

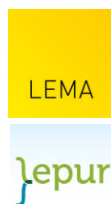


Diagnostic de vulnérabilités pour augmenter la résilience wallonne à travers l'adaptation aux changements climatiques

Santé

Tiques

Rapport méthodologique



Pouvoir adjudicateur :





Auteurs

Eric Hallot, e.hallot@issep.be

Comité de relecture

Manu Harchies, mha@icedd.be

Personne de contact

Eric Hallot, e.hallot@issep.be

Comment citer ce rapport

Hallot, E., Harchies, M. (2025). Risques climatiques en Wallonie. Analyse de l'évolution du risque sanitaire lié aux tiques en raison des changements climatiques. Service Public de Wallonie (SPW) - Agence Wallonne de l'Air et du Climat (AWAC).

Photo de couverture

Jonas Jaeken from Unsplash

Liège, mars 2025



1. Introduction	3
2. Résumé	3
3. Définition de l'indicateur et périmètre	4
4. Matériel et méthode	5
4.1. Exposition de la population.....	5
4.2. Alea : Indice d'adéquation de l'habitat du tique (Habitat Suitability Index – HSI)	6
5. Résultats	7
6. Discussion	10
7. Références	12



1. Introduction

Ce rapport propose une analyse de la possibilité de définir un indicateur permettant d'évaluer l'évolution du risque sanitaire lié aux maladies propagées par les tiques en fonction des changements climatiques. Ce dernier n'entraînerait pas nécessairement une expansion de la zone de répartition actuelle des tiques en Wallonie mais il pourrait néanmoins augmenter le risque de morsures en prolongeant les périodes d'activité des tiques et en intensifiant leurs interactions avec les populations humaines.

Un outil cartographique est actuellement en développement par Sciensano pour la Belgique. Disponible au cours du premier semestre 2025, il classera les municipalités selon le risque de morsures de tiques, sur la base de modèles bayésiens intégrant divers indicateurs environnementaux et démographiques.

2. Résumé

Les tiques, vecteurs notoires de la maladie de Lyme et d'autres pathologies, sont étudiées ici à travers les interactions entre facteurs climatiques, environnementaux et humains. Les données d'incidences proviennent du projet TiquesNet, une initiative citoyenne et scientifique qui recueille des données via une application et un site web permettant aux utilisateurs de signaler les morsures de tiques. Cette méthode présente des limites, notamment une sensibilité aux fluctuations de la participation des utilisateurs et aux conditions météorologiques, ce qui peut influencer l'intégrité des données recueillies. L'analyse des données entre 2016 et 2023 révèle que les morsures de tiques sont fréquemment signalées près des domiciles, dans un rayon de 5 km, suggérant que des activités courantes telles que le jardinage et les loisirs extérieurs augmentent le risque de contact avec les tiques. La répartition des morsures varie régionalement, les zones les plus densément peuplées présentant des incidences plus faibles comparées aux régions forestières et aux zones propices aux activités extérieures.

Parallèlement, la constitution d'un indice d'habitat favorable (Habitat Suitability Index) permet d'identifier les régions offrant des conditions favorables aux tiques, intégrant des données d'occupation du sol et de densité des ongulés sauvages. Bien que cet indice soit utile pour prédire les zones à risque, sa précision est limitée par la qualité des données sur la présence des ongulés. Une corrélation significative a été observée entre l'HSI et les incidences de morsures, soulignant l'intérêt de cet indice comme outil prédictif pour la gestion des risques liés aux tiques. Cependant, des améliorations sont nécessaires, notamment dans la collecte de données plus précises sur la densité des ongulés sauvages.

En conclusion, ce rapport met en lumière la nécessité de stratégies intégrées pour surveiller et gérer les populations de tiques, en renforçant les mesures de prévention, l'éducation du public et en adaptant la gestion des habitats. Une attention particulière doit être accordée à la méthodologie de collecte des données pour améliorer la fiabilité des prévisions et interventions futures. Un outil cartographique est actuellement en développement pour la Belgique, pour le premier semestre 2025 et permettra de classer les municipalités selon le risque de morsures de tiques, sur la base de modèles bayésiens intégrant divers indicateurs environnementaux et démographiques.

3. Définition du périmètre d'analyse

Les tiques sont particulièrement sensibles à la température et au taux d'humidité. En effet, ces acariens pullulent dans les zones tempérées et humides, avec une préférence pour les forêts de feuillus. Mais on peut aussi les trouver dans les hautes herbes, les fougères, les tas de feuilles mortes, les buissons, les haies, etc. Les effets du changement climatique sur l'augmentation des risques et la propagation de la maladie de Lyme, transmise par les tiques, sont multiples et significatifs.

Premièrement, l'augmentation des températures globales influence directement la biologie des tiques, en prolongeant leur saison d'activité et en élargissant leur aire géographique à l'échelle continentale. Cette situation est due à des conditions météorologiques plus clémentes qui favorisent une survie et une reproduction accrues des tiques, ainsi qu'une activité plus soutenue pendant des périodes prolongées de l'année (Bouchard et al., 2019). L'allongement de la saison d'activité des tiques expose les populations humaines à un risque prolongé chaque année. Les périodes d'activité des tiques, généralement observées de mars à octobre, avec un pic en juin, pourraient désormais s'étendre, commençant plus tôt au printemps et se terminant plus tard en automne. Cette extension de la période d'activité augmente non seulement le temps pendant lequel les humains peuvent être exposés aux tiques, mais aussi les opportunités de transmission des agents pathogènes. Toutefois, une baisse des morsures de tiques est observée lors de périodes de sécheresse ou de chaleur intense, ce qui indique que les tiques sont sensibles aux conditions extrêmes, réduisant ainsi leur activité (Sciensano, 2023).

Ensuite, le réchauffement climatique favorise également l'expansion des populations d'hôtes pour les tiques, telles que les ongulés sauvages, augmentant le risque de transmission de la maladie de Lyme et d'autres maladies vectorielles. En effet, avec des hivers plus doux et des étés plus longs, les tiques ont plus d'opportunités de se nourrir sur leurs hôtes et de compléter leur cycle de vie, entraînant une augmentation de leur population globale (Jonet, 2021).

D'autre part, le changement climatique peut également entraîner des comportements adaptatifs chez les populations humaines ce qui peut augmenter leur exposition aux zones à risque. Avec des conditions climatiques plus douces, les activités extérieures deviennent plus fréquentes, exposant davantage les individus aux habitats de tiques, en particulier dans les zones boisées ou broussailleuses où les tiques sont souvent présentes. En Belgique, la plupart des morsures rapportées surviennent près du domicile lors d'activités de loisir, en particulier dans les jardins et les forêts, reflétant des habitudes de proximité par rapport à l'environnement habituel (Bouchard et al., 2019).

Finalement, la vulnérabilité des populations à la maladie de Lyme et autres infections transmises par les tiques est également affectée par les connaissances et comportements préventifs. Les mesures de santé publique et la sensibilisation sont cruciales pour prévenir l'exposition et améliorer la prévention personnelle, comme l'utilisation de répulsifs, le port de vêtements couvrants et la vérification régulière de la présence de tiques après avoir passé du temps dans des zones à risque.

Le nombre de personnes ayant un résultat positif pour la recherche d'anticorps contre la bactérie *Borrelia burgdorferi*, responsable de la maladie de Lyme, varie d'année en année. Ces variations dépendent de plusieurs facteurs, notamment le nombre de tiques et le nombre de tests effectués. Il y a eu une augmentation significative des tests en 2013 et 2014, avec environ 2000 cas positifs, probablement due à une sensibilisation accrue à la maladie (Sciensano, 2023). Depuis ces vingt dernières années, l'incidence de la maladie de Lyme est en augmentation en Europe et en Amérique (Li et al., 2019). Cette augmentation est particulièrement visible dans les pays nordiques où la limite de distribution géographique de la maladie s'étend progressivement vers le nord de la Scandinavie. Une tendance similaire est observée depuis plusieurs années aux États-Unis et au Canada. Certains pays, au centre de l'Europe de l'Ouest, montrent une tendance moins marquée voire une stabilisation du

nombre de cas. À l'inverse, les pays du Sud de l'Europe, comme l'Italie, l'Espagne et le Portugal, présentent une diminution de l'incidence de la maladie de Lyme (Jonet, 2021). Cependant, sur les dix dernières années, il n'y a pas de tendance à l'augmentation de la maladie de Lyme en Belgique (Sciensano, 2023). On estime qu'environ 10 % des tiques sont infectées et que le risque de développer la maladie après une morsure de tique est entre 1 et 2 %. Elle affecte tous les âges, mais surtout les personnes de 45 à 65 ans. Les résultats positifs les plus élevés se trouvent dans les régions forestières, notamment dans les provinces d'Anvers, du Limbourg, du Brabant et en Ardenne.

4. Matériel et méthode

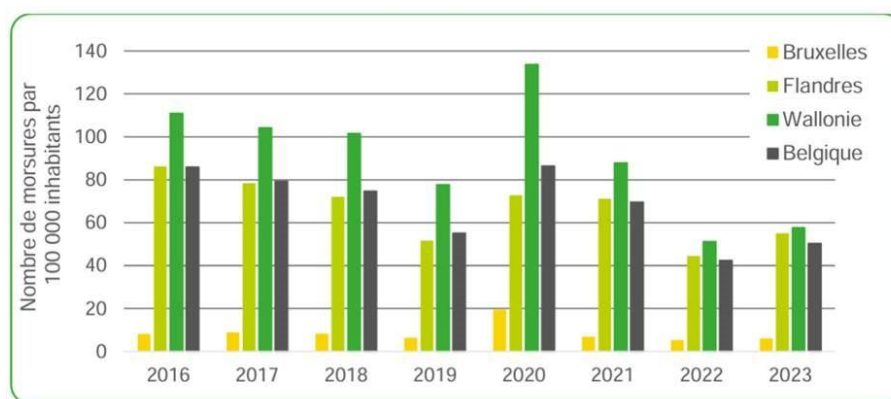
4.1. Exposition de la population

Le projet TekenNet/TiquesNet (Sciensano, 2023), une plateforme scientifique et citoyenne, vise à surveiller l'exposition de la population belge aux morsures de tiques grâce à la participation des citoyens qui déclarent les morsures qu'ils subissent. TiquesNet utilise principalement deux outils numériques pour le signalement des morsures de tiques : un site web et une application mobile disponible sur iOS et Android. Les citoyens peuvent notifier de manière anonyme une morsure, offrant ainsi un aperçu rapide et étendu de l'activité des tiques. Cependant, cette méthode peut être influencée par la couverture médiatique et l'engagement des citoyens. Ils peuvent également signaler un érythème migrant, symptôme classique de la maladie de Lyme. Chaque signalement inclut des détails supplémentaires tels que la localisation, le type d'activité pratiquée au moment de la morsure et l'environnement où elle a eu lieu.

Il est important de noter que les données collectées ne sont pas exhaustives ; elles concernent uniquement les morsures déclarées via le projet. Étant donné qu'il s'agit de morsures de tiques et non de tiques trouvées dans la nature, les résultats sont influencés par la présence de tiques dans l'environnement (aléa) et également par l'exposition de la population aux tiques, influencée par la fréquence des sorties dans la nature.

Les données montrent d'importantes variations annuelles dans le nombre de morsures de tiques signalées, sans tendance à la hausse observée jusqu'à présent (figure 1). Au cours des deux dernières années, le nombre de morsures de tiques signalées était inférieur aux années précédentes, et il est nécessaire de collecter plus de données dans les années à venir pour déterminer s'il existe une tendance à la baisse ou si cela est dû à un effet induit par le changement de version de l'application.

Figure 1 : Nombre de morsures de tiques notifiées pour 100.000 habitants par région en Belgique, 2016-2023. (Sources : Sciensano, 2023)



4.2. Alea : Indice d'adéquation de l'habitat du tique (Habitat Suitability Index – HSI)

Plusieurs projets de cartographie des conditions favorables aux tiques (*Ixodes ricinus*) ont été développés, notamment l'étude de Lebert et al. (2022), qui se base sur les travaux de Malczewski (2000), Pfeiffer et al. (2008), et Hongoh et al. (2011). Cette étude cartographie un indice d'adéquation de l'habitat pour les tiques *Ixodes ricinus* en France continentale et en Corse, intégrant des facteurs biotiques et abiotiques tels que le climat, l'occupation du sol, l'altitude et la densité des ongulés sauvages (Vayssier-Taussat, 2016). Les cartes de convenance de l'habitat résultantes montrent que la majorité de la France et de la Corse offre des conditions favorables pour ces tiques, les méthodes additives de combinaison de facteurs étant plus corrélées à l'abondance des tiques que les méthodes multiplicatives.

Nous avons adapté et simplifié la méthodologie pour la Wallonie. Aucune des zones climatiques (Mucher et al., 2010), ni des classes d'altitudes (Lebert et al., 2022) présentes en Wallonie ne sont défavorables à l'habitat des tiques. Ces données utilisées sous forme binaire dans l'étude française (présence / absence) n'ont donc pas été intégrées dans le cas de la Wallonie. Seuls, l'occupation du sol et la présence/densité des ongulés sauvages sont pris en compte.

Afin de pouvoir directement utiliser la classification proposée par Lebert et al. (2022), nous avons utilisé les données d'occupation du sol de Corine Land Cover 2018 (100x100 m), reclassées en 5 classes de 0 à 1 selon l'aptitude de la classe reprise au tableau 1 (HSI_landcover).

Cinq espèces d'ongulés sauvages sont présentes en Wallonie à savoir le cerf élaphe (*Cervus elaphus*), le chevreuil (*Capreolus capreolus*), le daim européen (*Dama dama*), le mouflon méditerranéen (*Ovis ammon*) et le sanglier (*Sus scrofa*). Pour estimer la présence/densité des ongulés sauvages à l'échelle wallonne, nous nous sommes basés sur deux sources de données :

- (1) Le portail de la biodiversité en Wallonie (biodiversite.wallonie.be) qui propose des cartes des aires de distributions selon une grille de 10 x 10 km (Libois, 1977 ; Onkelinx, 1997) pour les 5 espèces. Il s'agit donc de données binaires de présence ou absence (HSI_elaphus / HSI_capreolus / HSI_dama / HSI_ovis / HSI_sus).
- (2) Les « rapports Cerf » 2015-2016 et 2022-2023 qui proposent une densité de cerfs élaphe par limites de conseils cynégétiques. Les estimations de population sont réalisées chaque année sur base de l'évolution de l'INA et de l'analyse du tableau de chasse de la manière la plus standardisée possible. Les données ont été normalisées entre 0 et 1 du minimum au maximum de densité des données (HSI_dens_elaphus).

La résolution spatiale de ces deux dernières données est largement supérieure aux données de CLC1018. Cependant, les résultats ne seront analysés que rapportés à l'échelle communale.

Nous avons choisi de construire l'indice d'adéquation en combinant les valeurs HSI des différents facteurs selon une approche additive pondérée, avec attribution de poids (voir Ishizaka et Nemery, 2013; Libert et al., 2022).

$$(1/3) \text{ HSI_landcover} + (1/15 \text{ HSI_elaphus}^*) + (1/15 \text{ HSI_capreolus}) + (1/15 \text{ HSI_dama}) + (1/15 \text{ HSI_ovis}) + (1/15 \text{ HSI_sus}) + (1/3) \text{ HSI_dens_elaphus}$$

* : la variable binaire (présence/absence) du cerf élaphe n'est utilisée que là où il n'y pas de données de densité par conseil cynégétiques tout en étant au sein de sa zone de distribution.¹

Tableau 1 : Classes d'aptitude d'occupation du sol basé sur CLC2018

¹ ("g_cerf_reclass"/100) + (Con("g_cerf_reclass" == 0, "g_cervus_0", 0) + "g_dama_0" + "g_capreolus_0" + "g_ovis_0" + "g_sus_0") / 5 + "Lookup_clc201") / 3



Classe	Intitulé	Aptitude
111	Tissu urbain continu	0
121	Unités industrielles ou commerciales	
123	Zones portuaires	
131	Sites d'extraction minérale	
133	Chantiers de construction	
511	Cours d'eau	
512	Plans d'eau	
122	Réseaux routiers et ferroviaires et terres associées	0,25
124	Aéroports	
132	Sites de décharge	
141	Zones urbaines vertes	
142	Installations sportives et de loisirs	0,5
112	Tissu urbain discontinu	
211	Terres arables non irriguées	
242	Modèles de culture complexes	
312	Forêt de conifères	
411	Marais intérieurs	
412	Tourbières	
222	Plantations d'arbres fruitiers et de baies	0,75
231	Pâturages	
243	Terres principalement occupées par l'agriculture	
321	Prairies naturelles	
322	Landes et bruyères	
324	Fourrés transitionnels	
311	Forêt de feuillus	1
313	Forêt mixte	

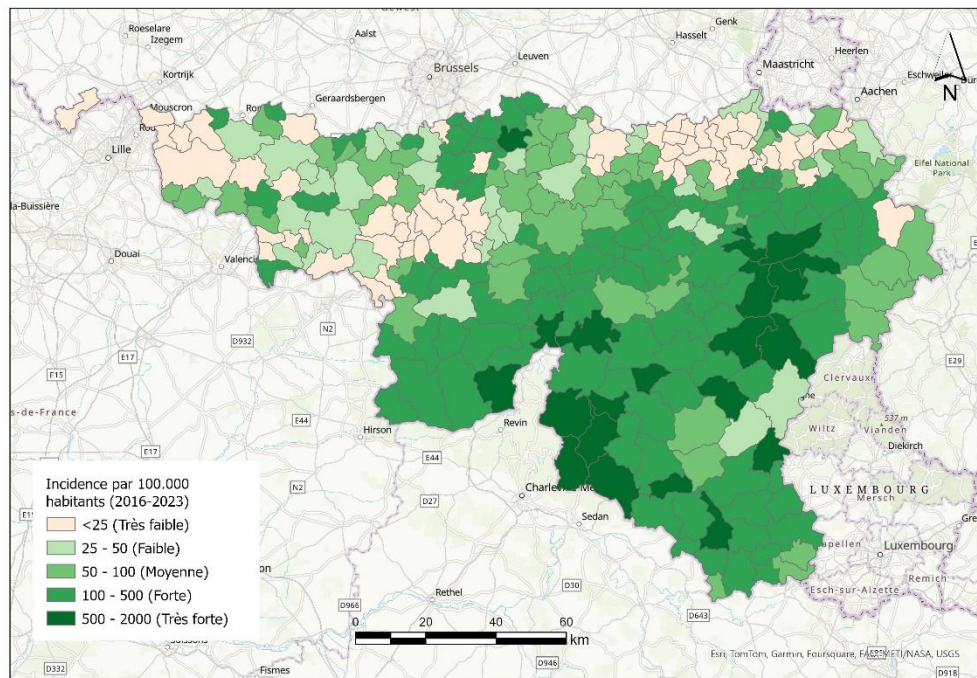
5. Résultats

Les données d'incidence moyenne sont présentées pour la période 2016-2023. Elles représentent le nombre moyen de morsures de tiques signalées pour 100 000 habitants, agrégé par commune et moyenné sur cette période (figure 1). La majorité des morsures de tiques sont signalées à proximité du domicile des personnes, avec un grand nombre d'incidents survenant dans un rayon de 5 km autour de la résidence. Cela indique que les activités de jardinage et autres activités domestiques extérieures jouent un rôle significatif dans l'exposition aux tiques.

Les activités de loisirs en plein air et les forêts sont également des lieux majeurs pour les morsures de tiques, où des activités telles que la randonnée, le camping et d'autres formes de loisirs en plein air augmentent les risques de contact avec les tiques. L'incidence des morsures de tiques varie selon les différentes provinces, révélant que les zones densément peuplées ont généralement une incidence moindre par rapport aux zones forestières et propices aux activités de plein air, ainsi qu'à celles présentant une forte fragmentation des habitats naturels.

Le développement des zones urbaines en milieu rural contribue également à augmenter les contacts potentiels entre les populations humaines et les tiques.

Figure 1 : Nombre de morsures de tiques notifiées pour 100.000 habitants par région en Belgique, 2016-2023.
(Sources : Sciensano, 2023)



Nous présentons également le résultat de l'indice d'adéquation de l'habitat du tique (Habitat Suitability Index – HSI – Figure 2). Comme expliqué précédemment, seuls les résultats agrégés à l'échelle communale sont pris en compte, en raison de la variabilité de la résolution spatiale des données.

Figure 2 : Indice d'adéquation de l'habitat du tique *Ixodes ricinus*

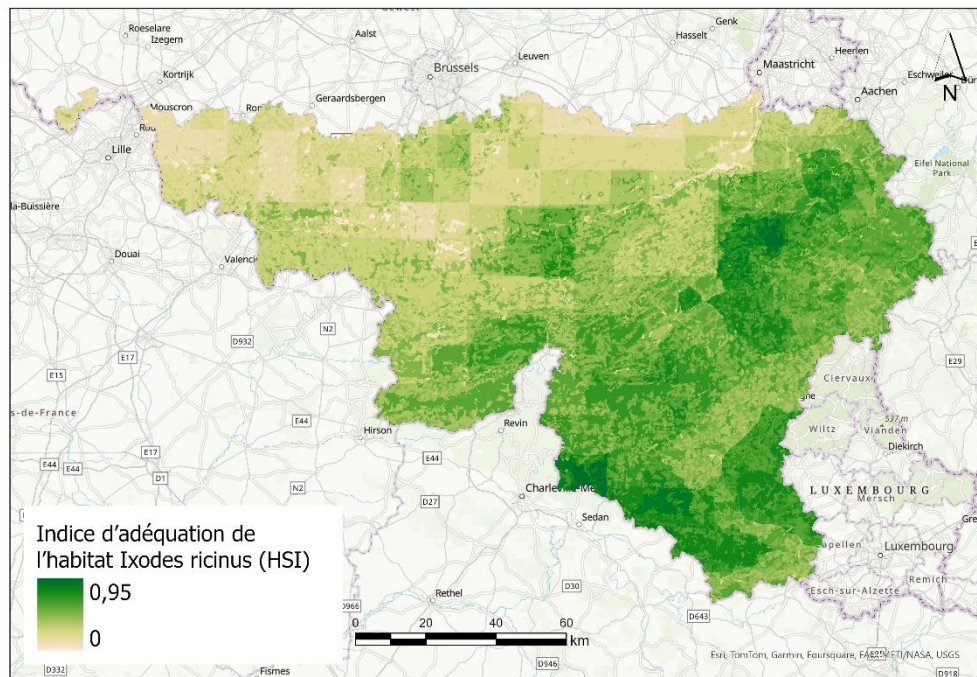
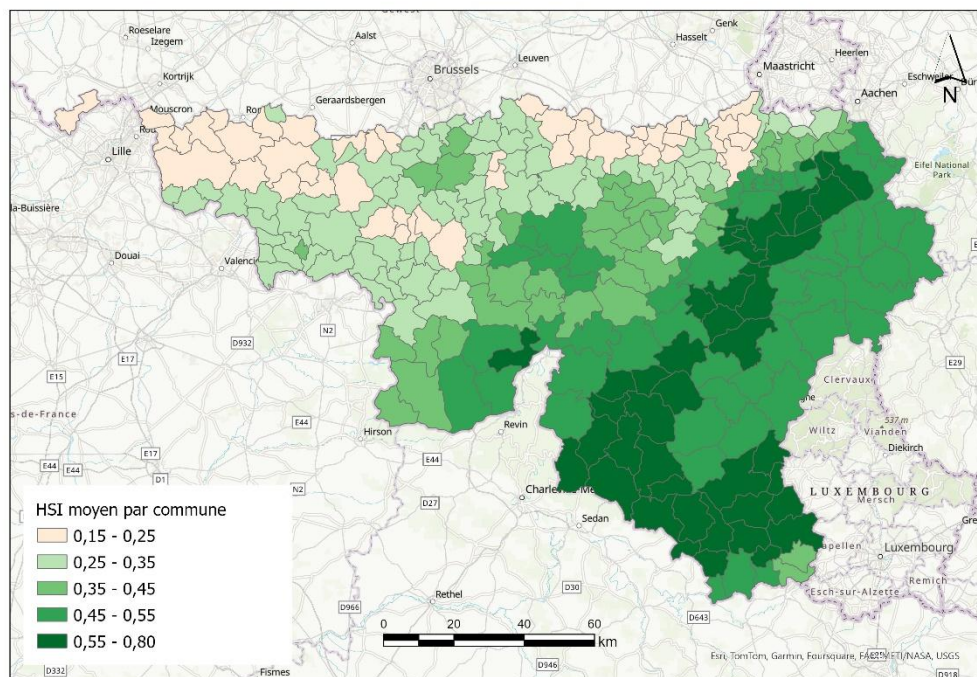
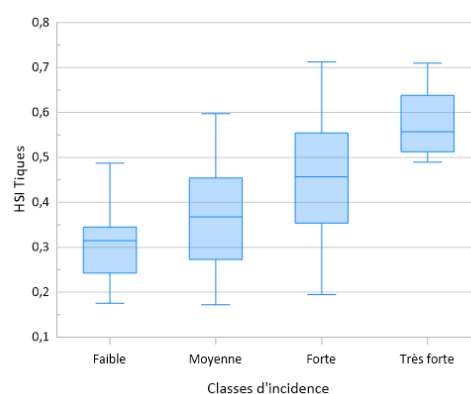


Figure 3 : Indice moyen d'adéquation de l'habitat du tique *Ixodes ricinus* par commune



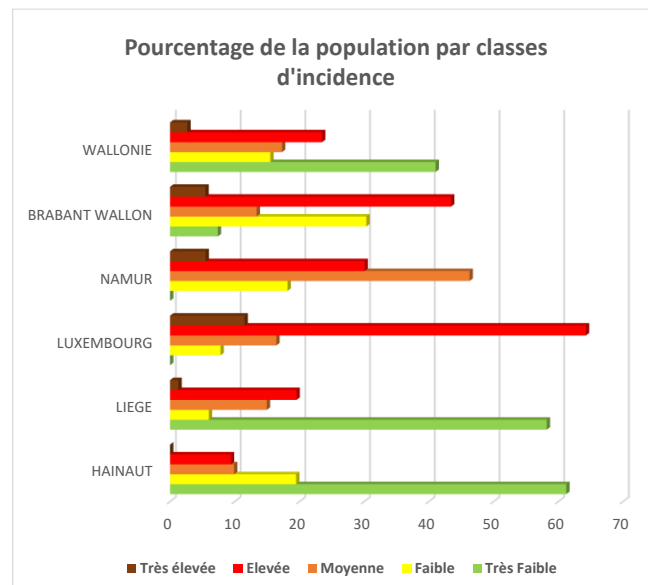
Un test de corrélation de Spearman a été réalisé entre les deux résultats au niveau communal ($n = 262$). Ce test indique une corrélation significative entre les variables HSI et Incidence, avec un coefficient de corrélation de 0,63. Cela démontre une association positive modérée à forte entre ces deux variables. La valeur p est inférieure à $2,2 \times 10^{-16}$, ce qui signifie que la corrélation observée entre les deux variables est statistiquement significative et qu'il est très improbable que cette corrélation soit due au hasard. Cependant, il n'a pas été possible de calculer une p -value exacte en raison de la présence de données ex aequo dans le jeu de données. La figure 4 illustre la répartition des classes d'incidence par rapport au HSI.

Figure 4 : Classes d'incidences en fonction de l'indice moyen d'adéquation de l'habitat du tique *Ixodes ricinus* par commune



La figure 5 montre la répartition de la population au niveau wallon et par province, classée par incidence (basée sur la population communale de 2023 exprimée en pourcentage). En Wallonie, 41 % de la population est en classe très faible, tandis que 23 % est en classe élevée. Les provinces de Luxembourg et de Brabant Wallon présentent les taux les plus élevés, suivies par celles de Liège et de Namur. Le Hainaut affiche les taux les plus faibles.

Figure 5 : Répartition de la population au niveau wallon et par province par classes d'incidences



6. Discussion

La méthodologie basée sur les déclarations volontaires via une application présente certaines limites. En 2023, le lancement d'une nouvelle version du site internet et de l'application a nécessité une réinscription des utilisateurs, réalisée par seulement 15% des utilisateurs précédents. Cette faible réinscription peut entraîner des discontinuités dans les données collectées et potentiellement réduire la représentativité des informations obtenues.

Les données de TiquesNet montrent une variabilité notable d'année en année concernant les morsures de tiques signalées, influencée en partie par des facteurs climatiques et environnementaux. Par exemple, en 2023, une baisse significative des morsures de tiques a été observée pendant une période de sécheresse et de chaleur en juin, révélant la sensibilité de l'activité des tiques aux conditions météorologiques. Cette variabilité souligne l'importance de prendre en compte plusieurs facteurs, tels que les variations de température, la disponibilité d'hôtes pour les tiques, et les comportements humains (fréquence des activités extérieures), afin de comprendre et d'anticiper les fluctuations annuelles des morsures de tiques (Sciensano, 2023). L'incidence des morsures de tiques, basée sur des déclarations volontaires, est donc directement affectée par la sensibilisation du public et la propension à signaler ces incidents, ce qui introduit un biais dans les données.

La vulnérabilité, dans ce contexte, pourrait être définie comme la susceptibilité des populations humaines à subir des morsures de tiques, influencée par des facteurs tels que la proximité à des habitats favorables aux tiques, les activités humaines en plein air, et les mesures de prévention en place. Les données d'incidence peuvent être utilisées, avec prudence, comme un indicateur de vulnérabilité. Elles révèlent où les morsures se produisent effectivement et, par extension, où les populations pourraient être plus vulnérables. Cependant, elles ne prennent pas directement en compte tous les aspects de la vulnérabilité, tels que le niveau de préparation à la prévention ou de protection individuelle.

L'indice d'adéquation de l'habitat (HSI), qui utilise les données sur l'occupation du sol et la présence d'ongulés sauvages, fournit une estimation de l'aléa, c'est-à-dire des zones où les conditions sont favorables à la présence de tiques. Cela peut être considéré comme une mesure du risque environnemental, mais ne reflète pas nécessairement la vulnérabilité des populations humaines sans prendre en compte les comportements humains et les interactions avec ces habitats.

La corrélation entre l'indice de convenance de l'habitat (HSI) et les classes d'incidence des morsures déclarées est positive. Cela suggère que les zones avec un HSI élevé tendent également à présenter des taux élevés de morsures déclarées. Cette corrélation souligne l'utilité de l'HSI comme outil prédictif pour identifier les zones à risque de morsures de tiques. La corrélation des données d'incidence avec les prévisions du HSI renforce la validité de cet indice pour la planification des interventions de santé publique et la mise en place de mesures préventives dans les zones identifiées comme hautement propices à la présence de tiques.

Il est important de noter que la méthode de calcul du HSI reste perfectible, notamment en ce qui concerne la prise en compte de la densité des ongulés sauvages. Actuellement, notre modèle intègre des données de répartition des ongulés basées principalement sur une indication de présence ou absence, ce qui peut limiter la précision de l'HSI. Pour les cerfs, nous avons utilisé des données de densité plus détaillées fournies par les comités cynégétiques ; cependant, ces données sont elles-mêmes sujettes à des variations importantes dues aux méthodes de dénombrement utilisées, qui combinent des observations directes et des informations issues des tableaux de chasse. Une amélioration de la collecte et de l'analyse des données sur la densité des ongulés pourrait significativement affiner le modèle.

Bien que le développement d'un modèle prédictif pour les risques liés aux tiques soit complexe et soumis à de nombreuses incertitudes, investir dans la surveillance directe et les mesures préventives, telles que le contrôle des habitats des tiques et la sensibilisation du public, pourrait s'avérer immédiatement plus bénéfique et moins incertain.

Les politiques de santé publique doivent prendre en compte ces changements dynamiques dans la gestion des risques associés aux tiques et aux maladies qu'elles transmettent, en renforçant la surveillance des tiques, notamment via la promotion du programme de surveillance TiquesNet, en éduquant le public sur les mesures de prévention, et en adaptant les stratégies de gestion des habitats pour limiter la croissance des populations de tiques et d'hôtes.

Une étude est actuellement en cours pour la production des cartes de risques au niveau communal. Ce travail a déjà été réalisé et publié pour la Flandre (<https://www.tekenbeten.be/tekenrisicokaart>). Il est maintenant répété, également pour la Wallonie, sur la base des données 2019-2023. Il s'agit d'une carte où les municipalités sont classées en trois catégories sur la base de l'incidence des morsures de tiques signalées via TiquesNet, incluant certains prédicteurs du risque de morsures de tiques géographique (par exemple, pourcentage de forêt de feuillus, présence de chevreuils dans la municipalité, etc.) basé sur un modèle bayésien prenant en compte la corrélation spatiale entre les municipalités voisines et l'incertitude sur les risques prédits. Cet outil devrait être disponible au premier semestre 2025.

Zones à risque et d'intervention prioritaire

Les zones d'intervention prioritaire sont définies ici comme les territoires où la convergence entre un habitat favorable aux tiques, une incidence élevée de morsures signalées et un potentiel de prévention ou d'éducation du public justifie des actions ciblées. Sur cette base, plusieurs communes apparaissent prioritaires pour la mise en œuvre de mesures de sensibilisation et de prévention, notamment dans les provinces du Luxembourg, du sud de la province de Namur et du sud-est de la province de Liège. Ces zones bénéficieraient particulièrement du renforcement de la surveillance, de campagnes d'information sur les comportements à risque, ainsi que d'une gestion adaptée des habitats forestiers à proximité des zones habitées.

7. Références

- Bouchard C., Dibernardo A., Koffi J., Wood H., Leighton P.A., Lindsay L.R., 2019. Augmentation du risque de maladies transmises par les tiques dans le contexte des changements climatiques et environnementaux. Relevé des maladies transmissibles au Canada (RMTC), 45-4.
- Hongoh V, Hoen AG, Aenishaenslin C, Waub JP, Belanger D, Michel P, Lyme MC, 2011. Spatially explicit multi-criteria decision analysis for managing vector-borne diseases. *Int J Health Geogr* 10:70. DOI: <https://doi.org/10.1186/1476-072X-10-70>
- Jonet F., 2021. Maladie de Lyme et réchauffement climatique : une histoire croisée ? <https://www.canopea.be/maladie-de-lyme-et-rechauffement-climatique-une-histoire-croisee/>
- Lebert, I., Bord, S. , Saint-Andrieux, C., Cassar, E., Gasqui, P., Beugnet, F., Chalvet-Monfray, K., Vanwambeke, S. O., Vourc'h, G., & René-Martellet, M. (2022). Habitat suitability map of *Ixodes ricinus* tick in France using multi-criteria analysis. *Geospatial Health*, 17(1). <https://doi.org/10.4081/gh.2022.1058>
- Libois, R., 1997. Fiches signalétiques SIBW. Statistiques DNF (voir EEW), Travaux DEMNA/LFSC
- Licoppe, A., 2017. Rapport cerf 2015 - 2016 - Fiche 4 - Estimation de population, DNF, SPW-ARNE - <https://biodiversite.wallonie.be>
- Licoppe, A., 2017. Rapport cerf 2015-2016 - Fiche 4 - Estimation de population, DNF, SPW-ARNE - <https://biodiversite.wallonie.be>
- Malczewski J, 2000. On the use of weighted linear combination method in GIS: common and best practice approaches. *Trans GIS* 4:5-22. DOI: <https://doi.org/10.1111/1467-9671.00035>
- Mucher, Sander & Klijn, Jan & Wascher, Dirk & Schaminée, Joop. (2010). A new European Landscape Classification (LANMAP): A transparent, flexible and user-oriented methodology to distinguish landscapes. *Ecological Indicators*. 10. 87-103. 10.1016/j.ecolind.2009.03.018.
- Pfeiffer DU, Robinson TP, Stevenson M, Stevens KB, Rogers DJ, Clements ACA, 2008. Spatial analysis in epidemiology. Oxford University Press, New york, NY, USA, 160 pp. DOI: <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198509882.001.0001>
- Sciensano. (2023). Surveillance des morsures de tiques en Belgique : Résultats en 2023. Bruxelles: Sciensano (D/2024.14.440/30) - <https://www.sciensano.be/fr/sujets-sante/maladie-de-lyme>
- Sen Li, Lucy Gilbert, Sophie O. Vanwambeke, Jianjun Yu, Bethan V. Purse, and Paula A. Harrison, 2019. Lyme Disease Risks in Europe under Multiple Uncertain Drivers of Change. *Environmental Health Perspectives* 127:6 CID: 067010 <https://doi.org/10.1289/EHP4615>
- SPW ARNE, 2023. Rapport cerf 2022 - 2023 - Publication du Département de l'Étude du Milieu Naturel et Agricole - <https://biodiversite.wallonie.be/servlet/Repository/?ID=47494>
- Vayssier-Taussat, M., 2016. Les tiques : infections, co-infections et moyens de prévention, Bulletin de l'Académie Nationale de Médecine, Volume 200, Issue 7, 1337-1348.



Institut de Conseil et d'Etudes en Développement Durable asbl

Boulevard Frère Orban 4
B-5000 NAMUR
00 32 81 25 04 80
www.icedd.be
icedd@icedd.be

N° registre de commerce : sans objet
N° TVA : BE0407.573.214
Représenté par : Gauthier Keutgen, Secrétaire Général
N° de compte bancaire : BE59 5230 4208 3426 / BIC TRIOBEBB