentes échelles entre les atomes, molécules, cellules, organes, organismes et les ordres de grandeur associés. Ils comparent des ultrastructures cellulaires pour illustrer la parenté entre les êtres vivants.

L'enseignant met en œuvre une méthode permettant d'approcher la structure de l'ADN et la nature du message codé. La variation génétique repose sur la variabilité de la molécule d'ADN (mutations). Ainsi, l'information génétique contenue dans la molécule d'ADN est inscrite dans un langage universel. Les élèves avaient déjà appris au collège que l'information génétique est contenue dans le noyau et que l'ADN est présent dans le noyau.

De plus, les lycéens découvrent que la biodiversité est à la fois la diversité des écosystèmes, la diversité des espèces et la diversité génétique au sein des espèces.

3. Corps humain et santé : l'exercice physique

La connaissance du corps et de son fonctionnement est indispensable pour pratiquer un exercice physique dans des conditions compatibles avec la santé. Cela passe par la compréhension des effets physiologiques de l'effort et de ses mécanismes. Le système nerveux et le système musculo-articulaire abordés par les lycéens fait le lien avec la prévention de la maladie de Lyme également.

III. Programme des sciences de la vie et de la Terre en classe de première scientifique générale

3. La Terre dans l'univers, la vie et l'évolution du vivant

L'expression, la stabilité et la variation du patrimoine génétique est approfondie auprès des lycéens.

Ils comprennent comment la réplication et la mitose permettent une reproduction cellulaire conforme. Cependant, la fragilité de la molécule d'ADN – notamment lors de la réplication – est source de mutation, cause de variation génétique. Les mécanismes de transcription et traduction expliquent l'équipement protéique des cellules.

4. Corps humain et santé

Ce thème permet également le lien avec la prévention de la maladie de Lyme avec les chapitres de « variation génétique et santé » et « de l'œil au cerveau : quelques aspects de la vision ».

Ainsi, les lycéens prennent connaissance des variations génétiques bactériennes et des résistances aux antibiotiques. Pour cela, ils repèrent l'histoire de la découverte des antibiotiques. Puis ils étudient les résistances bactériennes afin de comprendre les dangers d'une utilisation mal maîtrisée des antibiotiques.

Afin d'intégrer la prévention de la maladie de Lyme au sein de l'année scolaire, une partie du programme des sciences de la vie et de la Terre doit corrélérer à ce thème.

C'est pourquoi la notion d'antibiorésistance vu durant l'année scolaire fait la liaison avec la lutte contre l'antibiorésistance dans les traitements de la maladie de Lyme. De plus, le chapitre « De l'œil au cerveau : quelques aspects de la vision » permet de faire la relation avec les symptômes de la borréliose comme des troubles de la vision et des tics nerveux au niveau de la paupière.

IV. Programme de la rubrique des sciences de la vie et de la Terre dans les sciences en classe de première générale ES et L

Le programme des sciences de la vie et de la Terre dans les classes de première générale ES et L se diffère de celui des classes de première générale S. Cet enseignement développe chez l'élève des compétences, dans le prolongement du socle commun des connaissances et des compétences du collège ou des enseignements de seconde, privilégiant à la fois un esprit critique face aux applications des connaissances scientifiques et des problèmes éthiques qu'elle soulève et une éducation aux choix.

De plus, cette matière est organisée en trois thématiques :

- Représentation visuelle
- Nourrir l'humanité
- Féminin, masculin
- Le défi énergétique

Afin de mettre en pratique le projet de prévention de la maladie de Lyme, les liaisons avec le programme des sciences de la vie et de la terre sont recherchées. La partie « Représentation visuelle » peut faire le lien avec les symptômes de la Borréliose comme les troubles de la vision et des tics nerveux au niveau de la paupière.

V. Programme des sciences de la vie et de la Terre en classe de terminale scientifique générale

En terminale S, classe où la spécialisation de l'élève se marque plus nettement, le programme de sciences de la vie et de la Terre vise à assurer une construction solide des concepts scientifiques sans chercher à l'exhaustivité des connaissances actuelles sur le sujet. Les thématiques choisies, comme les orientations du programme s'inscrivent dans ce projet, en s'appuyant sur les acquis de seconde et de première dans l'optique de préparer aux mieux l'orientation post baccalauréat des élèves.

Les trois mêmes grands axes sont repris :

- La Terre dans l'univers, la vie et l'évolution du vivant
- Enjeux planétaires contemporains
- Corps humain et santé : avec le maintien de l'intégrité de l'organisme : quelques aspects de la réaction immunitaire

Le maintien de l'homéostasie suppose, en plus du fonctionnement normal de l'organisme, de prendre en compte les agressions du milieu extérieur ou des dérèglements internes. L'élève prend connaissance que le système immunitaire est constitué de deux grands ensembles : l'immunité innée et l'immunité adaptative, qui coopèrent pour préserver la bonne santé de l'individu. Il réfléchit sur un exemple de l'immunité innée : la réaction inflammatoire. Il acquiert des connaissances sur la mémoire immunitaire et dans le domaine de la vaccination.

Le programme des sciences de la vie et de la Terre durant cette année scolaire fait découvrir et apprendre aux lycéens quelques aspects de la réaction immunitaire. C'est pourquoi les différentes méthodes de détection et de diagnostique de la Borréliose permettent d'intégrer la prévention de la maladie de Lyme dans leur cursus.

Approche pédagogique et préventive auprès des enfants

La prévention de la maladie de Lyme est importante dès le plus jeune âge ; en effet la borréliose de Lyme est la pathologie la plus transmise par les tiques en France. Les adolescents étant de jeunes adultes, sont capables de prendre conscience de l'impact de la maladie et de s'en prévenir.

Afin de capter l'attention de la majorité des élèves, la proposition de réaliser de la prévention sous formes d'activités ludiques et de réflexions semble intéressante. C'est pourquoi, la mise en place d'un jeu sur la prévention de la maladie de Lyme regroupe des activités ludiques permettant de mettre en pratique l'esprit d'équipe des élèves, mais aussi de tester leurs connaissances et de les faire réfléchir sur un sujet d'actualité.

Le but de cette prévention est d'acquérir des connaissances sur le sujet et d'être en mesure de réagir en cas de contact avec une tique.

Ce jeu pédagogique intervient sur la réflexion, la logique, la rapidité et la mémoire des jeunes. Le jeu sérieux est inspiré d'un jeu d'évasion : « escape game » ou « escape room » qui reflète un jeu en grandeur nature. Il se déroule la plupart du temps en groupe et le but est de s'échapper d'une pièce ou bien de résoudre un mystère. En effet, ce jeu d'évasion s'articule autour d'une histoire découpée en différentes énigmes.

I. Fiche informative pour l'enseignant

Avant de débiter les activités de prévention sur la maladie de Lyme, une fiche pédagogique est mise à disposition des enseignants. En effet, cette fiche contient des informations sur la borréliose de Lyme et les moyens de prévenir cette pathologie.

Ce document, mis en annexe (1) offre une première approche de la maladie de Lyme et de sa prévention pour l'enseignant. Ainsi, le professeur est capable de faire lui-même de la prévention et de l'intégrer dans le cursus scolaire.

L'enseignant a la possibilité de réaliser une brève explication sur ce qu'est la borréliose de Lyme et les moyens de la prévenir avant de débiter les activités au sein de la mallette pédagogique.

II. Jeux sérieux

Le jeu regroupe un ensemble de documents et de matériels qui aident l'enseignant à transmettre des informations sur la prévention de la maladie de Lyme au sein du milieu scolaire.

Afin de réaliser de la prévention auprès des enfants, le jeu regroupe plusieurs énigmes. En effet, les élèves apprennent et acquièrent des connaissances sur la maladie de Lyme tout en s'amusant. Cet univers de présentation pratique et ludique se fait par petits groupes, ce qui développe leur communication et esprit d'équipe.

Le jeu porte sur la résolution de plusieurs étapes et énigmes afin de sauver un patient malade. Les élèves recherchent des réponses sur le profil du patient, sa contamination et sa pathologie afin d'émettre un diagnostic et de guérir le patient (annexes 2 à 11).

1. Règles du jeu et mise en scène

Tout d'abord, l'enseignant divise la classe en petits groupes d'environ 3-4 personnes. Une fois les élèves repartis, la mise en scène peut commencer.

L'activité débute par une mise en scène de la situation de façon théâtrale ; l'enseignant démontre ses talents d'acteur en jouant le rôle d'un médecin urgentiste.

Contexte : La scène se déroule dans le service des urgences d'un hôpital. Le service des urgences est saturé de patients, l'ambiance est stressante, le personnel hospitalier est à cran. Un médecin urgentiste du service de l'hôpital demande alors de l'aide auprès des élèves ; ils jouent alors le rôle d'apprentis internes de médecine.

L'enseignant peut porter tout un costume de médecin : blouse, stéthoscope et masque.

Texte proposé à l'enseignant :

« Bonjour, Je suis le docteur Taitenlert et j'ai besoin de votre aide au sein du service des urgences de l'hôpital Gairytox. Les urgences sont saturées et je n'arrive plus à gérer la situation qui devient critique ! Je vous laisse donc prendre en charge un des patients qui nous donne du fil à retordre : Monsieur Paletan. J'espère que vous allez réussir à découvrir ce qui lui arrive et à le soigner avant qu'il ne soit trop tard. Attention ! Pour des raisons de sécurité, l'armoire à médicaments est fermée par un code secret et malheureusement j'ai encore oublié code. Pour y accéder je vous laisse quelques instructions à disposition.

Je dois absolument vous laisser j'ai d'autres vies à sauver..le temps est compté !! »

Démarrage du chronomètre :

Ensuite, les élèves apprennent que le temps est limité : un chronomètre de 45min est mis en route.

Une fois le chronomètre lancé, une mallette complète est mise à disposition pour chaque groupe d'élèves ; elle réunit toutes les informations nécessaires pour sauver Monsieur Paletan. En effet, la mallette est divisée en quatre étapes successives et est composée de multiples énigmes demandant plus ou moins de réflexion et de logique.

Pour commencer la réflexion, un petit mot du docteur Taitenlert est laissé :

« P0UR 54UV3R L3 P4713N7, 1L V0U5 F4UDR4 B34UC0UP D3 C0NC3N7R4710N 37 D3 L091QU3.
5U1V3Z B13N L35 374P35 L'UN3 4PR35 L'4U7R3 37 73N73Z D3 5019N3R M0N513UR P4L374N
4V4N7 QU'1L N3 5017 7R0P 74RD. CH4QU3 374P3 V0U5 P3RM377R4 D'3N 4PPR3NDR3
D'4V4N7493 5UR LU1, 4L0R5 B0NN3 CH4NC3 4 V0U5 ! »

Signification : « Pour sauver le patient, il vous faudra beaucoup de concentration et de logique. Suivez bien les étapes l'une après l'autre et tentez de soigner monsieur Paletan avant qu'il ne soit trop tard. Chaque étape vous permettra d'en apprendre d'avantages sur lui, alors bonne chance à vous ! ».

Ce message à caractères codés permet de démarrer les recherches et de plonger les apprentis internes en médecine dans le scénario et les énigmes.

2. Première énigme : les accessoires pour une promenade en forêt

a) Résolution du puzzle

Pour la première étape, les joueurs découvrent un message sur une boîte : « Vous apprenez que monsieur Paletan s'est promené en forêt il y a plusieurs semaines. Il pense que c'est depuis ce jour-là que tout a basculé.. Il savait pourtant bien que l'équipement avant une sortie en forêt est important »

A l'intérieur de la boîte cartonnée, différentes pièces de puzzle s'emmêlent. Ces pièces de puzzle représentent des vêtements et des accessoires. Logiquement, les élèves comprennent rapidement qu'il faut reconstituer un puzzle pour la première énigme.

Cependant, le puzzle ne se reconstitue pas avec l'intégralité des pièces disponibles. En effet, le piège est de vouloir absolument utiliser toutes les pièces de puzzle.

Afin de séparer les pièces utiles des pièces intruses pour avancer dans l'énigme, il faut observer les images sur les pièces de puzzle. Les dessins représentent divers accessoires comme un pantalon, un chapeau, un panier, un tire-tique, une robe, des escarpins, des palmes, de la crème solaire (tableau 6).

Les joueurs prennent conscience qu'il faut séparer l'équipement pour une sortie en forêt des autres images.

Tableau 6 : Séparation des pièces de puzzle

Equipement pour une sortie en forêt	Accessoires intrus
<ul style="list-style-type: none">• Pantalon• Veste• T-shirt• Sac à dos• Chaussettes hautes• Bombe anti-tique• Pull à capuche• Tire-tique• Chaussures de randonnée• Casquette• Panier	<ul style="list-style-type: none">• Masque et tuba• Escarpin• Socquette• Palmes• Short• Crème solaire• Maillot de bain• Cravate• Nœud papillon• Tongs• Chapeau haut-de-forme• Lunette• Robe

Une fois le puzzle formé, un nombre devient lisible : le huit (figure 23).



Figure 23 : Résolution puzzle

b) Création de la première énigme

Pour créer ce puzzle, il fallait trouver une image de fond : il s'agit d'une photo de fougères prise en forêt (photo personnelle). Les fougères sont des plantes retrouvées dans les sous-bois et qui abritent potentiellement des tiques.

Ensuite, chaque équipement a été imaginé puis dessiné à la main. Par la suite, le dessin a été scanné puis colorié grâce à un logiciel adapté : GIMP®.

Enfin les équipements dessinés et le chiffre huit ont été superposés à l'image végétale pour former un puzzle. Ce puzzle peut être imprimé et découpé en forme de puzzle directement ou bien par l'intermédiaire d'un site internet dédié à l'impression de puzzle à partir d'une image (figure 24).



Figure 24 : Second puzzle piège

3. Deuxième énigme : le rébus

La deuxième énigme est divisée en deux parties, avec un « Que suis-je ? » dans chaque partie. La première partie concerne le vecteur de la maladie de Lyme : la tique. La seconde partie s'intéresse à l'agent pathogène incriminé : une bactérie.

Dans un premier temps, un texte sans espaces entre les lettres et ponctuations doit être déchiffré :

Jem'appelleIxodesricinus,delafamilledesacariens.Jesuislecomplicedececrime.Attentionjesuistrèspetitetjemordspoureffectuermesrepassanguins.

Les apprentis internes doivent remettre en forme le court texte et deviner de quoi il s'agit.

Réponse : TIQUE

Dans un second temps, un rébus doit être résolu ; et pour cela le chiffre huit de la première étape est demandé (figure 25).

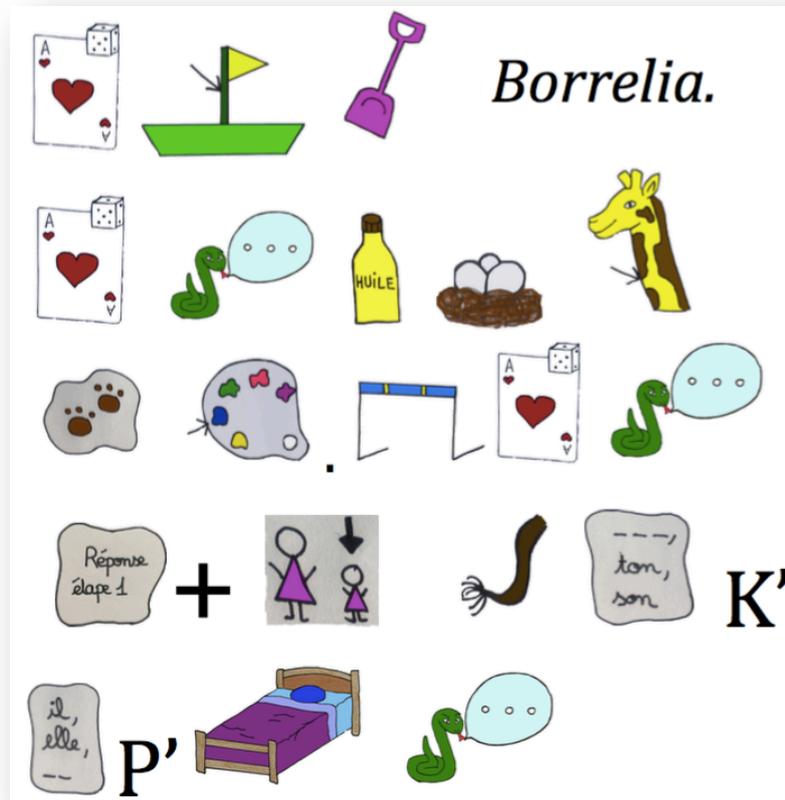


Figure 25 : Rébus étape 2

Solution : Je m'appelle Borrelia. Je suis le coupable et je suis plus petit que mon complice.

Réponse du « Que suis-je ? » : BACTERIE

De plus, toutes les images ont été dessinées à la main, puis scannées et coloriées à l'aide du logiciel précédent : GIMP.

Les mots « tique » et « bactérie » sont à inscrire dans un encadré qui révèle une couleur rouge au niveau de la lettre U du mot « tique » et une couleur verte au niveau de la lettre A du mot « bactérie ». Ces deux lettres servent à la prochaine étape.

4. Troisième énigme : clinique de la pathologie

La troisième étape se présente sous la forme des mots fléchés sur les symptômes et les parties du corps humain susceptibles d'être touchées par la maladie de Lyme. Les lettres A et U de l'étape précédente sont des lettres indices à replacer dans les mots fléchés (figure 26).

Afin de remplir les cases, chaque ligne ou colonne possède un indice sous forme d'image ou de phrase écrite. Les images sont des dessins réalisés à la main, puis scannés et coloriés grâce au logiciel cité précédemment : GIMP®.

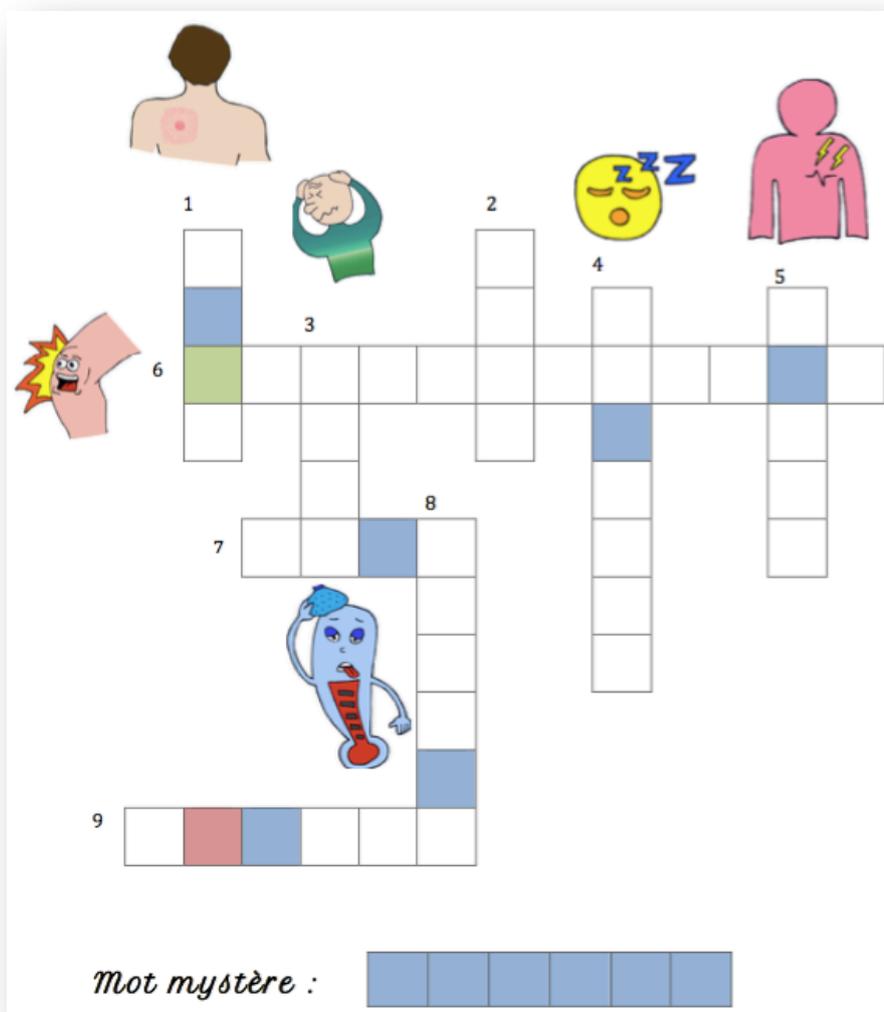


Figure 26 : Mots fléchés

Solution :

1 : Peau

2 : Yeux

3 : Tête

4 : Fatigue

5 : Cœur

6 : Articulation

7 : Nerf

8 : Fièvre

9 : Muscle

Solution : le mot mystère est formé à partir des lettres retrouvées dans les cases bleues : ROSTRE.

5. Quatrième énigme : morphologie de la tique et de la bactérie

La quatrième étape est un jeu de mots mêlés sur les « coupables » de l'état de santé de monsieur Paletan. Pour cela, un dessin fléché d'une tique et d'une bactérie est présenté. Ces dessins ont été réalisés à la main, puis scannés et coloriés grâce à un logiciel.

Pour réussir l'étape, les élèves recherchent les mots légendant la tique et la bactérie dans le jeu de mots mêlés ; ces légendes doivent être rayées pour laisser apparaître la solution de l'étape. De plus, le mot « rostre » découvert à l'étape précédente est à replacer sur le dessin de la tique (figures 27 et 28).

Afin de mettre en forme le jeu de mots mêlés, un générateur de mots mêlés est pratique (59).

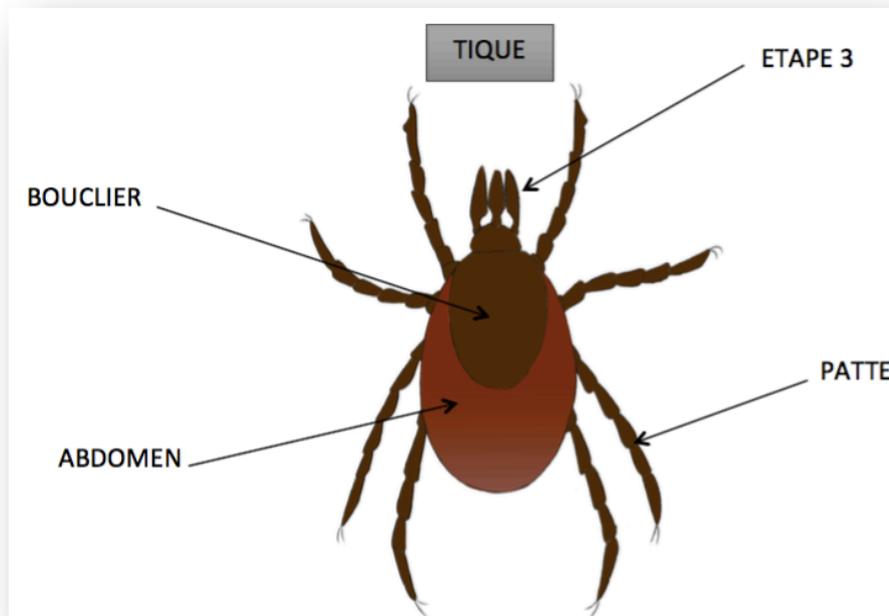


Figure 27 : Dessin d'une tique

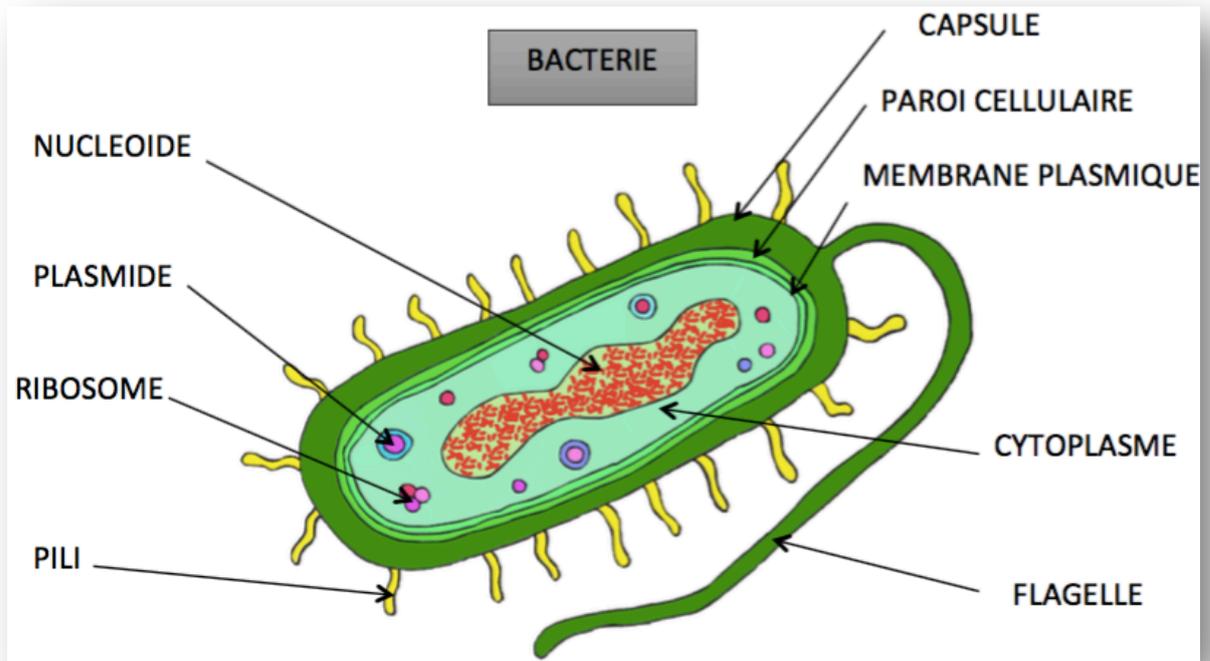


Figure 28 : Dessin d'une bactérie

Solution : une fois le jeu de mots mêlés finit, un message se forme :

« Vous venez de résoudre la dernière énigme. Le code déverrouillant le cadenas est le mot LYME. »

6. Enigme finale : ouverture du coffre

Les apprentis internes découvrent un petit coffre verrouillé lors de la dernière étape. Cependant, le cadenas du coffre ne comporte pas quatre lettres pour pouvoir remplir avec le mot LYME ; le cadenas est composé de quatre chiffres.

Afin de convertir les lettres en chiffres, un tableau de conversion est présent sous le coffre ainsi qu'un calcul mathématiques (figure 29).

Solution :

- L = 12
- Y = 25
- M = 13
- E = 5

Soit : $12 + 25 \times 13 \times 5 = 1637$

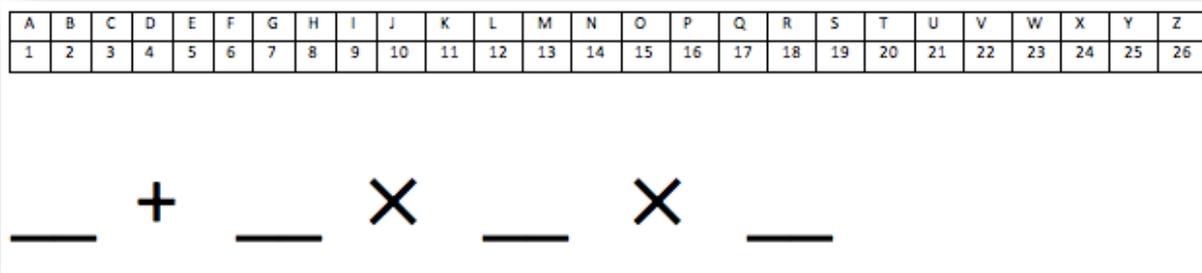


Figure 29 : Enigme sous le coffre

Les élèves déverrouillent le cadenas avec le code « 1637 ». Le coffre contient plusieurs boites de médicaments de couleurs différentes. Il reste une dernière énigme pour sauver leur patient : donner le bon médicament.

Pour choisir la bonne couleur, il suffit de reformer une phrase grâce au tissage énigmatique (figure 30).

Aucune consigne n'est donnée, les élèves réfléchissent à la manière de réaliser le tissage. La partie en pointillées est découpée et il suffit de passer chaque bande (numérotées dans l'ordre numérique de 1 à 7) par dessus et par dessous les lettres.

La phrase découverte est « Choisis les pilules vertes pour le guérir ». En effet, le jeu est gagné si les apprentis internes en médecine administrent les médicaments verts à monsieur Paletan dans le temps impartie.

L'enseignant a la possibilité d'aider ses élèves à tout moment s'ils sont en difficultés. Le jeu peut être adapté et modifié en fonction des besoins et des attentes de l'enseignant et sa classe.

1	C	A	O	R	S	E	S	
	T	-	S	E	N	-	U	2
3	P	E	L	O	L	J	S	
	N	V	I	R	E	E	B	4
5	-	F	O	E	R	S	-	
	C	-	I	E	L	-	S	6
7	G	P	E	E	I	M	-	
	S	H	A	I	T	I	N	1
2	-	E	L	P	-	O	-	
	D	I	O	U	R	E	S	3
4	-	M	E	E	T	A	S	
	C	P	I	U	P	-	M	5
6	-	Q	L	T	-	E	-	
	K	U	N	R	A	R	B	7

Figure 30 : Tissage énigmatique

7. Préparation et matériel

Afin de mettre en forme ce jeu d'énigmes sur le sujet de la prévention de la maladie de Lyme, il est important de rassembler tout le matériel.

Liste non exhaustive des besoins pour la mise en place du jeu :

- Déguisement pour le médecin : blouse, stéthoscope, gants, lunettes de protection, masque
- Déguisement pour les élèves : blouse
- Impression des énigmes et documents en couleurs (possibilité de les plastifier afin de mieux les conserver)
- Un marqueur de tableau blanc afin d'écrire sur les documents plastifiés
- Coffre
- « Médicaments » de différentes couleurs, dont des verts
- Cadenas à 4 chiffres
- Minuteur
- Valisette de « médecin » compartimentée pour mettre toutes les énigmes et des objets de la vie quotidienne du médecin : thermomètre, compresses, gants, masques, tire-tique

Le jeu sérieux sur la maladie de Lyme est totalement adaptable à chaque classe de collège et lycée en fonction de leur niveau et de la période de l'année. En effet, l'enseignant peut réaliser un bref cours sur la maladie de Lyme pour qu'ils aient quelques notions sur le sujet. Un enseignant préliminaire permet de placer les élèves au même niveau de connaissances.

Conclusion

Pour conclure, la maladie de Lyme fait parler d'elle sur tout le territoire français. En effet, elle est la zoonose la plus étendue en France avec notamment une incidence à 33 cas pour 100 000 habitants. Ainsi, l'impact qu'elle représente est de plus en plus médiatisée et fait l'objet d'un véritable enjeu de santé publique du fait de son polymorphisme, de ses difficultés de diagnostic mais aussi des difficultés de prise en charge des formes tardives.

Cependant, cette pathologie n'est pas totalement élucidée et laisse encore de nombreux mystères derrière elle. C'est pourquoi, les scientifiques continuent d'étudier et d'approfondir leurs recherches sur cette si petite bactérie. Les chercheurs poursuivent leurs études et expérimentations afin de mieux comprendre la maladie de Lyme. De plus, avec l'évolution grandissante de la médecine, il est important d'améliorer perpétuellement les techniques de diagnostic et les moyens de prise en charge.

Par ailleurs, les débats et les conflits engendrés sur la maladie de Lyme ont vu les moyens de prévention se développer. En effet, le plan national de lutte contre les maladies transmissibles par les tiques a vu le jour et vise à améliorer la prise en charge des patients et les moyens de prévention, de diagnostic et de soins.

Ainsi, développer et investir dans la prévention de la maladie de Lyme s'avère très satisfaisant et concluant. Aujourd'hui, il existe une multitude d'outils de prévention et d'information pour la population. Cibler la jeunesse avec des activités ludiques semble être une approche enrichissante et bénéfique.

La création du jeu sérieux sur la maladie de Lyme et l'intégration dans le cursus scolaire des élèves apportent de nombreux bénéfices.

Dans un premier temps, le déroulement de la prévention favorise les partages et les échanges entre les écoliers. La recherche à plusieurs améliore la cohésion du groupe, demande une répartition des tâches, une écoute de chacun et un esprit d'équipe.

Dans un deuxième temps, les adolescents s'amuse en résolvant des énigmes. En effet, ils travaillent et apprennent à travers des activités ludiques s'appuyant sur de la réflexion et la logique.

Dans un dernier temps, les élèves améliorent leurs connaissances et savoirs sur la maladie de Lyme et sa prévention. Par exemple, les enfants sauront se protéger et s'équiper avant une sortie en pleine nature, mais aussi reconnaître une tique. Les parties du corps à examiner au retour d'une promenade et la surveillance de la zone corporelle après une piqûre de tique seront maîtrisés par les écoliers. De plus, ils seront capables d'agir en conséquence lorsqu'ils observeront une piqûre de tique.

Pour terminer, la mise en place d'outils de sensibilisation est intéressante pour toute la population. C'est pourquoi il est important d'adapter la prévention suivant le profil de chacun : comme l'âge, la capacité d'apprentissage et les besoins.

Bibliographie

1. Flandrois J-P. Bactériologie médicale. Presses universitaires de Lyon. 2000. 309 p. (Azay).
2. Boulanger N, Boyer P, Talagrand-Reboul E, Hansmann Y. Ticks and tick-borne diseases. Médecine Mal Infect. 1 mars 2019;49(2):87-97.
3. Santé publique France. Borréliose de Lyme [Internet]. 2019 [cité 12 mai 2020]. Disponible sur: /maladies-et-traumatismes/maladies-a-transmission-vectorielle/borreliose-de-lyme
4. Boulanger N, McCoy KD, éditeurs. Tiques et maladies à tiques : Biologie, écologie évolutive, épidémiologie [Internet]. Marseille: IRD Éditions; 2017 [cité 12 mai 2020]. 336-[8] p. (Didactiques). Disponible sur: <http://books.openedition.org/irdeditions/9001>
5. Estelle - 2018 - Haute Autorité de santé.pdf [Internet]. [cité 6 juin 2020]. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2018-06/reco266_rbp_borreliose_de_lyme_cd_2018_06_13_argumentaire.pdf
6. Larousse É. Encyclopédie Larousse en ligne - acarien latin acarus du grec akari ciron [Internet]. [cité 6 juin 2020]. Disponible sur: <https://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/acarien/18028>
7. ESCAP France. Ixodes ricinus [Internet]. [cité 24 janv 2021]. Disponible sur: <https://www.esccap.fr/par-fiches/ixodes-ricinus.html>
8. INRAE. Portrait de tiques [Internet]. INRAE Institutionnel. [cité 24 janv 2021]. Disponible sur: <https://www.inrae.fr/actualites/portrait-tiques>
9. Villeneuve A. Les tiques, mieux les connaître, mieux s'en protéger. 2012;42.
10. Choutet P. SOCIÉTÉ DE PATHOLOGIE INFECTIEUSE DE LANGUE FRANÇAISE (SPILF) Président : Jean-Paul Stahl. :60.
11. Fauchère J-L. Bactériologie générale et médicale. Ellipses Marketing; 2002. 368 p. (Hors collection).
12. Institut Pasteur. Infections à Spirochètes - Bactéries et maladies bactériennes - RECHERCHE - Institut Pasteur [Internet]. Infections à Spirochètes - Bactéries et maladies bactériennes - RECHERCHE - Institut Pasteur. [cité 17 mai 2020]. Disponible sur: <https://phototheque.pasteur.fr:443/fr>
13. Klopfenstein T, Jaulhac B, Blanchon T, Hansmann Y, Chirouze C. Épidémiologie de la borréliose de Lyme en France : entre incertitudes et certitudes. Sante Publique (Bucur). 27 mai 2019;S1(HS):51-63.
14. HCSP. Borréliose de Lyme. Modes de transmission [Internet]. Paris: Haut Conseil de la Santé Publique; 2016 févr [cité 14 juin 2020]. Disponible sur: <https://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=564>
15. Schlesinger PA, Duray PH, Burke BA, Steere AC, Stillman MT. Maternal-fetal transmission of the Lyme disease spirochete, Borrelia burgdorferi. Ann Intern Med. juill 1985;103(1):67-8.

16. HAS. Recommandation de bonne pratique - Borréliose de Lyme et autres maladies vectorielles à tiques [Internet]. 2018 [cité 4 déc 2019]. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2018-06/fiche_rbp_2_borreliose_de_lyme-v1-180618.pdf
17. Estelle L. Haute Autorité de santé, Recommandations de bonnes pratiques : Borréliose de Lyme et autres maladies vectorielles à tiques (argumentaire scientifique). 2018;402.
18. Maraspin V, Nahtigal Klevišar M, Ružić-Sabljić E, Lusa L, Strle F. Borrelial Lymphocytoma in Adult Patients. *Clin Infect Dis*. 1 oct 2016;63(7):914-21.
19. Netgen. Neuroborréliose, méningo-encéphalite verno-estivale et neurosyphilis [Internet]. *Revue Médicale Suisse*. [cité 16 juin 2020]. Disponible sur: <https://www.revmed.ch/RMS/2013/RMS-384/Neuroborreliose-meningo-encephalite-verno-estivale-et-neurosyphilis>
20. Netgen. Borréliose de Lyme. 2e partie : clinique et traitement [Internet]. *Revue Médicale Suisse*. [cité 16 juin 2020]. Disponible sur: <https://www.revmed.ch/RMS/2006/RMS-60/31227>
21. Jessica L. Haute Autorité de santé, Recommandations de bonnes pratiques : Borréliose de Lyme et autres maladies vectorielles à tiques (texte des recommandations). 2018;52.
22. Performances des test diagnostiques actuellement recommandés [Internet]. [cité 19 juin 2020]. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2018-06/fs_rbp_performances_des_tests_diagnostiques_recommandes-190618-v5.pdf
23. Borréliose de Lym chez l'adulte : examens complémentaires et traitements [Internet]. [cité 19 juin 2020]. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2018-06/fs_rbp_borreliose_de_lyme_adulte-180618-v1.pdf
24. Male D, Brostoff J, B.Roth D, Roitt I. *Immunologie*. Elsevier / masson. 2007. 700 p. (Campus référence).
25. Molecular Devices. Dosage d'immunoabsorption enzymatique (ELISA) [Internet]. Molecular Devices. [cité 1 févr 2021]. Disponible sur: <https://www.moleculardevices.com/applications/enzyme-linked-immunosorbent-assay-elisa>
26. Santé publique France. Interprétation d'un test sérologique lors d'une suspicion de borréliose de Lyme [Internet]. [cité 25 janv 2021]. Disponible sur: [/maladies-et-traumatismes/maladies-a-transmission-vectorielle/borreliose-de-lyme/articles/interpretation-d-un-test-serologique-lors-d-une-suspicion-de-borreliose-de-lyme](https://www.santepubliquefrance.fr/maladies-et-traumatismes/maladies-a-transmission-vectorielle/borreliose-de-lyme/articles/interpretation-d-un-test-serologique-lors-d-une-suspicion-de-borreliose-de-lyme)
27. Ryffel K, Péter O, Binet L, Dayer E. Interpretation of immunoblots for Lyme borreliosis using a semiquantitative approach. *Clin Microbiol Infect*. 1 avr 1998;4(4):205-12.
28. Accolab. La maladie de Lyme | Accolab Laboratoire Lavergne [Internet]. [cité 28 janv 2021]. Disponible sur: <http://www.accolablaboratoirelavergne.com/la-maladie-de-lyme/>

29. Vidal. Lyme (maladie de) - Prise en charge [Internet]. 2019 [cité 4 déc 2019]. Disponible sur: https://www.vidal.fr/recommandations/2718/lyme_maladie_de/prise_en_charge/
30. Lyme : peut-on à nouveau parler d'autre chose que de covid-19 ? [Internet]. [cité 16 juill 2020]. Disponible sur: <https://www.antibioest.org/wp-content/files/2020/06/ANTIBIOinfos-38interactif.pdf>
31. Vidal. AMOXICILLINE ARROW 1 g cp pellic dispers - VIDAL eVIDAL [Internet]. [cité 19 juill 2020]. Disponible sur: https://evidal.vidal.fr/medicament/amoxicilline_arrow_1_g_cp_pellic_dispers-19881.html
32. Vidal. AZITHROMYCINE ARROW 250 mg cp pellic - VIDAL eVIDAL [Internet]. [cité 19 juill 2020]. Disponible sur: https://evidal.vidal.fr/medicament/azithromycine_arrow_250_mg_cp_pellic-85473.html
33. Vidal. CEFTRIAZONE EG 1 g/10 ml pdre/solv p sol inj IV - VIDAL eVIDAL [Internet]. [cité 19 juill 2020]. Disponible sur: https://evidal.vidal.fr/medicament/ceftriazone_eg_1_g_10_ml_pdre_solv_p_sol_inj_iv-3395.html
34. Vidal. DOXYCYCLINE ARROW 100 mg cp pellic - VIDAL eVIDAL [Internet]. [cité 19 juill 2020]. Disponible sur: https://evidal.vidal.fr/medicament/doxycycline_arrow_100_mg_cp_pellic-20221.html
35. Boulanger N, Boyer P, Talagrand-Reboul E, Hansmann Y. Borrelia. Médecine Mal Infect. mars 2019;49(2):87-97.
36. Présentation générale [Internet]. [cité 2 août 2020]. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2018-03/presentation_generale_rbpp_sante_mineurs_jeunes_majeurs.pdf
37. Citique. Aménager son jardin pour se protéger des piqûres de tiques | Citique [Internet]. [cité 22 juill 2020]. Disponible sur: <https://www.citique.fr/amenager-son-jardin-pour-se-protoger-des-piqures-de-tiques/>
38. Protection personnelle antivectorielle [Internet]. [cité 21 juill 2020]. Disponible sur: http://www.chru-strasbourg.fr/sites/default/files/documents/protection_personnelle_smv_textecourt.pdf
39. SPF. Bulletin épidémiologique hebdomadaire, 19 mai 2020, n°Hors-série Recommandations sanitaires pour les voyageurs, 2020 (à l'attention des professionnels de santé) [Internet]. [cité 25 janv 2021]. Disponible sur: </import/bulletin-epidemiologique-hebdomadaire-19-mai-2020-n-hors-serie-recommandations-sanitaires-pour-les-voyageurs-2020-a-l-attention-des-professionn>
40. BIOC2018SA0105.pdf [Internet]. [cité 25 janv 2021]. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/system/files/BIOC2018SA0105.pdf>
41. Recommandations d'utilisation des répulsifs et biocides contre les moustiques [Internet]. [cité 21 juill 2020]. Disponible sur: https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/tableau_des_recommandations_repulsifs_anti_moustiques_311215.pdf
42. Cespharm. Borréliose de Lyme : parlez prévention [Internet]. [cité 21 juill 2020].

Disponible sur: <http://www.cespharm.fr/fr/Prevention-sante/Actualites/2019/Borreliose-de-Lyme-parlez-prevention>

43. Santé publique France. Borréliose de lyme [Internet]. 2019 [cité 4 déc 2019]. Disponible sur: </maladies-et-traumatismes/maladies-a-transmission-vectorielle/borreliose-de-lyme>
44. Prévention des maladies vectorielles à tiques [Internet]. [cité 17 mai 2020]. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2018-06/fiche_rbp_1_prevention_des_mvt-v1-180618.pdf
45. INRAE. « Signalement Tique » : nouvelle version de l'application pour signaler les piqûres de tiques [Internet]. INRAE Institutionnel. [cité 27 juill 2020]. Disponible sur: <https://www.inrae.fr/actualites/signalement-tique-nouvelle-version-lapplication-signaler-piqures-tiques>
46. Citique. Signalement tique | Citique [Internet]. [cité 27 juill 2020]. Disponible sur: <https://www.citique.fr/signalement-tique/>
47. INRAE. CiTIQUE : le programme qui fait la chasse aux tiques ! [Internet]. INRAE Institutionnel. [cité 28 juill 2020]. Disponible sur: <https://www.inrae.fr/actualites/citique-programme-qui-fait-chasse-aux-tiques>
48. INRAE. La maladie de Lyme en 10 questions [Internet]. INRAE Institutionnel. [cité 27 juill 2020]. Disponible sur: <https://www.inrae.fr/actualites/maladie-lyme-10-questions>
49. ANSES. RCP [Internet]. [cité 27 juill 2020]. Disponible sur: <http://www.ircp.anmv.anses.fr/rcp.aspx?NomMedicament=MERILYM+3+SUSPENSION+INJECTABLE+POUR+CHIENS>
50. Encéphalite à tiques [Internet]. [cité 27 juill 2020]. Disponible sur: <https://vaccination-info-service.fr/Les-maladies-et-leurs-vaccins/Encephalite-a-tiques>
51. Plan nationale de lutte contre la maladie de Lyme et les maladies transmissibles par les tiques [Internet]. [cité 17 mai 2020]. Disponible sur: https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/plan_lyme_281216_aes_-_2.pdf
52. ARS. Promeneurs, méfiez-vous des tiques... [Internet]. [cité 27 juill 2020]. Disponible sur: <https://www.grand-est.ars.sante.fr/promeneurs-mefiez-vous-des-tiques>
53. Vaillant L. Mise en oeuvre du service sanitaire pour les étudiants en santé [Internet]. 2018 janv [cité 4 déc 2019] p. 102. Disponible sur: https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/rapport_service_sanitaire_pr_vaillant.pdf
54. ARS. Le service sanitaire des étudiants en santé [Internet]. [cité 28 juill 2020]. Disponible sur: <https://www.ars.sante.fr/le-service-sanitaire-des-etudiants-en-sante>
55. Santé publique France. Ressources pour des actions auprès des jeunes [Internet]. 2019 [cité 4 déc 2019]. Disponible sur: </a-propos/services/service-sanitaire/ressources-pour-des-actions-aupres-des-jeunes>
56. Santé M des S et de la, Santé M des S et de la. Le service sanitaire [Internet]. Ministère des Solidarités et de la Santé. 2020 [cité 28 juill 2020]. Disponible sur: <https://solidarites-sante.gouv.fr/professionnels/se-former-s-installer-exercer/article/le-service-sanitaire>

57. Ministère de l'éducation nationale et de la jeunesse. Collège - Sciences de la vie et de la Terre - Éduscol [Internet]. [cité 4 déc 2019]. Disponible sur: <https://eduscol.education.fr/svt/enseigner/ressources-par-niveau-et-programme/college.html>
58. Ministère de l'éducation nationale, de la jeunesse et des sports. Les programmes du lycée général et technologique [Internet]. Ministère de l'Education Nationale de la Jeunesse et des Sports. [cité 26 janv 2021]. Disponible sur: <https://www.education.gouv.fr/les-programmes-du-lycee-general-et-technologique-9812>
59. Générateur de Mots Mêlés [Internet]. [cité 4 déc 2019]. Disponible sur: <http://tice.avion.free.fr/fswordfind/fswordfinder.php>

Table des annexes

Annexe 1 : fiche informative pour l'enseignant.....	84
Annexe 2 : jeu sérieux - règles du jeu.....	86
Annexe 3 : jeu sérieux- texte de départ.....	88
Annexe 4 : jeu sérieux – étape 1 : puzzle.....	89
Annexe 5 : jeu sérieux - étape 1 : puzzle piège.....	90
Annexe 6 : jeu sérieux - étape 1 : texte de couverture du puzzle.....	91
Annexe 7 : jeu sérieux - étape 2.....	92
Annexe 8 : jeu sérieux - étape 3.....	93
Annexe 9 : jeu sérieux - étape 4.....	95
Annexe 10 : jeu sérieux - déverrouillage du coffre.....	97
Annexe 11 : jeu sérieux - tissage énigmatique.....	98

Fiche synthétique et pédagogique sur la prévention de la maladie de Lyme à destination des enseignants(1)

I. La borréliose de Lyme

1. Pathologie

La borréliose de Lyme est une maladie infectieuse répandue dans presque toute la France. L'agent pathogène est une bactérie : *borrelia burgdorferi*. La maladie de Lyme est alors transmise à l'homme par une piqûre de tique infectée de cette bactérie. Cette maladie vectorielle n'est pas contagieuse et ne présente pas de symptômes dans la plupart des cas.

2. Tique et transmission

Les tiques sont des acariens présents partout en France, en dessous de 1 500m d'altitude. Elles ont une préférence pour les zones boisées et humides mais aussi pour les hautes herbes, les parcs et jardins.

La tique (principalement *Ixodes ricinus* en France) s'infecte en réalisant un repas sanguin auprès d'un hôte infecté comme les petits rongeurs, les oiseaux mais aussi des grands mammifères (cerfs, sangliers). La tique ingurgite alors la bactérie et peut la transmettre par piqûre à l'Homme : un hôte accidentel.

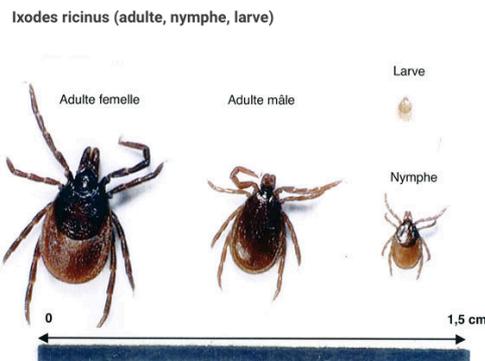


Figure 1 : Tique *Ixodes ricinus*(1)

3. Symptômes

Quelques semaines après une piqûre de tique, un signe cutané au niveau de la zone de piqûre peut se manifester : observation d'un cercle rouge qui s'étend, aussi appelé érythème migrant. Ensuite, cette plaque rougeâtre disparaît en l'espace de plusieurs semaines.

En l'absence de prise en charge à cette phase précoce localisée, une évolution en une phase précoce disséminée est possible mais pas systématique. Les symptômes pouvant apparaître sont : fatigue, syndrome grippal, maux de têtes, vertiges, confusion, douleurs musculaires / articulaires, paralysie faciale, fourmillement des membres.



Figure 2 : Erythème migrant (photo personnelle)

II. Prévention de la maladie de Lyme

1. Les moyens de prévention primaire

Afin de se protéger de la maladie de Lyme, il faut éviter de se faire piquer par une tique. Avant toute sortie en nature, il est donc conseillé de :

- avoir une tenue vestimentaire claire et couvrant
- porter des chaussettes hautes et chaussures fermées
- porter un chapeau / une casquette
- emprunter les chemins et sentiers
- utiliser des insecticides ou répulsifs
- avoir un tire tique sur soi

Au retour de la sortie en pleine nature, il est recommandé de retirer ses vêtements et de s'examiner attentivement de la tête aux pieds. La tique préfère les parties du corps où la peau est fine et humide comme les aisselles, le cuir chevelu, les zones génitales, à l'arrière des genoux et des oreilles.

2. Prévention secondaire

La prévention primaire concerne les mesures à adopter après une piqûre de tique. En effet, il est impératif de retirer la tique le plus précocement possible afin de limiter la transmission de l'agent pathogène.

Pour cela, il est recommandé de retirer la tique à l'aide d'un tire-tique ou d'une pince fine sans mettre de produit sur la tique au préalable ; la tique pourrait être stressée et régurgiter la bactérie présente dans sa salive.

Après la tique retirée, il suffit de désinfecter la peau avec un antiseptique et d'enfermer la tique dans du scotch avant de la jeter à la poubelle.

3. Prise en charge

Après une piqûre de tique il est conseillé de surveiller la zone de piqûre les semaines suivantes au cas où un érythème migrant apparaîtrait. Dans ce cas, il est recommandé de consulter un médecin.

Afin de traiter la maladie de Lyme un traitement antibiotique est prescrit.

Bibliographie :

1. Santé publique France. Borréliose de lyme [Internet]. 2019 [cité 4 déc 2019]. Disponible sur : /maladies-et-traumatismes/maladies-a-transmission-vectorielle/borreliose-de-lyme

Mallette pédagogique : règles du jeu

Scénario :

La scène se passe dans le service des urgences d'un hôpital. Ce service est saturé, il y a énormément de patients, l'environnement est très stressant. Un médecin demande de l'aide aux élèves qui vont se mettre dans la peau d'internes/soignants.

Texte théâtral du médecin :

« Bonjour ! Je suis le docteur Taitenlert et j'ai besoin de votre aide au sein du service des urgences de l'hôpital Gairytox.

Les urgences sont saturées et je n'arrive plus à gérer la situation...

Je vous laisse donc prendre en charge un des patients qui vient d'arriver : monsieur Paletan. J'espère que vous allez réussir à découvrir ce qui lui arrive et à le soigner au plus vite !

Attention ! Pour des raisons de sécurité, l'armoire à médicaments est fermée par un code secret... et malheureusement j'ai encore oublié ce dernier...

Pour y accéder je vous ai laissé quelques instructions..

Je dois vous laisser j'ai d'autres vie à sauver... le temps est compté !! »

Temps imparti : 45 min

Matériels :

- mallette pédagogique imprimée, découpée et plastifiée
- stylo pour tableau blanc
- valise de médecin (y mettre tous les documents)
- chronomètre
- déguisement médecin/interne

Consignes de chaque étape :

- Etape 1 : réalisation du puzzle avec les pièces correspondantes aux équipements pour une sortie en pleine nature.

Solution : découverte du chiffre 8

- Etape 2 : « Que suis-je ? »
 - o Reformuler la phrase en remplaçant les espaces : « Je m'appelle *Ixodes ricinus*, de la famille des acariens. Je suis le complice de ce crime. Attention je suis très petite et je mords pour effectuer mes repas sanguin »
 - Solution : Tique ; retenir lettre U dans l'encadré rouge
 - o Déchiffrer un rébus : « Je m'appelle Borrelia. Je suis le coupable et je suis plus petite que mon complice ».
 - Solution : Bactérie ; retenir lettre A dans l'encadré vert

- Etape 3 : mots fléchés : remplir chaque ligne horizontale et verticale avec la phrase ou l'image associée
 - o Solution :
 - 1 : Peau
 - 2 : Yeux
 - 3 : Tête
 - 4 : Fatigue
 - 5 : Cœur
 - 6 : Articulation
 - 7 : Nerf
 - 8 : Fièvre
 - 9 : Muscle
 - Mot mystère = ROSTRE

- Etape 4 : pêle-mêle : rayer les mots retrouvés sur les schémas de la tique et de la bactérie
 - o Solution : formation d'une phrase : « Vous venez de résoudre la dernière énigme. Le code déverrouillant le cadenas est le mot LYME »

- Coffre :
 - o Convertir le mot « lyme » en quatre chiffres à l'aide de l'échelle et les placer dans l'équation
 - Solution 1 : $12 + 25 \times 13 \times 5 = 1637$
 - o Déverrouiller le coffre avec le code 1637
 - o Tissage énigmatique : le document doit être découpé au niveau des pointillées. Reformuler chaque ligne en passant au dessus puis en dessous de chaque lettre.
 - o Solution : une phrase apparaît : « Choisissez les pilules vertes pour le guérir ». Prendre le médicament de couleur verte et l'administrer au patient.

Partie terminée

Annexe 3 : jeu sérieux- texte de départ

POUR 54UV3R L3 P4713N7, 1L V0U5 F4UDR4
B34UC0UP D3 C0NC3N7R4710N 37 D3
L091QU3. 5U1V3Z B13N L35 374P35 L'UN3
4PR35 L'4U7R3 37 73N73Z D3 5019N3R
M0N513UR P4L374N 4V4N7 QU'1L N3 5017
7R0P 74RD. CH4QU3 374P3 V0U5 P3RM377R4
D'3N 4PPR3NDR3 D'4V4N7493 5UR LU1,
4L0R5 B0NN3 CH4NC3 4 V0U5 !

Annexe 4 : jeu sérieux – étape 1 : puzzle



Annexe 5 : jeu sérieux - étape 1 : puzzle piège





Etape 1

Vous apprenez que monsieur Paletan s'est promené en forêt il y a plusieurs semaines.. il pense que c'est depuis ce jour là que tout a basculé.. Il savait pourtant bien que l'équipement avant une sortie en forêt est important...

Annexe 7 : jeu sérieux - étape 2

Etape 2

Malheureusement, monsieur Paletan n'est pas revenu seul de forêt...

Que suis-je ?

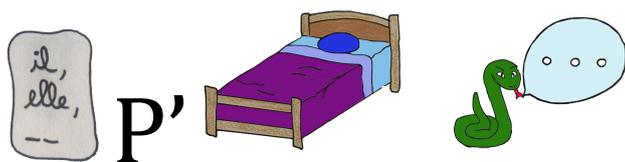
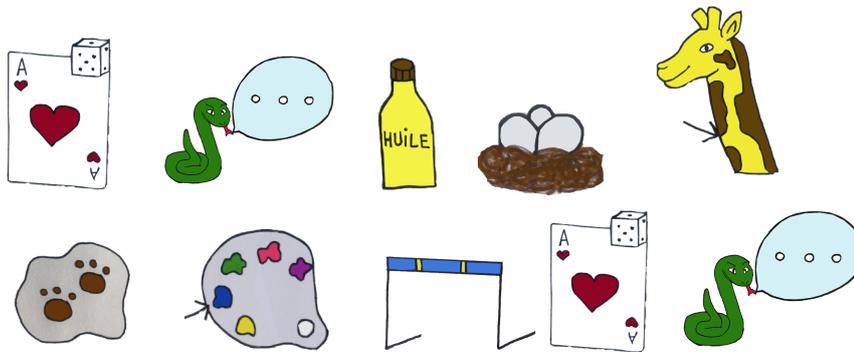
Jem'appelleIxodesricinus,delafamilledesacariens.Jesuislecomplicedececrime.Attentionjesuis trèspetitetjemordspoureffectuermesrepassanguins.

--	--	--	--	--

Que suis-je ?



Borrelia.



--	--	--	--	--	--	--	--



Etape 3

*Plus les jours passent, plus monsieur Paletan se sent faible. Son état de santé se dégrade. Aide-moi à rassembler les **symptômes** mais aussi les **parties du corps humain** pouvant être touchées par la maladie de Lyme...*

1. Lieu où se situe « l'érythème migrant »

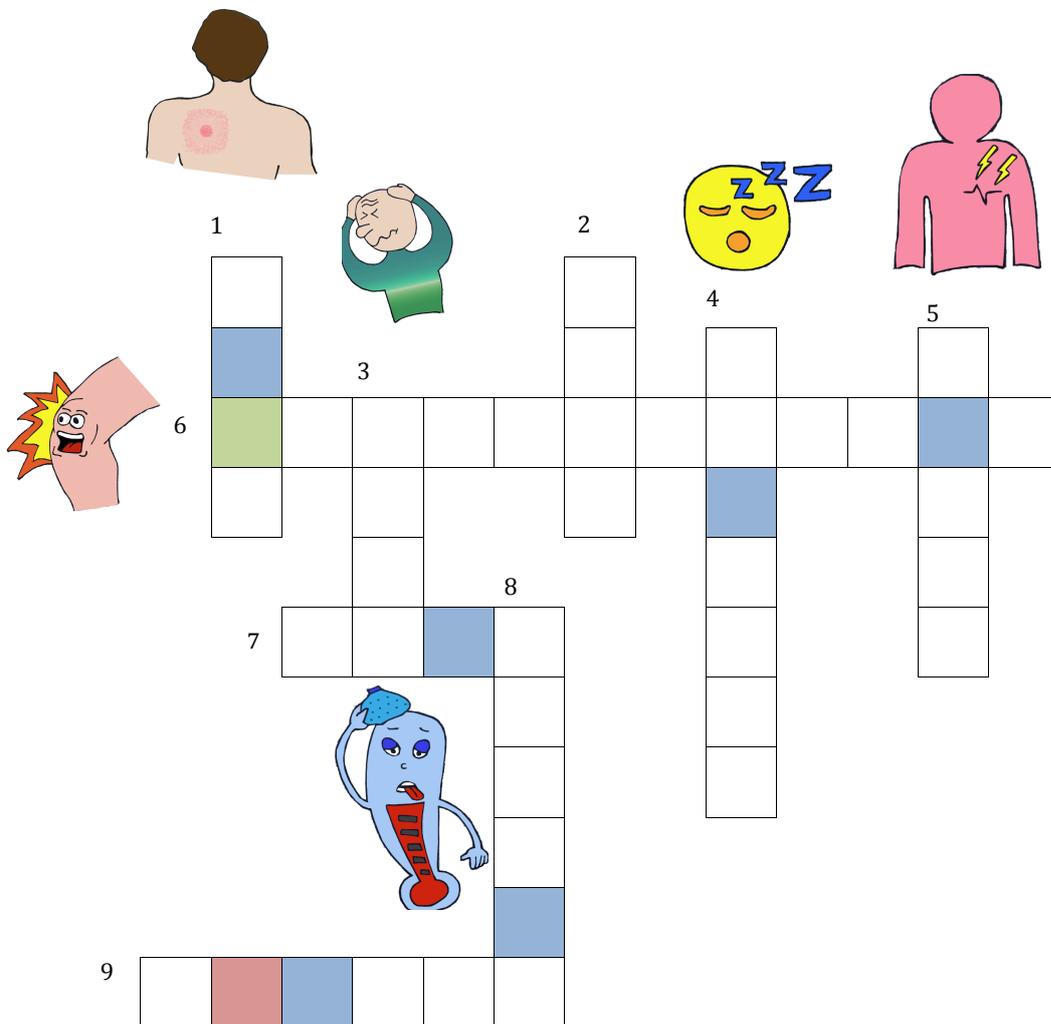
2. Manifestations ophtalmiques : conjonctivite, troubles de l'accommodation, baisse acuité visuelle, dédoublement de la vision.

3 à 6. Voir les images

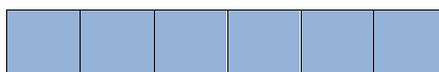
7. Manifestations neurologiques : diminution des réflexes, paralysie faciale, perte d'audition.

8. Voir image

9. Partie du corps : courbatures



Mot mystère :



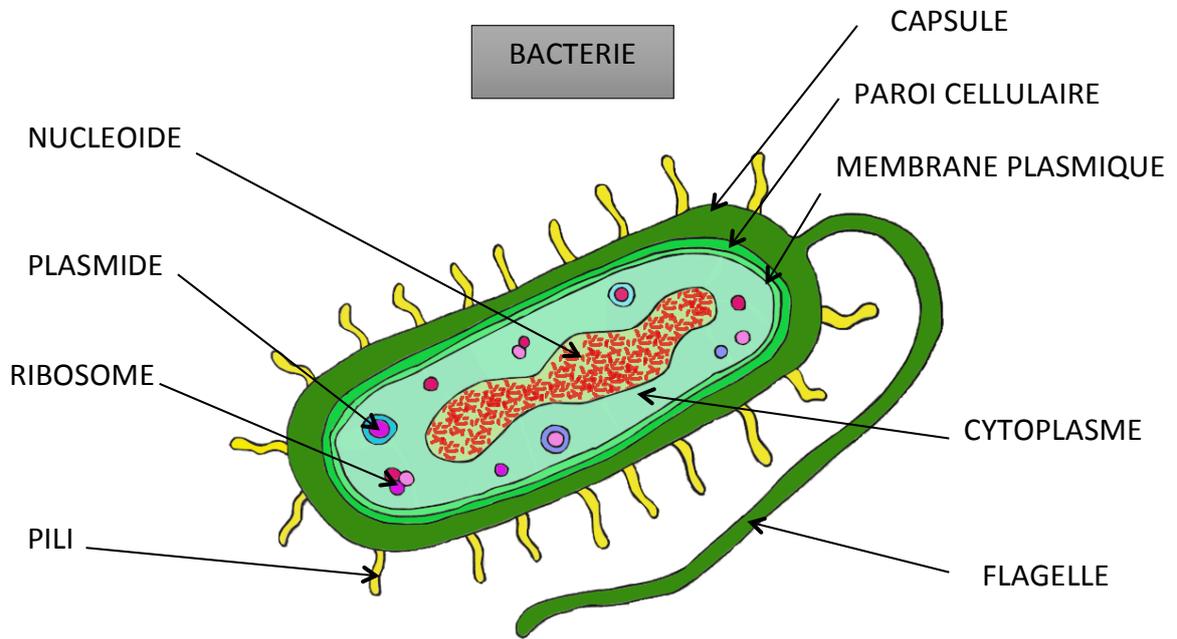
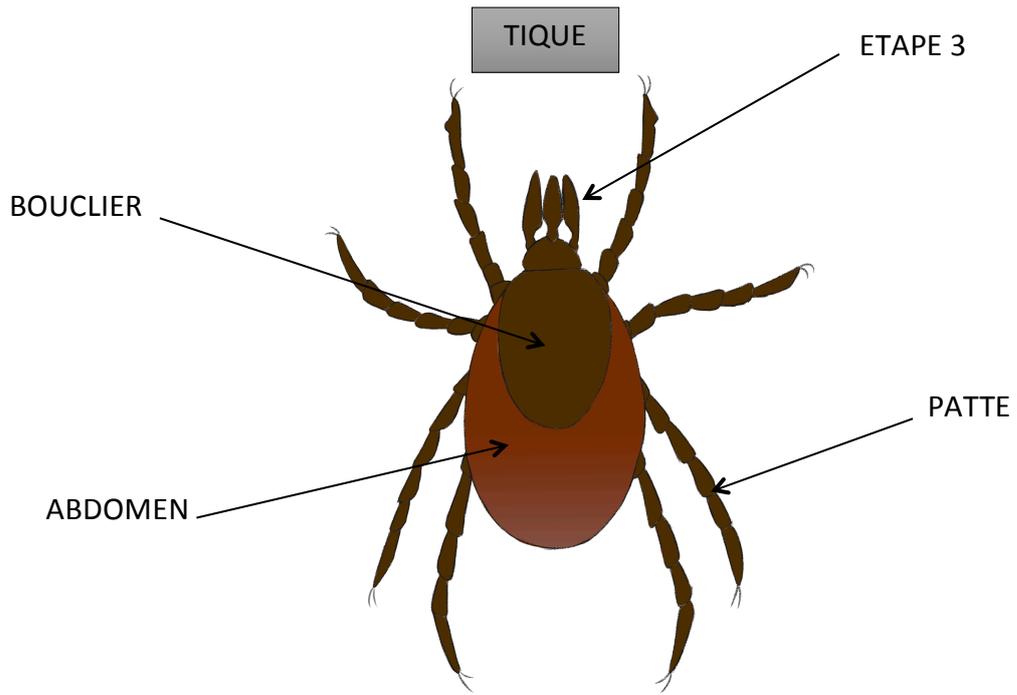


Maintenant que nous avons plus d'informations sur monsieur Paletan, concentrons nous de plus près sur ces coupables...

Le portrait robot des coupables

V M O R E I L C U O B U S P
E E V E M R I P N E F Z D L
D M E R S E I L S O L P U A
I B D P A R E A I E A A L S
O R A A L D R S L P G R E M
E A R T P N T M I U E O E I
L N R T O E S I E N L I I D
C E G E T M O Q E L L L E E
U C O D Y E R U D E E V E E
N R R O C U I E E L L A N C
T E L U S P A C L U E C A D
E N R I B O S O M E Q A S E
S T L E I R E T C A B I E M
N E M O D B A O T L Y M T E

Solution :



Annexe 10 : jeu sérieux - déverrouillage du coffre

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26

— + — × — × —

Annexe 11 : jeu sérieux - tissage énigmatique

Tissage énigmatique

1	C	A	O	R	S	E	S	
	T	-	S	E	N	-	U	2
3	P	E	L	O	L	J	S	
	N	V	I	R	E	E	B	4
5	-	F	O	E	R	S	-	
	C	-	I	E	L	-	S	6
7	G	P	E	E	I	M	-	

	S	H	A	I	T	I	N	1
2	-	E	L	P	-	O	-	
	D	I	O	U	R	E	S	3
4	-	M	E	E	T	A	S	
	C	P	I	U	P	-	M	5
6	-	Q	L	T	-	E	-	
	K	U	N	R	A	R	B	7

N° d'identification :

TITRE

Prévention de la maladie de Lyme et création d'une mallette pédagogique à destination des enfants

Thèse soutenue le 12 mai 2021

Par Charlotte PARMENTIER

RESUME :

La maladie de Lyme fait parler d'elle sur tout le territoire français. En effet, elle est la zoonose la plus étendue en France et l'impact qu'elle représente est de plus en plus médiatisée et fait l'objet d'un véritable enjeu de santé publique du fait de son polymorphisme, de ses difficultés de diagnostic mais aussi des difficultés de prise en charge des formes tardives.

Cette maladie infectieuse met en cause une bactérie : *Borrelia burgdorferi sensu lato* ; elle est transmise aux animaux (rongeurs, oiseaux, sangliers, cerfs) mais parfois à l'Homme, un hôte accidentel. En France, cette maladie vectorielle est transmise par une simple piqûre de tique du genre *Ixodes*.

Ainsi, de nombreuses campagnes de prévention sur la maladie de Lyme sont mises en place. En effet, une sensibilisation dès le plus jeune âge s'avère très importante à développer d'avantage. Cibler la jeunesse avec des activités ludiques semble être une approche pédagogique enrichissante et bénéfique.

L'objectif de ce travail est de réussir à intégrer le sujet de la prévention de la maladie de Lyme au sein du cursus scolaire pour transmettre les connaissances de façon ludique.

MOTS CLES : Tique, piqûres, jeux; pédagogie, livret, biologie moléculaire, enseignement, bactérie, prévention

Directeur de thèse	Intitulé du laboratoire	Nature
Sandrine CAPIZZI		Expérimentale <input type="checkbox"/> Bibliographique <input type="checkbox"/> Thème <input checked="" type="checkbox"/>

Thèmes	1 - Sciences fondamentales 3 - Médicament 5 - Biologie	2 - Hygiène/Environnement 4 - Alimentation - Nutrition 6 - Pratique professionnelle
--------	---	--

DEMANDE D'IMPRIMATUR

Date de soutenance : 26 avril

<p align="center">DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN PHARMACIE</p> <p>présenté par : Charlotte PARMENTIER</p> <p><u>Sujet</u> : Prévention de la maladie de Lyme et création d'une mallette pédagogique à destination des enfants</p> <p><u>Jury</u> :</p> <p>Président : Mme Brigitte LENINGER, Maître de Conférences Directeur : Mme Sandrine CAPIZZI, Maître de Conférences Juges : Mme Laurence JACOPS, Pharmacien Mme Catherine BONNEFON, Pharmacien</p>	<p align="center">Vu, Nancy, le 11 mars 2021</p> <p align="center">Le Président du Jury Directeur de Thèse</p> <p align="center">   </p> <p align="center"> <i>Pr. Brigitte LENINGER</i> <i>Sandrine Capizzi</i> </p>
<p align="center">Vu et approuvé, Nancy, le 08.04.2021</p> <p align="center">Doyen de la Faculté de Pharmacie de l'Université de Lorraine,</p> <p align="center">  <i>Pr. Raphaël DUYAL</i> </p>	<p align="center">Vu, Nancy, le 16 AVR. 2021</p> <p align="center">Le Président de l'Université de Lorraine,</p> <p align="center">  <i>Pierre MUTZENHARDT</i> </p> <p>N° d'enregistrement : M665C</p>