# Introduction

# Méthodologie

## Signalement tique / Citique

## Collecte des données météo : DSK / MF

## Activité / Biologie des tiques et météo dans la littérature

Si les données qui vont être présentées ici sont bien des données qui caractérisent et/ou influencent le comportement humain, elles caractérisent aussi l’interaction entre les tiques à l’affût et les hôtes potentiels qui fréquentent leur biotope. Elles ne permettent probablement pas de reprendre in extenso l’intégralité des données climatiques accumulées dans la littérature scientifique sur les tiques, mais nous pouvons faire l’hypothèse de la transposabilité de certains des paramètres connus comme significatifs, issus de ces articles, pour apporter un éclairage sur les conditions de la rencontre hôte-tique, en fonction de la météorologie de cette interaction ou de celle qui la précède.

Les principaux paramètres météorologiques dont il est question dans la littérature scientifique sont la température et l’humidité. Ces paramètres abiotiques sont connus depuis longtemps pour les principales espèces de tiques, en particulier pour Ixodes ricinus sur le continent européen et Ixodes scapularis sur le continent américain. Pour ces tiques du genre Ixodes, il est établi depuis longtemps que le fonctionnement métabolique est conditionné par la température du milieu tout au long de l’année (Lees and Milne, 1951 ; Macleod, 1932). Que ce soit dans les phases de développement ou dans les phases de survie, la littérature scientifique recense un grand nombre de paramètres relatif à la température et à l’humidité relative. Le temps de développement est minimal autour de 15°C pour les femelles gorgées et de 20°C pour les larves et nymphes gorgées (Campbell, 1948, Ogden et al., 2004), en deçà et au-delà, ce temps de développement augmente.

L’activité d’Ixodes ricinus ne démarre réellement qu’à partir de 5°C. C’est à partir de cette température qu’elle accumule de l’énergie pour initier son développement (Campbell, 1948). Hauser et ses collègues retiennent une température de 7°C calculée avec une moyenne mobile sur 5 jours (Hauser, 2018). De même, si la survie est courte en dessous de 0°C (Aeschlimann, 1972 ; Herrmann and Gern, 2013), les températures chaudes ne leur sont guère favorables. Il y a cependant peu d’études, même en laboratoire, qui dépassent les 25°C, d’après une recension réalisée par Julie Cat pour sa thèse (Cat, 2017). Toujours sur le principe des moyennes mobiles sur 5 jours, Hauser et ses collègues retiennent une température de 27°C au-delà de laquelle la densité des nymphes décroît significativement (Hauser, 2018). Il est donc courant de retenir un optimal de température compris entre 10 et 20°C.

Comme les tiques s’hydratent par l’humidité atmosphérique, les valeurs d’humidité relative citées comme minimales pour assurer leur développement et leur survie doivent atteindre ou dépasser 80% en milieu naturel (Gray, 1998). Julie Cat, dans la recension précédemment citée, évoque « *Une humidité relative au moins supérieure à 75%* […] *pour que les tiques puissent s’hydrater pour les phases en développement comme pour les phases actives* (Kahl, 1991, in Cat, 2017) ».

Hormis la température et l’humidité relative, la littérature scientifique recèle peu d’informations sur d’autres paramètres météorologiques. Eventuellement les précipitations ou le déficit de saturation (Hauser, 2018). Il s’agit donc ici de défricher un domaine apparemment vierge combinant signalements de piqûres et d’autres facteurs climatiques en plus des températures et des taux d’humidité.

# Résultats

Le premier résultat présenté concerne la répartition des signalements sur la période d’étude, soit 995 jours répartis du 15 juillet 2017, date officielle du lancement de l’opération de collecte collaborative, jusqu’au 4 avril 2020. Cette date de fin correspond à deux évènements. Le premier est lié à la conjoncture économique et à la vie des entreprises. Apple a racheté DarkSky le 31 mars 2020 et commence une politique de fermeture d’accès[[1]](#footnote-1). Le deuxième évènement est lié à la baisse caractérisée des signalements. Baisse qu’il est légitime d’attribuer au confinement, dû au Covid19 en France, intervenu le 17 mars, soit 15 jours plus tôt. Cette combinaison d’évènement nous a persuadé qu’un cycle s’achevait et qu’il n’était pas judicieux d’attendre le changement d’interface de l’application Signalement-tique, le 18 mai 2020[[2]](#footnote-2), pour clore la première phase de l’étude et produire une première analyse.

Un histogramme reprenant l’ensemble des signalements sur les humains est présenté en figure n°3. La répartition des signalements, tronqués pour les années 2017 et 2020, permet de constater sur les deux années entières qu’elles diffèrent très peu l’une de l’autre (différence non significative à tester) et que le petit pic d’automne caractéristique des régimes de piqûres du nord des îles britanniques ou d’Europe centrale n’est pas ou peu présent. La distribution des signalements en France sur cette période ressemble plus nettement au profil-type de l’activité d’*Ixodes ricinus* au sud des îles britanniques ou de l’Irlande (cf. fig. n°4).

### Fig. n° 3 – Répartition des signalements sur les 995 jours de collectes.

Sources : données du programme Citique (en accès sur plateforme ?)

### Fig. n° 4 – Profil-type de l’activite d’I. ricinus sur une année.

Sources : Kurtenbach et al., 2006 (in Cat, 2017)

Pour comparer les conditions météorologiques caractérisant les signalements de piqûres et les conditions météorologiques générales, il était indispensable de connaître quotidiennement en tous points du territoire métropolitain la valeur des principaux paramètres météorologiques. La logique aurait voulu que l’on se tourna vers l’opérateur national français, Météo France. Or, en 2017, lorsque nous avons initié ce projet, les échanges que nous avons eus avec les services concernés de Météo France nous ont incité à nous tourner vers un autre fournisseur. Nous avons retenu le fournisseur Dark Sky dont les données ont été comparées, pour information, à celle de Météo France pour les stations synoptiques pour lesquelles il était aisé d’obtenir un jeu de données[[3]](#footnote-3).

Les comparaisons ont été menées sur les données qui étaient en commun dans les deux jeux constitués à partir de la base synoptique Météo France et de la base Dark Sky. Il s’agit des données quotidiennes moyennes comme : la couverture nuageuse (Cloud Cover), le point de rosé (Dew Point), le taux d’humidité (Humidity), l’intensité des précipitations (Precipitation intensity), la pression ramenée au niveau de la mer (Pressure at sea level), la température (Temperature), la visibilité (Visibility), les rafales de vents (Wind Gust) et la vitesse du vent (Wind Speed). Ces paramètres ont été traités comme des données appariées sur lesquelles nous avons appliqué le test de Wilcoxon [wilcox.test()] dans R (version 4.0.3). Les résultats des tests sont regroupés dans le tableau n°2.

### Tab. n°2 – Comparaison de la moyenne quotidienne de 9 paramètres météorologiques pour 42 stations synoptiques de Météo France et leur équivalent Dark Sky (France, July 2017 – April 2020, soit 995 jours).

Dans la mesure où les données Dark Sky sont une combinaison de plusieurs sources de données[[4]](#footnote-4) nous pensions trouver un décalage important entre les deux jeux de paramètres. Seuls cinq d’entre eux sur neuf diffèrent significativement. Il s’agit des : couverture nuageuse (Cloud Cover), taux d’humidité (Humidity), intensité des précipitations (Precipitation intensity), visibilité (Visibility) et rafales de vents (Wind Gust). En revanche, pour : le point de rosé (Dew Point), la pression ramenée au niveau de la mer (Pressure at sea level), la température (Temperature) et la vitesse du vent (Wind Speed), la p-value du test de Wilkinson est trop élevée pour que l’on puisse conclure à une différence significative entre les jeux de données Météo France et Dark Sky. Cette proximité de comportement nous a donc incité à poursuivre avec la donnée Dark Sky.

### Fig. n°6 – Profils météorologiques associés aux 14 657 lieux et dates de signalements comparés à ceux des mêmes dates mais pour un semis régulier de lieux (France, July 2017 – April 2020, soit 995 jours).

|  |  |
| --- | --- |
| Fig. n°6.1 – Average temperatures | Fig. n°6.2 – High temperatures |
|  |  |
| Fig. n°6.3 – Average Humidity | Fig. n°6.4 – Average Dew point |
|  |  |
| Fig. n°6.5 – Average Atmospheric Pressure | Fig. n°6.6 – Average Wind speed |
|  |  |
| Fig. n°6.7 – Average Visibility | Fig. n°6.8 – Average Cloud Cover |
|  |  |
| Fig. n°6.9 – Average Wind gust | Fig. n°6.10 – Average UV Index |
|  |  |

Sources : données du programme CiTIQUE, en gris (en accès sur plateforme ?), données météo https://darksky.net/

Les profils météorologiques présentés sur les figures n°6 ont été obtenus en croisant deux séries statistiques collectées sur une même source de données, les données météo de Dark Sky. Comme expliqué au chapitre méthodologique, à chaque couple de coordonnées géographiques de signalement d’une piqure est associé un jeu de variables météorologiques caractéristique de la journée de signalement (température moyenne, taux d’humidité…). Pour chaque journée de signalements - certains jours en comportent plusieurs d’autres aucun - un jeu témoin, représentatif du territoire métropolitain, des mêmes paramètres météorologiques est collecté. Celui-ci est donc constitués de points tirés selon une grille systématique (cf. Fig. n°2) qui échantillonnent 700 valeurs de chaque paramètres équi-répartis sur l’ensemble du territoire métropolitain. Ils serviront à comparer les paramètres météorologiques des lieux de signalements avec ceux, témoins, caractéristiques de la « France entière » au même moment. L’objectif est bien de savoir comment se positionne la météo du signalement par rapport à une météo quotidienne « standard » !

### Tab. n° 3 – Selon le 1er décile, la moyenne et le 9ème décile : Paramètres météorologiques associés aux 14 657 lieux et dates de signalements comparés à ceux des mêmes dates mais pour un semis régulier de lieux (France, July 2017 – April 2020, soit 995 jours).

Sources : données du programme CiTIQUE, en gris (en accès sur plateforme ?), données météo https://darksky.net/

Dans le tableau n°3, chaque couple de variables « météorologiques » est décliné selon trois indicateurs : le 1er décile, la moyenne et le 9ème décile. La comparaison des moyennes de chaque couple météorologique, signalements et lieux témoin, aurait pu suffire pour pointer les différences, mais il nous a paru intéressant de montrer également l’amplification du décalage selon que l’on s’intéresse aux 10 p.100 des valeurs les plus faibles (1er décile), ou aux 10 p.100 des valeurs les plus élevées (9ème décile) de la variable, car il y a non seulement un décalage dans les courbes, mais bien souvent une asymétrie qui se traduit par un rattrapage d’un pied de courbe sur l’autre (cf. Fig. n°6) ! Pour compléter les analyses, nous avons regroupé dans la tableau n°4 trois paramètres supplémentaires, le 1er quartile, le 2ème quartile (la médiane) et le 3ème quartile et pour faciliter la lecture.

### Tab. n° 4 – Selon le 1er quartile, le 2ème quartile (la médiane) et le 3ème quartile : Paramètres météorologiques associés aux 14 657 lieux et dates de signalements comparés à ceux des mêmes dates mais pour un semis régulier de lieux (France, July 2017 – April 2020, soit 995 jours).

Sources : données du programme CiTIQUE, en gris (en accès sur plateforme ?), données météo https://darksky.net/

Ces six indicateurs, par couple de variables, ont été obtenus par simulations en échantillonnant avec remise selon la méthode de ré-échantillonnage publiée pour la première fois par B. Efron (Efron, 1979) dite du « bootstrap ». Plusieurs bibliothèques dans R sont disponibles, comme « boot », « bootstrap »…, également la fonction « boot.ci » pour obtenir les intervalles de confiance (Carpenter and Bithelle, 2000). Nous avons toutefois préféré programmer nos itérations à partir des formules proposées par R. Poinsot (Poinsot, 2005) qui décomposent la procédure.

À titre d’exemple pour la température quotidienne, cinquante températures associées à des dates de signalement sont échantillonnés avec la fonction « sample() » de R sur lesquelles sont calculés le 1er décile qui est stocké ans un tableau de données (dataframe). Cette opération est reproduite mille fois à l’aide d’une boucle pour constituer un tableau de mille 1er déciles. Sur ce millier de 1er déciles, une moyenne est calculée ainsi qu’un intervalle de confiance à 95 p.100 pour encadrer cette moyenne. Cette opération a été faite systématiquement pour les températures associées aux signalements et les températures associées aux lieux témoins. Le même processus est ensuite reproduit par la même méthode du bootstrap en calculant cette fois-ci non plus le 1er décile mais la moyenne de l’échantillon de 50 températures. L’opération est à nouveau reproduite mille fois et sur ces milles moyennes d’échantillon, une moyenne générale et un intervalle de confiance sont calculés sur les températures moyennes des signalements et des lieux témoins. Enfin, la même opération est reproduite sur le 9ème décile, le 1er quartile, le 2ème quartile (la médiane) et le 3ème quartile, sur des échantillons de 50 tirages avec remise, etc. À la suite des températures déjà évoquées, neuf autres variables ont été échantillonnées par bootstrap. Les scripts sous R sont disponibles sur la plateforme. Les résultats des 1er déciles moyens, moyennes et 9ème déciles moyens accompagnés de leur intervalle de confiance respectif sont regroupés dans le tableau n° 3 dans le tableau des paramètres météorologiques associés aux 14 657 lieux et dates de signalements comparés à ceux des mêmes dates mais pour un semis régulier de lieux (Tab. n°3). Dans le tableau n° 4, ce sont les résultats des 1er quartiles moyens, moyennes et 3ème quartiles moyens accompagnés de leur intervalle de confiance respectif

# Discussion

La présentation des résultats au chapitre n°3 montre qu’il y a plusieurs paramètres météorologiques pour lesquels la courbe des signalements est significativement différente de celle des lieux témoins. Il y a donc une tendance dans le comportement, vis-à-vis de la météorologie, qui diffère, au moins pour certains paramètres, de la météorologie témoin, standard ! Ne serait-il pas alors possible d’utiliser cette collecte de signalements, issue d’une participation citoyenne, associée à des données météorologiques pour identifier un signal d’alerte exprimant l’entrée dans une saison de risques élevés de piqûres, ou sa sortie ? Serait-il possible d’utiliser, pour un ou plusieurs de ces paramètres, un des indicateurs (1er décile, 1er quartile, médiane, moyenne, 3ème quartile ou 9ème décile) comme seuil en deçà ou au-delà duquel la situation mérite un porté à connaissance du public par un système d’information par affichages, messages, tweets… ? Pour l’établir, nous allons analyser les 10 paramètres pour lesquels nous avons calculé et présenté les résultats.

Quelle est la particularité des températures (variable *temperature*, moyenne des températures sur 24h, de minuit à minuit) associées aux signalement par rapport aux températures témoins ? Comme tracés sur la figure n°6.1, les signalements (Reporting) se produisent pour des températures nettement plus chaudes que pour les températures témoins (Random). Pour la température quotidienne moyenne, l’écart est de presque 6°C en faveur du signalement (cf. Tab. n°3). La température moyenne des signalements est de 17.6 °C (intervalle de confiance, IC, à 95 p.100 de [16.3 °C ; 18.9 °C]) alors qu’elle n’est que de 11.7 °C (IC à 95 p.100 de [9.8 °C ; 13.4 °C]) pour les températures témoins moyennes pour les mêmes périodes (cf. Tab. n°3). Les citoyens signaleurs se rendent donc sur les lieux où les tiques sont à l’affut par des températures beaucoup plus élevées que les températures des lieux témoins répartis sur toute la métropole.

Pour le premier décile, l’écart est encore plus significatif avec une différence de 8.2°C. La température moyenne au 1er décile des signalements est de 11.5 °C (IC à 95 p.100 de [8.7 °C ; 14 °C]) alors qu’elle n’est que de 3.3 °C (IC à 95 p.100 de [0.9 °C ; 5.8 °C]) pour les températures témoins moyennes au 1er décile pour les mêmes périodes (cf. Tab. n°3). Du fait de l’amplitude et de l’asymétrie des données témoin (Random), il y a un rattrapage dans les hautes valeurs de températures de la courbe témoin sur la courbe des signalements. Les intervalles de confiance des températures moyennes du 9ème décile, entre les témoins et les signalements, ne sont plus significativement différentes, elles se chevauchent (IC à 95 p.100 de [21.3 °C ; 24.8 °C] pour les signalements et [17.8 °C ; 23.6 °C] pour les témoins). C’est donc le 1er décile qui pourrait servir de seuil d’alerte. Lorsque l’on atteint 11.5 °C (IC à 95 p.100 de [8.7 °C ; 14 °C]), 10 p.100 des signalements de la période ont été enregistrés, soit environ 1 400 enregistrements de signalements.

Qu’en serait-il si l’on attendait le 1er quartile comme seuil d’alerte ? Cela reviendrait à cumuler 3,3°C de plus, à 14.8°C (IC à 95 p.100 de [12.8 °C ; 16.7 °C]), pour que 25 p.100 des signalements soient cumulés sur la période ! N’oublions pas que les tiques sont considérées comme actives sur des températures beaucoup plus basses, à partir de 5°C pour Campbell (Campbell, 1948), comme cela a été indiqué au chapitre 2. Un porté à connaissance du public dès le 1er décile, à 11.5°C, permettrait sans doute, dans les zones réputées infestées, de réduire les 90 p.100 de signalements auquel il faut se préparer si l’on ne fait rien avec des températures plus favorables aux loisirs et autres activités en extérieur.

Que nous apporte, dès lors, une analyse des températures diurnes maximales (temperaturehigh, TH, température la plus élevée en degrés Celsius durant le jour[[5]](#footnote-5)) par rapport aux températures moyennes calculée dans le paragraphe précédent ? Sans doute une vision plus proche de la réalité du comportement humain s’exposant à l’aléa tiques, la très grande majorité des signalements ayant eu lieu le jour d’après l’exploitation des motifs contenus dans les enregistrements. Quels sont alors les enseignements tirés de l’étude des TH associées aux signalement par rapport aux TH témoins ? Comme tracés sur la figure n°6.2, les signalements (Reporting) se produisent pour des TH nettement plus chaudes que pour les TH témoins (Random). Pour la TH quotidienne moyenne, l’écart est de 6.7°C en faveur du signalement (cf. Tab. n°3). La TH moyenne des signalements est de 23.1 °C (intervalle de confiance, IC, à 95 p.100 de [21.6 °C ; 24.7 °C]) alors qu’elle n’est que de 16.4 °C (IC à 95 p.100 de [14.2 °C ; 18.7 °C]) pour les TH témoins moyennes pour les mêmes périodes (cf. Tab. n°3). Comme cela avait été constaté avec les températures sur 24h, les citoyens signaleurs se rendent donc sur les lieux où les tiques sont à l’affut par des TH beaucoup plus élevées que les TH des lieux témoins répartis sur toute la métropole.

Que nous apporte l’analyse du premier décile des TH par rapport à celui des températures calculées sur 24h ? L’écart est encore plus significatif avec une différence de 9.5°C. La TH moyenne au 1er décile des signalements est de 19.9 °C (IC à 95 p.100 de [17.6 °C ; 21.8 °C]) alors qu’elle n’est que de 10.4 °C (IC à 95 p.100 de [8 °C ; 13 °C]) pour les TH témoins moyennes au 1er décile pour les mêmes périodes (cf. Tab. n°3). Si ces paramètres sont, comme nous le conseillons, utilisés comme signal d’alerte pour les autorités locales pour déclencher des campagnes d’informations auprès du public, il n’y en a pas une plus pertinente que l’autre. Leur intérêt est fonction des données météorologiques consultées par les édiles. Pour un bulletin avec les données diurnes, les TH seront privilégiées, sinon ce seront les températures moyenne quotidiennes qui serviront d’alerte !

On aurait pu penser que pour les températures moyennes et les TH un gradient longitudinal se manifesterait, il n’en est rien à l’échelle de l’Île-de-France et de l’Alsace-Lorraine. En prenant comme référence le 1er décile de ces deux paramètres pour ces deux ensembles régionaux, il n’existe pas de différences significatives. La température moyenne au 1er décile des signalements en Île-de-France est de 12.2 °C (IC à 95 p.100 de [9.7 °C ; 15.1 °C]) alors qu’elle n’est que de 11.4 °C (IC à 95 p.100 de [8 .3 °C ; 14 °C]) pour l’Alsace-Lorraine. Les IC se chevauchent nettement. De même, la TH moyenne au 1er décile des signalements en Île-de-France est de 16.6 °C (IC à 95 p.100 de [14.1 °C ; 19.8 °C]) alors qu’elle est de 16.1 °C (IC à 95 p.100 de [12.9 °C ; 19.3 °C]) pour les TH témoins moyennes d’Alsace-Lorraine (cf. Tab. n°5 et 6). Là non plus, la différence n’est pas significative. Retenir comme seuil d’alerte la température du premier décile France entière devrait être suffisante pour déclencher le porter à connaissance et tenter de freiner les contacts tiques-humains.

Cette significativité de l’écart entre TH associés aux signalements et TH témoin, en faveur des signalements, confirme, s’il le fallait, aux même comportement particulier qui associe signalement et températures En raison de notre objectif de « porté à connaissance » d’une reprise activité des tiques, l’analyse du 9ème décile des TH ne s’avère pas utile pour cette variable.

Il y a peu de chance que dans un avenir immédiat, malgré le réchauffement climatique, soit

Changement climatique et Ixodes ricinus [Cat thèse p.43-50 *(Cat 2017)*]

Ce sont ici les :

* 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 températures *(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)
* Biais du niveau de motivation

# Conclusion

Biais du niveau de motivation

# Bibliographie

Lees, A. D., et A. Milne. « The Seasonal and Diurnal Activities of Individual Sheep Ticks (Ixodes Ricinus L.) ». *Parasitology* 41, no 3‑4 (décembre 1951): 189‑208. <https://doi.org/10.1017/S0031182000084031>.

1. <https://blog.darksky.net/> (consulté le 09/03/2021) [↑](#footnote-ref-1)
2. <https://www.citique.fr/signalement-tique/> (consulté le 09/03/2021) [↑](#footnote-ref-2)
3. <https://donneespubliques.meteofrance.fr/?fond=produit&id_produit=90&id_rubrique=32> (consulté le 17/03/2021) [↑](#footnote-ref-3)
4. <https://darksky.net/attribution> (consulté le 17/03/2021) [↑](#footnote-ref-4)
5. https://darksky.net/dev/docs (consulté le 15/04/2020) [↑](#footnote-ref-5)