

W. Van Bortel¹, V. Versteirt¹,
F. Van Gompel², M. Coosemans¹

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET MALADIES ÉMERGENTES : UN CONCOURS COMPLEXE DE FACTEURS

INTRODUCTION

Il existe un consensus presque unanime sur le fait que le climat changera au cours des prochaines décennies suite à l'émission anthropogène de gaz à effet de serre. L'*Intergovernmental panel of climate change* (IPCC, voir cadre) prévoit que la température globale moyenne augmentera, d'ici 2100, de 1,8 à 4°C [1]. Ces prévisions sont toutefois basées sur des modèles climatiques qui diffèrent de modèle à modèle, comme l'indique clairement la variation importante au niveau de l'augmentation attendue. Cela est notamment dû aux incertitudes concernant l'émission future de gaz à effet de serre et les connaissances incomplètes des processus et des mécanismes de rétroaction influençant le climat. De plus, les conséquences du changement climatique ne seront pas identiques partout. Les différents scénarios indiquent des modifications des modèles saisonniers dans toute l'Europe. Le réchauffement serait plus important dans l'est de l'Europe en hiver et dans l'ouest et le sud de l'Europe en été. En Europe septentrionale, le réchauffement durant l'hiver serait plus important qu'en été; en Europe méridionale et centrale, ce serait l'inverse. En général, les scénarios prédisent un climat plus doux et plus humide en Europe du nord, tandis que l'Europe du sud serait confrontée à la sécheresse [2].

Le changement climatique peut avoir une série de conséquences directes et indirectes sur la santé de la population [3]. Les conséquences directes sont dues à des conditions météorologiques extrêmes, comme la canicule du mois d'août 2003 qui est à l'origine de 30.000 décès en Europe, principalement en France [4]. D'autres conséquences directes sur la santé humaine sont les suites des inondations dues à la montée du niveau de la mer ou les conséquences de conditions météorologiques extrêmes. De plus, des changements au niveau des précipitations peuvent aussi avoir un effet sur la production alimentaire et, partant, sur la santé.

Dans le cadre du réchauffement climatique, il est souvent question des maladies vectorielles. On pense le plus souvent au retour de la malaria qui était jadis endémique dans nos régions, l'apparition d'arboviroses tropicales, tels que le

Chikungunya, la Dengue ou le West Nile virus ou l'expansion de maladies endémiques, comme la maladie de Lyme. La question se pose toutefois de savoir quelle est l'influence exacte du changement climatique sur ces maladies vectorielles et si des prévisions peuvent être faites à ce sujet.

TRANSMISSION D'AGENTS PATHOGÈNES PAR DES VECTEURS

Dans le cas des maladies vectorielles, l'agent pathogène est transmis d'un hôte à l'autre par un arthropode, appelé vecteur. L'agent pathogène peut être, entre autres, un virus ou un parasite. Des exemples de vecteurs sont les moustiques, les phlébotomes, les simulies, les culicoïdes¹ et les tiques. Par leur comportement – la recherche active d'un hôte en vue d'un repas sanguin – les vecteurs assurent la transmission de l'agent pathogène. Ce dernier a besoin du vecteur pour poursuivre son cycle de vie. Le développement, le taux de reproduction et la survie des vecteurs sont notamment influencés par la température et l'humidité. Par ailleurs, la longueur du cycle de vie de l'agent pathogène dans le vecteur est déterminée par la température; le cycle est dès lors plus court lorsque la température augmente.

La transmission de nombreuses maladies vectorielles présente dès lors des variations liées aux saisons et dépend notamment des pluies et de la température. Les maladies vectorielles ne peuvent donc survenir que là où les (micro-)conditions climatiques sont propices à la croissance et au développement, à la fois, du vecteur et de l'agent pathogène dans le vecteur.

Le paysage, l'utilisation des terres, le comportement de l'homme et son habitat continueront à influencer la transmission et à déterminer si le vecteur et les germes pathogènes peuvent se maintenir ou se propager.

MALARIA

La malaria en Europe. Les premiers recensements de la malaria (voir cadre) datent de l'époque romaine [5]; la maladie resta endémique en Europe jusqu'à la première moitié du siècle dernier. Avant la

Mots clés

Vecteur, malaria, Chikungunya, maladie de Lyme, climat

Résumé

Les effets possibles des changements climatiques sur la santé font l'objet de nombreuses discussions. Dans ce cadre, on évoque souvent le retour de la malaria ou l'apparition d'autres maladies infectieuses telles les arboviroses. La question se pose toutefois de savoir quel est l'impact exact du changement climatique sur les maladies vectorielles et si des prévisions peuvent être faites.

Le présent article ne prétend pas donner un aperçu complet des problèmes qui apparaissent, mais souhaite démontrer la complexité de l'épidémiologie des maladies vectorielles à partir de trois exemples représentant chacun une situation différente : la malaria comme maladie historiquement importante en l'Europe, le Chikungunya comme maladie émergente et la maladie de Lyme comme maladie endémique en Europe.

découverte du parasite par Laveran en 1880 et la compréhension de son cycle de transmission, la malaria était connue comme 'Ague' (accès aigu de fièvre) et fièvres périodiques. La malaria était avant tout présente dans les régions marécageuses, souvent à proximité de la côte, où le moustique *Anophele* trouvait des lieux d'incubation adaptés dans les eaux salines. La malaria était de plus une maladie des gens pauvres qui vivaient dans ces régions marécageuses. En Europe du nord, on rencontrait essentiellement le *Plasmodium vivax*, tandis qu'en Europe méridionale le *P. falciparum* était l'espèce de *Plasmodium* dominante. Le *P. vivax* était adapté aux conditions climatiques spécifiques du nord de l'Europe. Les températures en été étaient suffisamment élevées pour permettre le développement du parasite dans le moustique. Au début de l'automne, quand il faisait plus froid, le moustique cherchait un abri plus chaud dans les maisons. Le moustique pouvait ainsi survivre et le contact entre le vecteur et l'homme était favorisé. Dans nos régions, la malaria était dès lors connue pour ses 'fièvres d'automne' [6]. Durant l'hiver, le parasite survivait dans le foie des personnes infectées et réapparaissait dans la circulation sanguine au moment où les moustiques redevenaient actifs au printemps. Ces formes hépatiques latentes seraient réactivées au printemps par des piqûres de moustiques fraîchement éclos et donc non infectés [7,8].

Différents facteurs ont contribué à la disparition de la malaria en Europe et démontrent la complexité de l'épidémiologie de cette maladie. La malaria constituait avant tout un problème pendant la courte période glaciaire qui affecta l'Europe durant la seconde moitié du 16^e jusqu'à la fin du 17^e siècle. Le problème persista jusqu'au 18^e et au 19^e siècle. Vers la fin du 19^e siècle, une régression s'amorça, à une période où la température se mit à monter [9]. Un usage différent du sol visant à assécher les marais eut un impact important sur la présence de lieux d'incubation adéquats pour les moustiques *Anopheles*. Par ailleurs, l'habitat a également été modifié et ne laissait pratiquement plus de place aux moustiques. Des étables séparées pour le bétail ont été construites. Grâce à ces changements au niveau de l'habitat, le contact entre l'homme et le vecteur fut réduit. De plus, le traitement de la malaria s'améliora grâce à une réduction du coût de la quinine et à l'amélioration des soins médicaux. Dans le sud de l'Europe où un vecteur plus efficace était présent, ces facteurs ont aussi joué un rôle, mais il fallut attendre la découverte de l'effet insecticide du DDT pour que la malaria soit éliminée du continent [9].

Ce n'est qu'en présence d'une population suffisamment importante de vecteurs et d'un réservoir de parasites (porteurs de gamétocytes, les humains sont le seul réservoir) que la malaria pourrait redevenir endémique en Europe. Ces deux conditions sous-jacentes doivent en outre se rencontrer pour permettre la transmission. Les moustiques *Anopheles* sont encore toujours présents en Europe, mais toutes les espèces d'*Anopheles* ne sont pas en mesure de transmet-

tre la malaria. Le vecteur historique dans le nord de l'Europe, *An. atroparvus*, n'est pas largement répandu en raison de la disparition de son habitat. De plus, ce vecteur a été associé uniquement à la transmission de *P. vivax* et non pas au dangereux parasite *P. falciparum*. Dans le sud de l'Europe, les vecteurs historiques, *An. labranchia* et *An. sacharovi*, sont encore toujours présents. L'habitat moderne et les habitudes de vie limitent fortement le contact entre le vecteur et l'homme. Chaque année, de nombreux patients atteints de malaria arrivent en Europe et, pourtant, on ne signale que sporadiquement une transmission locale, comme ce fut le cas en Grèce, en Italie, en France et en Allemagne [10-12]. En Allemagne, on suppose que l'*An. plumbeus* est responsable de la contamination. On considère toutefois que l'efficacité de notre système de santé en matière de diagnostic et de traitement de ces patients permettra d'éviter la constitution d'un réservoir suffisamment important de gamétocytes nécessaire à l'induction d'une transmission locale [13].

CHIKUNGUNYA

Chikungunya en Italie. Le virus Chikungunya (voir cadre) est un alphavirus de la famille des *Togaviridae* qui a été isolé pour la première fois en Tanzanie en 1952. Les vecteurs naturels sont les moustiques *Aedes* africains qui se nourrissent essentiellement sur les primates, l'hôte naturel du virus [14]. Des cas chez l'homme ont été observés en Afrique (Sénégal, Cameroun, Gabon, Kenya et Soudan), dans les îles de l'Océan Indien (Comores, La Réunion, Madagascar, Mayotte, Maurice et les Seychelles) et en Asie (Inde, Maldives, Sri Lanka, Malaisie, Singapour). Deux vecteurs jouent un rôle lors de la transmission entre les humains, à savoir *Aedes aegypti* et *Ae. albopictus* appelé aussi moustique-tigre. En juillet-août 2007, il y eut une épidémie de Chikungunya au nord-est de l'Italie dans la région de Castiglione di Cervia et de Castiglione di Ravenna [15]. Il s'agissait de la première transmission locale documentée de Chikungunya sur le continent européen. Différents facteurs ont contribué à son apparition en Italie. Le patient zéro était sans doute une personne revenue en juin 2007 d'un voyage de la ville de Kerala, en Inde, où le virus est endémique. Il est important de noter que la virémie de cette personne infectée était suffisamment élevée lors de son retour en Italie pour pouvoir infecter la population vectrice locale. Le vecteur compétent, *Ae. albopictus*, était présent et actif au moment où le virus a été importé [16]. Ce moustique, initialement originaire d'Asie, est présent en Italie depuis septembre 1990 et se retrouve maintenant dans toute l'Italie, en particulier au nord-est du pays. Via le commerce mondial (en premier lieu, de pneus d'occasion), ce moustique a fait son entrée en Italie à plusieurs reprises et a pu s'y installer grâce à des conditions écologiques favorables. Des modèles de distribution prédisent que ce vecteur pourrait se répandre davantage en Europe [17,18]. Par ailleurs, cette espèce a été signalée dans d'autres pays où elle est

entrée via des pneus ou du "Lucky bambou" [19]. Non seulement les conditions climatiques locales, mais aussi l'origine des moustiques et leur capacité de produire des oeufs pouvant hiverner, déterminent si les moustiques introduits peuvent s'installer dans le pays où ils ont été importés. Les moustiques *Ae. albopictus* provenant de régions à climat modéré ont cette capacité, tandis que les populations tropicales d'*Ae. albopictus* ne peuvent pas produire d'oeufs capables d'hiverner [20,21]. Les conditions climatiques locales ne constituent pas un facteur limitatif pour l'installation de cette espèce dans nos contrées [21]. *Aedes albopictus* est également un vecteur du virus de la Dengue qui se propage mondialement.

L'exemple du Chikungunya démontre le rôle important joué par le transport mondial des marchandises et des personnes dans l'introduction des agents pathogènes et des vecteurs. Le 'timing' est en outre important : le virus doit être importé dans le pays au moment où le vecteur compétent est actif. Ainsi, une importation du Chikungunya des pays endémiques de l'hémisphère nord (Inde) est plus probable que de l'hémisphère sud (pays de l'Océan Indien). La plupart des cas dans l'Océan Indien sont rapportés entre décembre et juin, période au cours de laquelle *Ae. albopictus* n'est pas actif en Europe, alors que l'incidence maximale du Chikungunya en Inde s'observe durant le troisième trimestre de l'année [16,22].

LA MALADIE DE LYME

Les tiques et la maladie de Lyme. La maladie de Lyme (voir cadre) est causée en Europe par le spirochète *Borrelia burgdorferi* s.l. L'épidémiologie de cette maladie est complexe car différentes espèces du complexe *Borrelia burgdorferi* sont à la base de la maladie, chacune entraînant une

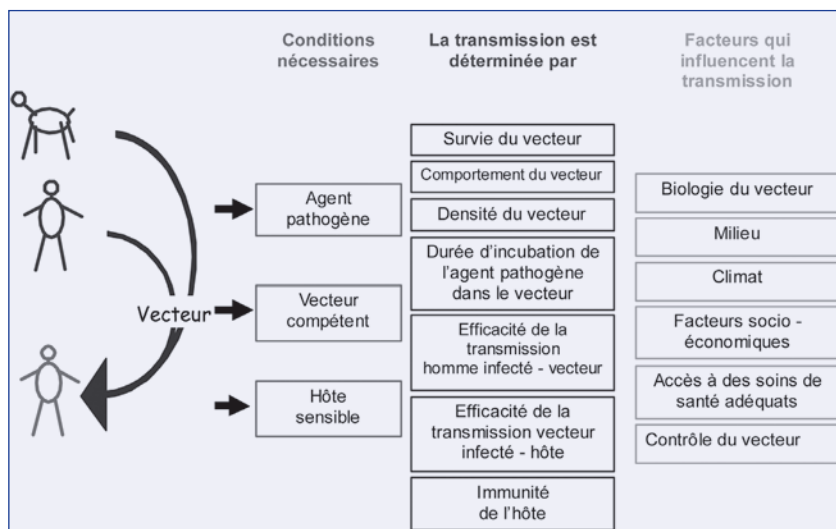
pathologie différente. Par ailleurs, la relation spirochète-hôte est spécifique et chaque espèce de *Borrelia* a un réservoir propre. Ainsi, les rongeurs servent d'hôtes pour *B. afzelii* et *B. burgdorferi* s.s., tandis que les oiseaux sont les hôtes de *B. garinii* et *B. valaisiana* [23]. Le principal vecteur pour l'être humain de cette zoonose en Europe est la tique *Ixodes ricinus*. La tique connaît trois stades de développement : la larve, la nymphe et l'adulte qui se cache sur le sol quand il n'est pas attaché à l'hôte pour y prendre un repas sanguin. Sur le sol, la tique se cache surtout dans la végétation et les jonchées, où l'humidité ambiante doit être suffisamment élevée et constante et atteindre au minimum 80 à 85%. Du fait de ces conditions d'humidité, les tiques sont surtout actives au printemps et en automne. Si les étés deviennent plus humides, cela pourrait changer. Les modèles climatiques prévoient un climat plus doux et plus humide dans le nord de l'Europe, ce qui est une situation idéale pour les tiques. Des études ont démontré que des hivers plus doux ont un impact sur la propagation de la tique *Ixodes ricinus* dans les régions du nord et que le changement climatique influencerait la densité des tiques.

En Belgique, l'enregistrement du nombre de cas de la maladie de Lyme connaît une tendance à la hausse avec une incidence accrue, passée de 2,2 par 100.000 habitants en 1997 à 13,5 par 100.000 habitants en 2006 [25]. La maladie est surtout présente sur l'axe nord-sud, de la province d'Anvers vers la province du Brabant Wallon. La distribution spatiale hétérogène de la maladie de Lyme est associée à des facteurs liés au vecteur, à l'agent pathogène, à l'hôte, au comportement humain et au paysage. La maladie est plus fréquente dans les paysages mixtes formés de bois et de maisons isolées, le plus souvent dans les régions péri-urbaines plus riches. Les personnes vivant dans ces quartiers résidentiels passent sans doute plus leur temps libre à l'extérieur et entrent donc davantage en contact avec le vecteur. La péri-urbanisation pourrait expliquer l'expansion de la maladie de Lyme observée en Belgique [26]. Tant des modifications du comportement humain qu'un intérêt plus marqué pour la nature et des changements dans l'organisation du paysage ont été corrélés dans d'autres pays à l'extension de la maladie. Ces facteurs influencent le contact entre l'homme et le vecteur [23,27]. D'autre part, la population de chevreuils peut augmenter le risque de transmission. Les chevreuils sont les principaux hôtes des tiques adultes, mais ne constituent pas un réservoir pour le spirochète. L'accroissement de la population de chevreuils peut augmenter le nombre de tiques, ce qui peut accroître le risque de contact entre l'homme et la tique [26,28].

CONCLUSION

Une maladie vectorielle se caractérise par le fait que l'agent pathogène est transmis par un arthropode d'un hôte à l'autre et que l'agent pathogène a besoin du vecteur pour poursuivre son cycle de vie. La transmission se fait uniquement en

Figure 1. Présentation schématique des maladies vectorielles, les composantes essentielles du système, les éléments déterminant la transmission et les facteurs influençant la transmission. L'influence de ces facteurs est complexe et bon nombre d'entre eux sont liés entre eux et présentent des mécanismes de rétroaction, c'est pourquoi nous nous limitons à les énumérer.



présence d'un agent pathogène, du vecteur et d'un hôte sensible (Figure 1). En Europe, la Leishmaniose (vecteur : phlébotomes), le virus West Nile (vecteur : moustiques), la Rickettsiose (vecteur : tiques), l'encéphalite à tiques (vecteur : tiques) et la maladie de Lyme (vecteur : tiques) sont endémiques. D'autres maladies peuvent apparaître en Europe uniquement si elles sont importées. Le transport mondial joue un rôle important, comme le démontre l'exemple du Chikungunya. De plus, le transport mondial engendre aussi la propagation de vecteurs compétents en dehors de leur milieu de propagation d'origine. La présence d'un vecteur et d'un agent pathogène n'est toutefois pas suffisante pour qu'il y ait transmission. Les facteurs dépendant du vecteur (survie, comportement, écologie), du parasite (longueur du cycle) et de l'homme (immunité) détermineront si l'infection primaire donnera lieu à de nouvelles infections. Ces facteurs sont eux-mêmes influencés tant par des facteurs biotiques qu'abiotiques (Figure 1), étroitement liés entre eux et qui peuvent se renforcer ou s'affaiblir mutuellement. En raison de l'impact indéniable des facteurs climatiques sur le système, les ma-

ladies vectorielles sont souvent citées dans le cadre des changements climatiques. La transmission est toutefois aussi influencée par des facteurs socio-économiques, des facteurs environnementaux, le contrôle du vecteur et l'accès aux structures de soins de santé. Les facteurs influençant la transmission sont complexes et très étroitement liés entre eux, comme le démontrent les différents exemples (Figure 1).

En raison des changements dans l'utilisation des sols, de l'urbanisation, du transport mondial de personnes et de marchandises, de facteurs socio-économiques et des changements climatiques, les modèles de transmission des maladies vectorielles vont se modifier à court terme dans les régions endémiques et non-endémiques [29].

Ces facteurs peuvent se renforcer ou se perturber mutuellement, si bien que la contribution de chaque facteur n'est pas toujours claire. Une meilleure connaissance des vecteurs constitue une première étape afin de mieux comprendre cette problématique. Par ailleurs, il faut être vigilant et suivre correctement ces maladies afin de pouvoir intervenir adéquatement en cas de besoin.

IPCC : L'Intergovernmental Panel of Climate Change est une institution intergouvernementale créée par la World Meteorological Organization (WMO) et the United Nations Environmental Programme (UNEP). Elle a été créée en 1988 afin que les décideurs politiques et toutes autres parties intéressées par le changement climatique disposent d'une source objective d'informations. Le premier rapport a été publié en 1990, le quatrième en 2007. Les rapports peuvent être consultés sur le site internet de l'IPCC : <http://www.ipcc.ch>.

Malaria : La malaria est une maladie infectieuse provoquée par un parasite unicellulaire de la famille des *Plasmodium*. Il existe quatre espèces différentes qui sont pathogènes pour l'homme (*P. falciparum*, *P. vivax*, *P. malariae* et *P. ovale*) dont *P. falciparum* est la plus dangereuse et la plus répandue. Il a été récemment démontré que *P. knowlesi*, une espèce de *Plasmodium* présente chez les singes, est responsable de maladies chez l'être humain [30]. Le parasite est transmis par la piqûre de certaines espèces d'*Anopheles* et l'écologie de ces moustiques détermine fortement l'apparition ou non de la maladie.

Le temps d'incubation, c'est-à-dire le temps s'écoulant entre une piqûre infectante et l'apparition de la maladie, se situe en moyenne entre 10 jours et 4 semaines (rarement quelques mois). Le syndrome se caractérise par des accès de fièvre, mais peut ressembler à une simple grippe au début. Dans certains cas, un tel accès peut être mortel en quelques jours si un traitement correct n'est pas instauré à temps.

Dans les régions endémiques, la maladie est combattue par l'utilisation à grande échelle de moustiquaires traitées avec un insecticide ou par des pulvérisations intradomiciliaires d'insecticides. Les patients dans les régions endémiques sont traités par une thérapie combinée avec l'artémisinine. Les dérivés de l'artémisinine sont extraits d'une plante chinoise (*Artemisia annua*) utilisée en Chine depuis des siècles dans le traitement de la fièvre. En 1972, les scientifiques chinois ont découvert les propriétés antimalariques de ces dérivés. Ils sont administrés en combinaison avec un autre médicament en vue de contrecarrer ou de freiner le développement d'une résistance aux médicaments. Pour les personnes qui se rendent dans les régions endémiques, il est important de prendre des mesures préventives contre la malaria qui comprennent une protection contre les piqûres de moustiques et une médication contre le parasite. Pour des informations récentes destinées aux voyageurs, nous vous renvoyons au site : www.itg.be.

Chikungunya : Le Chikungunya est responsable d'une infection aiguë qui se caractérise par une forte fièvre, des douleurs articulaires (arthralgies), des douleurs musculaires (myalgies), des maux de tête et des éruptions cutanées. La période d'incubation dure de 2 à 12 jours. Depuis 2004, cette maladie réapparaît dans l'est de l'Afrique et en Asie [31]. Même si la maladie n'est pas considérée comme mortelle, on a tout de même observé des taux de mortalité anormalement élevés après l'apparition de la maladie sur l'île de La Réunion [32]. Aucun vaccin n'est disponible et le traitement est symptomatique. La prévention est uniquement basée sur la protection personnelle contre les piqûres de moustiques. Le contrôle d'une épidémie est basé sur la surveillance du vecteur et la lutte contre les populations de moustiques.

La maladie de Lyme : La maladie de Lyme est provoquée en Europe par le spirochète *Borrelia burgdorferi s.l.* En Belgique, la maladie est systématiquement suivie et rapportée. Les données les plus récentes sont disponibles sur le site internet de l'Institut Scientifique de Santé Publique (<http://www.iph.fgov.be/epidemie/>).

Le traitement de cette maladie est possible avec des antibiotiques et un aperçu récent du traitement est disponible sur <http://www.bcfi.be/Folia/Index.cfm?FoliaWelk=F31N05C>. Il ne faut toutefois pas instaurer un traitement après chaque morsure de tique, car toutes les tiques ne sont pas infectées et chaque tique infectée n'est pas en mesure de transmettre la maladie.

AFFILIATIONS

- (1) Institut de Médecine Tropicale, département Parasitologie (ITG)
- (2) Institut de Médecine Tropicale, département Sciences cliniques (ITG)

NOTE

1. Les **culicoïdes** sont de petits moustiques hématophages de la famille des Ceratopogonidae.

RÉFÉRENCES

1. IPCC. Climate change 2007: Synthesis Report. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf, 1-73. 2007.
2. Alcamo J, Moreno JM, Novaky B, Bindi M, Corobov R, Devoy RJN, Giannakopoulos C, Martin E, Olesen JE, Shvidenko A. Europe. In: Parry ML, Canziani OF, Palutikof JP et al., eds. Climate Change 2007: Impacts, adaptation and Vulnerability. Contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge: Cambridge University Press, 2007; 541-80.
3. McMichael AJ, Woodruff RE, Hales S. Climate change and human health: present and future risks. *Lancet* 2006;367:859-69.
4. International federation of Red Cross and Red Crescent. World Disasters Report. <http://www.ifrc.org/publicat/wdr2004/chapter2.asp>. 2008.
5. Bruce-Chwatt LJ, de Zulueta J. The rise and fall of malaria in Europe. A historical epidemiological study. Oxford: Oxford University Press, 1980.
6. Devos I. Allemaal beestjes. Mortaliteit en morbiditeit in Vlaanderen, 18de-20ste eeuw. Gent: Academia Press, 2006.
7. Hulden L, Hulden L, Heliövaara K. Natural relapses in vivax malaria induced by *Anopheles* mosquitoes. *Malaria J* 2008;7:64.
8. Hulden L, Hulden L. Dynamics of positional warfare malaria: Finland and Korea compared. *Malaria J* 2008; 7.
9. Reiter P. From Shakespeare to Defoe: Malaria in England in the Little Ice Age. *Emerg Infect Dis* 2000;6:1-11.
10. Kruger A, Rech A, Su XZ et al. Two cases of autochthonous *Plasmodium falciparum* malaria in Germany with evidence for local transmission by indigenous *Anopheles plumbeus*. *Trop Med Int Health* 2001;6:983-5.
11. Alten B, Kampen H, Fontenille D. Malaria in Southern Europe: resurgence from the past? In: Takken W, Knols BGJ, eds. Emerging pests and vector-borne diseases. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2007;35-57.
12. Armengaud A, Legros F, d'Ortenzio E et al. A case of autochthonous *Plasmodium vivax* malaria, Corsica, August 2006. *Trav Med Infect Dis* 2008;6:40.
13. Takken W, Kager PA, Verhave JP. Will malaria return to North-West Europe. In: Takken W, Knols BGJ, eds. Emerging pests and vector-borne diseases. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2007;23-34.
14. Fontenille D, Failloux A, Romi R. Should we expect Chikungunya and Dengue in Southern Europa. In: Takken W, Knols BGJ, eds. Emerging pests and vector-borne diseases. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2007;169-84.
15. ECDC. Mission report: Chikungunya in Italy. Joint ECDC/WHO visit for a European risk assessment. 1-26. 2007.
16. Charrel RN, de Lamballerie X, Raoult D. Seasonality of mosquitoes and chikungunya in Italy. *Lancet Infect Dis* 2008;8:5-6.
17. Benedict MQ, Levine RS, Hawley WA et al. Spread of the tiger: Global risk of invasion by the mosquito *Aedes albopictus*. *Vector Borne Zoonotic Dis* 2007;7:76-85.
18. Medlock JM, Avenell D, Barrass I et al. Analysis of

the potential for survival and seasonal activity of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in the United Kingdom. *J Vector Ecol* 2006;31:292-304.

19. Scholte E-J, Schaffner F. Waiting for the tiger: establishment and spread of the *Aedes albopictus* mosquito in Europe. In: Takken W, Knols BGJ, eds. Emerging pests and vector-borne diseases. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2007;241-60.
20. Hanson SM, Craig GB, Jr. Cold acclimation, diapause, and geographic origin affect cold hardiness in eggs of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae). *J Med Entomol* 1994;31:192-201.
21. Takumi K, Scholte EJ, Braks M et al. Introduction, Scenarios for Establishment and Seasonal Activity of *Aedes albopictus* in The Netherlands. *Vector Borne Zoonotic Dis* 2008. in press.
22. ECDC. Assessing the risk of importing dengue and chikungunya viruses to the EU. 1-55. 2008. Stockholm, European Centre for Disease Prevention and Control.
23. Randolph SE. The shifting landscape of tick-borne zoonoses: tick-borne encephalitis and Lyme borreliosis in Europe. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 2001;356:1045-56.
24. Lindgren E, Talleklint L, Polfeldt T. Impact of climatic change on the northern latitude limit and population density of the disease-transmitting European tick *Ixodes ricinus*. *Environ Health Perspect* 2000;108:119-23.
25. IPH. Surveillance van Infectieuze Aandoeningen door een Netwerk van Laboratoria voor Microbiologie 2006 + Epidemiologische Trends 1983 – 2005. http://www.iph.fgov.be/epidemiologie/epinl/plabnl/plabannl/06_041n_v.pdf. 2006. Peillaboratoria 2006.
26. Linard C, Lamarque P, Heyman P et al. Determinants of the geographic distribution of Puumala virus and Lyme borreliosis infections in Belgium. *Int J Health Geogr* 2007;6:15.
27. Lindgren, E. and Jaenson, T. G. T. Lyme borreliosis in Europe: influences of climate and climate change, epidemiology, ecology and adaptation measures. 1-34. 2006. WHO, Regional Office for Europe.
28. Martina BE, Osterhaus ADME. Wildlife and the risk of vector-borne viral disease. In: Takken W, Knols BGJ, eds. Emerging pests and vector-borne diseases. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2007;411-38.
29. Sutherst RW. Global change and human vulnerability to vector-borne diseases. *Clin Microbiol Rev* 2004;17:136-73.
30. Cox-Singh J, Singh B. Knowlesi malaria: newly emergent and of public health importance? *Trends Parasitol* 2008;24:406-10.
31. WHO. Outbreak and spread of Chikungunya. *Wkly Epidemiol Rec* 2007;82:409-16.
32. Renault P, Solet JL, Sissoko D et al. A major epidemic of Chikungunya virus infection on Reunion Island, France, 2005-2006. *Am J Trop Med Hyg* 2007;77:727-31.

Correspondance

Dr Wim Van Bortel
 Institut de Médecine
 Tropicale
 Département Parasitologie,
 unité Entomologie
 Nationalestraat 155
 B-2000 Antwerpen
 e-mail: wvbortel@itg.be