Titre : Using citizen science and meteorological data to describe the distribution of tick bite and exposure to tick-borne diseases in France.

Hilami K, Godard V, Cosson J-F et al.

Abstract

Knowing the distribution and density of ticks in our environment, at the national level, is not possible using the only strengths of academic researchers. Citizen participatory sciences took over by feeding databases containing location-based reports of bites using a web and mobile app. In France, since July 2017, 22,000 reports on humans have been acquired. To understand the mechanisms of distribution of these tick-bites over time and in space, we found it important to couple them with the prevailing weather conditions at the place and date of the sting. These meteorological determinants stem from the search of vast data warehouses. It is the automation of this classification of bites reporting, which goes through computer development, which is discussed here.

Key words:

Environnement, Epidémiologie spatiale, Fouille de données (Datamining), Météorologie, Sciences participatives

1. Background
   1. Tick borne diseases

Les maladies transmises par les tiques sont en constante augmentation en Europe et en Amérique du Nord, sans que l’on sache vraiment si cela correspond à une augmentation de leur incidence, ou à une augmentation de leur détection par les services de santé (Steere et al. 2016; Kilpatrick et al. 2017). Largement répandue dans les régions tempérées de l’hémisphère nord, la borréliose de Lyme (BL), la plus emblématique de ces maladies à tiques, est la maladie à transmission vectorielle la plus fréquente sur l’ensemble de son aire de distribution depuis de nombreuses années (Ward and Brown 2004). Depuis sa mise en évidence chez l’Homme en 1977 (Steere et al. 1977), elle est considérée comme maladie émergente, car son incidence a rapidement augmenté au cours des dernières décennies (Stone, Tourand, and Brissette 2017). Longtemps associée à la ruralité et à ses forêts, la BL semble pourtant poser une nouvelle problématique de santé publique dans les espaces fortement urbanisés (Rizzoli et al. 2014), et ce, en raison d’une forte concentration humaine et de la capacité polarisante des grands massifs forestiers périurbains. Pour autant, la présence des tiques ne se cantonne pas à la forêt, elles sont également rencontrées dans les jardins, les pâtures, les friches… (Mulder et al. 2013; Zeman, Benes, and Markvart 2015). Alors qu’elle est maintenant assez bien connue à l’échelle planétaire, la répartition des tiques à l’échelle régionale et à une échelle plus fine encore, celle des massifs forestiers, par exemple, n’est qu’imparfaitement connue, voire méconnue.

Du rural à l’urbain dense en passant par un périurbain plus ou moins lâche, la présence des tiques est attestée, mais la connaissance des lieux d’interaction avec la population - là où les morsures se produisent – reste à construire. De même, cette morsure se produit-elle au printemps, en été voire en hiver, par temps sec, par temps humide ? Là encore, les connaissances sont lacunaires. Jusqu’à présent, il paraissait difficilement envisageable d’aller plus loin que la simple écologie des espèces de tiques après des campagnes de collectes au drapeau sur la végétation (Cohnstaedt et al. 2012; Bord et al. 2014) ou par collectage sur des animaux abattus à la chasse (Gilot et al. 1994; Kriz et al. 2014) ou bien encore sur des troupeaux domestiques (L’Hostis 1994; Grech-Angelini et al. 2016; Bord and Agoulon 2017), en extrapolant cette infestation aux paysages fréquentés. De plus, dans le cas de la BL qui n’est pas une maladie à déclaration obligatoire en France, malgré la présence de réseaux de médecins volontaires, comme ceux du réseau « *Sentinelles* »[[1]](#footnote-1), il est extrêmement difficile de connaître la répartition géographique des cas. Au mieux, c’est à l’échelle régionale, grâce aux cartographies « *Sentinelles* », qu’il est possible de percevoir les zones et les périodes où la contamination semble se concentrer croître ou décroître. De ce fait, pour faire de la prévention ou du « porté à connaissance » il est quasi impossible à l’heure actuelle d’analyser les déterminants paysagers et météorologiques qui pourraient être les marqueurs d’une situation favorable pour contracter des morsures de tiques, première étape vers une BL ou une autre maladie transmise par les tiques, si celles-ci sont infectées.

Pour progresser dans la connaissance des lieux et conditions de morsures, donc de contamination potentielle, il est indispensable d’accroître le volume des données à traiter en dépassant la seule collecte effectuée par des équipes scientifiques(Laaksonen et al. 2017). Impliquer les citoyens dans la constitution de bases de données sur des questions de santé est maintenant bien documenté (Ranard et al. 2014). Recourir à la contribution citoyenne pour collecter des données portant sur les morsures de tiques est relativement récent. En Europe, les première expérimentations sont attribuées aux Pays-Bas(Garcia-Marti et al. 2018) et consultables sur les sites de Natuurkalender[[2]](#footnote-2) et Tekenradar[[3]](#footnote-3). est la solution qui a été retenue pour faire rentrer des gros volumes d’informations sur des situations et des lieux variés qui seuls pourront permettre de faire ressortir les déterminants d’exposition aux morsures et donc progresser vers la connaissance du risque. Actuellement la partialité des données ne permet pas de savoir si, pendant la saison acarologique, les jardins ruraux sont plus « à risque » que les forêts périurbaines (en nombre de morsures constatées par exemple), et s’ils le restent toute la saison ou seulement au printemps, avant la dessiccation liée aux chaleurs estivales qui se feront moins sentir dans les litières forestières ? Cette progression des connaissances est un préalable à la constitution d’observatoires dédiés aux maladies transmises par les tiques dont l’objectif serait de faire de la prévention ou du « porté à connaissance » à partir de signaux météorologiques avant-coureurs concernant les espaces les plus favorables à l’interaction tiques-humains, ceux où se produisent les morsures.

Les maladies à tiques sont le résultat d’une combinaison complexe de facteurs écologiques et sociologiques. En quelques années elles sont devenues un problème important en santé publique et vétérinaire dans de nombreux pays développés (Vayssier-Taussat, Cosson, et al. 2015; Vayssier-Taussat, Kazimirova, et al. 2015). Elles sont complexes et relèvent typiquement d’une approche *One Health*, tant la santé humaine, animale et environnementale y sont intriquées et impliquées dans leur épidémiologie (Vayssier-Taussat, Cosson, et al. 2015). Leur impact économique (direct et indirect) est considérable (Lohr et al. 2015; van den Wijngaard et al. 2017). Ces maladies convoient également une très forte charge émotionnelle dans les sociétés occidentales, en Amérique du Nord comme en Europe, où les citoyens s’inquiètent de cette recrudescence et interpellent les gouvernements et les services de santé (Salomon and Vayssier-Taussat 2016). Dans ce contexte anxiogène, plusieurs pays européens comme les Pays-Bas, la Belgique, la Suisse et la France, ont initié des plans nationaux ou des projets de recherche participative (Cosson 2018) dans le but d’impliquer les citoyens pour améliorer les connaissances et la prévention de ces maladies. En France, le projet CiTIQUE[[4]](#footnote-4), initié par l’INRAe, la DGS et l’Anses, lancé le 17 juillet 2017[[5]](#footnote-5) a tout de suite emporté une très forte participation. Les résultats présentés ici s’appuient sur l’implication des citoyens dans la collecte d’informations sur les conditions de la survenue de piqûres de tiques, grâce à l’application « *Signalement Tique* »[[6]](#footnote-6). Rappelons que l’utilisation d’internet puis des smartphones pour la collecte des données de santé remonte aux années 2000 (Freifeld et al. 2010; Dickinson et al. 2012) et au début des années 2010 pour les signalements de piqûres de tiques (Haddad et al. 2015). La littérature scientifique croisant sciences participatives, collecte de tiques et applications mobiles était encore peu abondante ces dernières années. Quelques exemples commencent d’être disponibles (Bord et al. 2019). Une des toutes premières publications, concernant une application pour animaux de compagnie, essentiellement les chiens, a été proposée en 2018, située aux Pays-Bas (Jongejan et al. 2019) et à destination des vétérinaires.

Pour notre part, sur les trente premiers mois de fonctionnement, entre juillet 2017 et janvier 2020, après nettoyage de la base de données, plus de 22 000 signalements ont été enregistrés, dont plus de 17 000 sur des humains et 5 000 sur les animaux de compagnie. Parmi les plus de 20 000 tiques qui ont été archivées dans les tiquothèques de l’INRAe, à la suite d’envois liés au programme de sciences participatives CITIQUE, plus de 1 400 tiques piqueuses ont analysées à ce jour pour étudier la distribution géographique en France des agents pathogènes qu’elles contenaient[[7]](#footnote-7). Ce n’est pas cet aspect qui sera présenté ici, mais celui de la participation citoyenne aux signalements et surtout l’enrichissement de ces données par de la donnée météorologique pour essayer de comprendre les conditions d’exposition aux piqûres de tiques au travers des conditions météorologiques concomitantes ou préalables aux piqûres.

Si les premières analyses de cette masse de données révèlent la nécessité de mieux comprendre les ressorts de la participation citoyenne pour interpréter les résultats, il est intéressant de compléter et qualifier ces signalements par de la donnée météorologique, l’objet de cette publication, pour faire le lien entre aléa (présence des tiques dans le paysage), enjeu (présence concomitante des humains dans ce même paysage) pour évoquer un risque d’exposition. En effet, la littérature scientifique nous renseigne sur l’écologie des tiques et en particulier sur celle qui a le plus fréquemment été fournies par les participants lors des signalements, à savoir Ixodes ricinus dans 90 p.100 des cas pour la France métropolitaine[[8]](#footnote-8). Si les conditions de températures, de précipitations, hygrométriques, etc. des signalements s’écartent significativement des données disponibles dans la littérature, qui, comme le rappellent Ostfeld et Brunner(Ostfeld and Brunner 2015), diffèrent également entre le laboratoire et le terrain, alors nous aurons des information, non seulement sur les conditions d’exposition réelles au risque acarologique sur ces trois dernières années en France métropolitaine, mais également la possibilité de nous projeter vers les conditions futures qui conditionneront nos promenades dans les espaces de nature relativement au changement climatique à venir.

1. Method

La connaissance de l’aire de distribution d’*Ixodes ricinus* s.l. en France est bien décrite et depuis longtemps. Une synthèse reprenant les travaux de Gilot (Gilot, B. 1985), de Gilot et Pérez-Eid (Gilot and Perez-Eid 1998), ou de Pérez-Eid (Pérez-Eid 2007), puis complétée par des travaux du réseau VBORNET[[9]](#footnote-9) et de l’EFSA[[10]](#footnote-10) permet de considérer que peu de parties du territoire métropolitain français échappent à cette tique dure (Fontenille Didier et al. 2013, p.3). Cette synthèse indique qu’à l’exception de zones au-delà de 1 500 m d’altitude et des zones les plus sèches du pourtour méditerranéen, *Ixodes ricinus* s.l. est potentiellement partout.

Depuis les années 1980, différents auteurs se sont penchés sur l’évolution de l’aire de répartition des tiques hématophages en général et d’*Ixodes ricinus* s.l. en particulier. Une synthèse d’une large part des travaux disponibles permet de constater que cette aire de répartition a tendance à gagner en altitude et en longitude vers le nord (Léger et al. 2013). Il est souvent admis que les principaux facteurs qui influencent cette extension se regroupent en une composante paysagère et une composante climatique (Marsot et al. 2017). Toutes les deux étant influencées par les activités humaines (Medlock et al. 2013). C’est de la composante climatique dont il s’agit dans cet article et en particulier de la collecte des données météorologiques au moment de la piqûre présumée et des jours qui ont précédé.

Ce sont ici les

Variables abiotiques Cat thèse p.175-177 t°, précipitation, humidité, éclairement(Cat 2017; Cat et al. 2017)

Humidité atmosphérique (Paltridge, Arking, and Pook 2009)

Climate humidity dans le rapport chercher Willet surface humidity ? (Arndt et al. n.d.)

Effet des températures et hausse des tempétarures(Greenfield 2011)

Climatic data et le fameux saturation deficit (SD) (Hauser et al. 2018)

Using volunteered observations to map human exposure to ticks (collecte de piqûres a posteriori)(Garcia-Marti et al. 2018)

1. Results
   1. Cartographie des signalements de piqures

Cf. « Apport de CiTIQUE à la prévention contre les maladies à tique\_v7\_vg.docx » p. 12

Carte de risques ≠ cartes des signalements

Collecte protocolisée

1. Discussion
2. Conclusion

Additionnal files

Acknoledgements

Availiability of Data

References

1. <https://websenti.u707.jussieu.fr/sentiweb/?page=carte> [↑](#footnote-ref-1)
2. <http://www.natuurkalender.nl> [↑](#footnote-ref-2)
3. <https://www.tekenradar.nl/> [↑](#footnote-ref-3)
4. <https://www.citique.fr/> (consulté le 25/03/2020) [↑](#footnote-ref-4)
5. <http://presse.inra.fr/Communiques-de-presse/Signalement-Tique> (consulté le 25/03/2020) [↑](#footnote-ref-5)
6. <https://www.citique.fr/signalement-tique/> (consulté le 25/03/2020) [↑](#footnote-ref-6)
7. https://www.citique.fr/actualites-2/ (consulté le 25/03/2020) [↑](#footnote-ref-7)
8. Résultats préliminaires présentés aux rencontre naturalistes 2018 <http://www.arb-idf.fr/article/retour-rencontres-naturalistes-2018> (consulté le 25/03/2020) [↑](#footnote-ref-8)
9. http://www.vbornet.eu/ [↑](#footnote-ref-9)
10. https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2010.1723 [↑](#footnote-ref-10)