



# Comment le pathosystème tiques-ongulés-rongeurs pourrait être impacté par le changement climatique ?

Pr. Karine CHALVET-MONFRAY  
UMR EPIA INRA/VetAgro Sup





Le retour des beaux jours vous donne des envies de nature Attention aux tiques !

Actualités service-public.fr • il y a 4 jours

Saison des tiques : gare aux piqûres

LaDepeche.fr • il y a 2 jours



Attention, la saison des tiques est en hausse

Le HuffPost • il y a 13 jours

...e dans votre jardin

Comment se protéger des piqûres de tiques

22/05/2018

Ouest-France • il y a 7 jours

**Les maladies transmises par les tiques sont en hausse. Le changement climatique est-il responsable ?**

...es statistiques



...aison d'alimenter une angoisse autour de Lyme »



# **Les maladies transmises par les tiques sont en hausse. Le changement climatique est-il responsable ?**

Les cas de maladies transmises par les tiques sont-elles vraiment en hausse ?

Plus connues et plus recherchés : donc plus de cas diagnostiqués chaque année.

Autres phénomènes ? Difficile à dire en France ont manque de longues séries de données comparables

La responsabilité du climat ?

Et si oui le climat avait-il des complices avec lui aussi responsables ?

# Prenons l'exemple de la maladie de Lyme...

- **Maladie de Lyme**: identifiée en 1975 - épidémie d'arthrite dans le Connecticut à **Lyme** (USA) => environ 1 milliard \$ / an aux USA pour frais médicaux  
Estimation 35000 cas annuels en France (Pb de diagnostic)



1909: description de l'*erythema-migrans* par un médecin Suédois Afzelius

1922: description du premier cas de Lyme neurologique par deux médecins Français Garin and Bujadoux



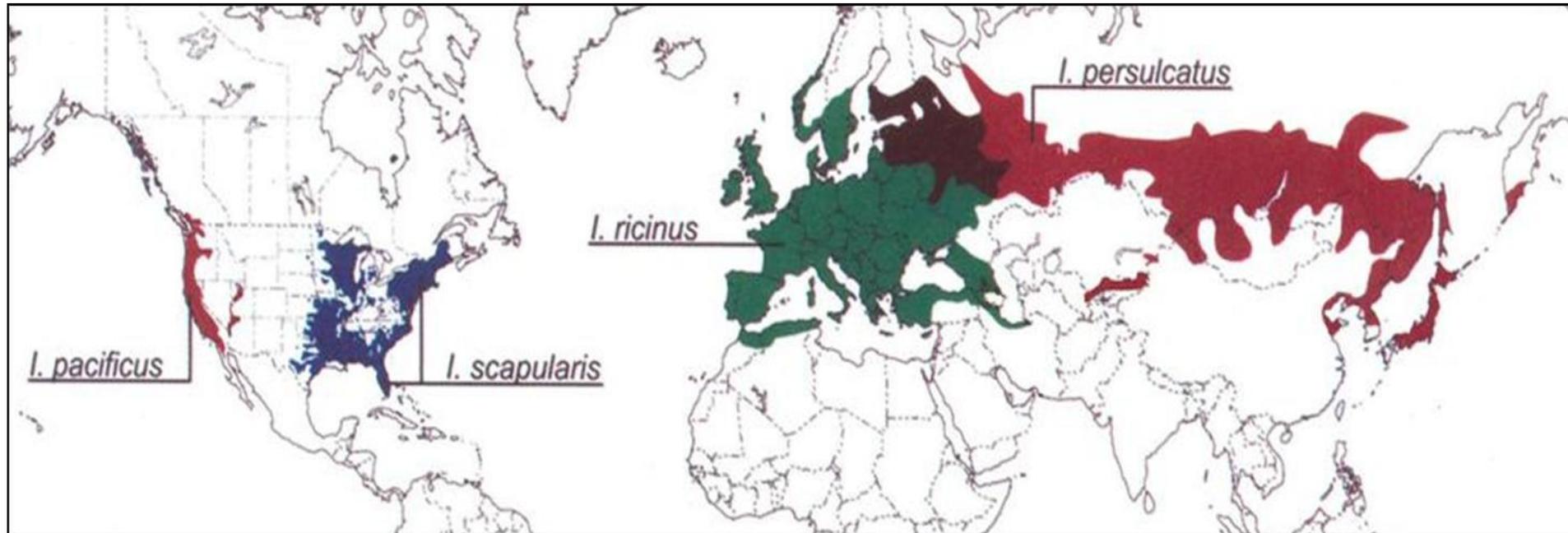
- *Borrelia burgdorferi* au sens large isolée par Willy Burgdorfer en 1982 = agent pathogène

- La tique *Ixodes* = vecteur de la maladie

# Le vecteur change selon la zone géographique



*Ixodes ricinus*

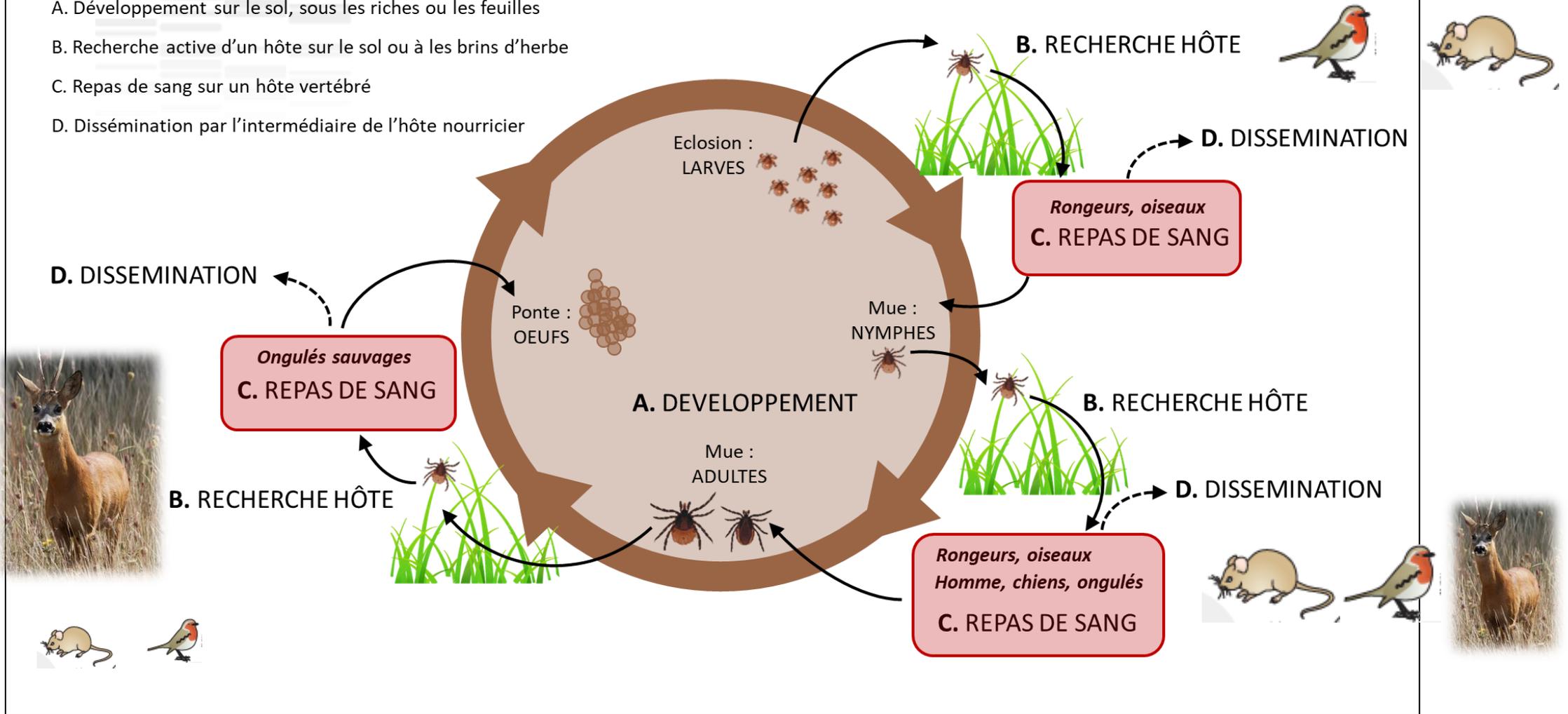


(Goodman et al 2005)

# Le cycle de vie d'*Ixodes ricinus*

Le cycle de vie de *Ixodes ricinus*

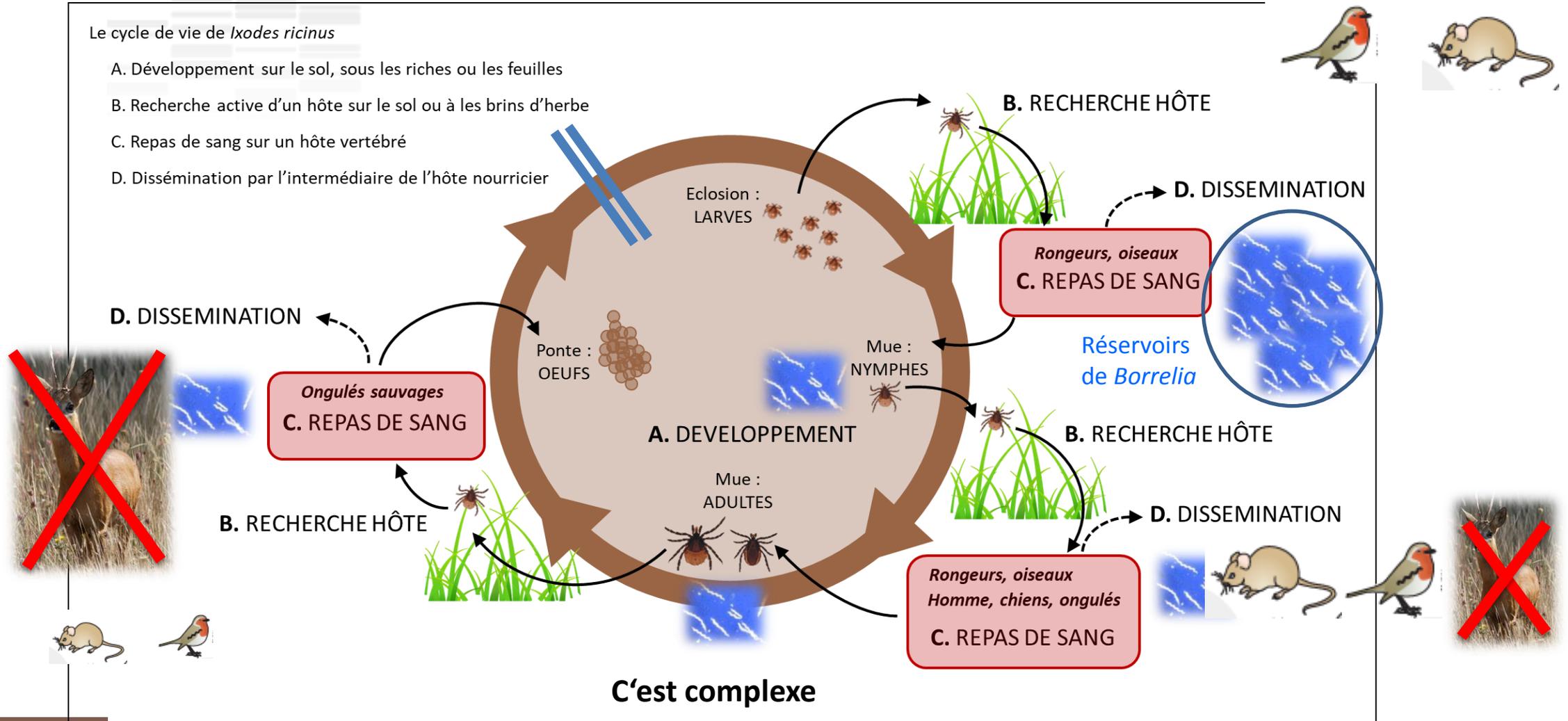
- A. Développement sur le sol, sous les riches ou les feuilles
- B. Recherche active d'un hôte sur le sol ou à les brins d'herbe
- C. Repas de sang sur un hôte vertébré
- D. Dissémination par l'intermédiaire de l'hôte nourricier



# Et ajoutons maintenant le pathogène

Le cycle de vie de *Ixodes ricinus*

- A. Développement sur le sol, sous les riches ou les feuilles
- B. Recherche active d'un hôte sur le sol ou à les brins d'herbe
- C. Repas de sang sur un hôte vertébré
- D. Dissémination par l'intermédiaire de l'hôte nourricier



# Les tiques (*Ixodes ricinus*) ont besoin

d'humidité pour  
survivre dans  
l'environnement

Milieus boisés, haies,  
buissons



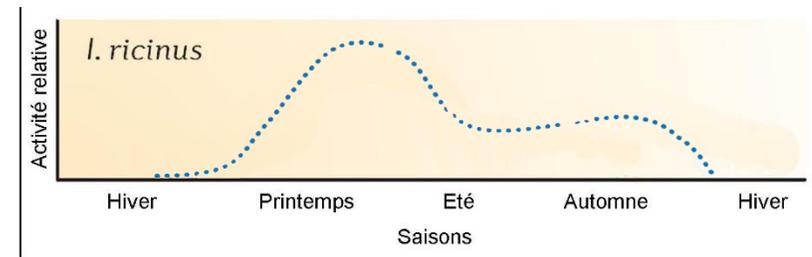
D'hôtes vertébrés  
pour se nourrir et se  
reproduire

Chevreuil



de la chaleur (mais pas trop)  
pour rechercher des hôtes

Actives surtout au printemps/automne



## Zones favorables

= toutes régions de France (sauf Climat méditerranéen), **zones boisées** et **zones herbeuses associées à ces zones herbeuses** avec faune domestique ou sauvage

## Périodes favorables

= Périodes à risque +++ : **avril, mai, Juin** au niveau national

# Est-ce que cette situation est stable ?

d'humidité pour  
survivre dans  
l'environnement

D'hôtes vertébrés  
pour se nourrir et se  
reproduire

Milieus boisés, haies,  
buissons

Chevreuil

Augmentation ++ des  
zones boisées depuis  
1900



© INRA



Nicolas Cèbe ©

Augmentation +++ des  
ongulés sauvages  
(chevreuils, sanglier...)  
depuis les années 1970

## Zones favorables

= toutes régions de France (sauf Climat méditerranéen), **zones boisées**  
**zones herbeuses associées à ces zones herbeuses** avec faune  
domestique ou sauvage

**Délicat à définir**

# Influence du changement climatique sur la distribution des *I. ricinus*

## Des tiques *I. ricinus* plus au nord

Répartition des tiques en Suède

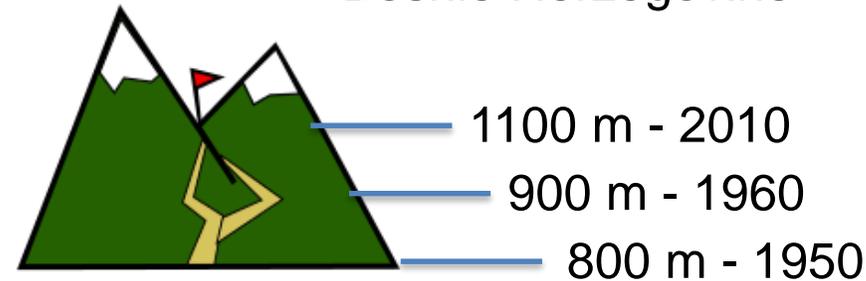


(Jaenson et al 2012)

**Aussi au Canada avec  
*Ixodes scapularis***

## Plus haut en altitude

Limite altitudinale des tiques en  
Bosnie Herzégovine



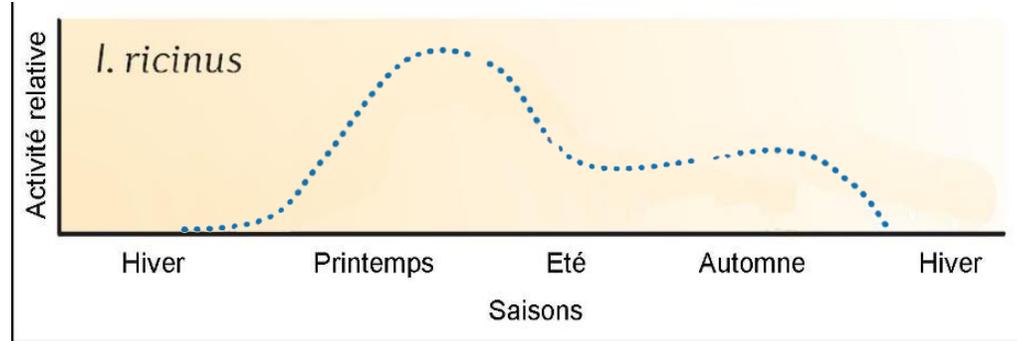
(Omeragic 2011)

**On a un observatoire dans le Piémont  
pyrénéen *Ixodes ricinus* jusqu'à 1600m**

Pour l'extension de la zone défavorable,  
beaucoup plus délicat à étudier

# Est-ce que cette situation est stable ?

Actives surtout au printemps/automne



Périodes favorables

**Est-ce que cette situation est vérifiée sur le terrain ?**

⇒ **Phénologie** (sensible au CC)

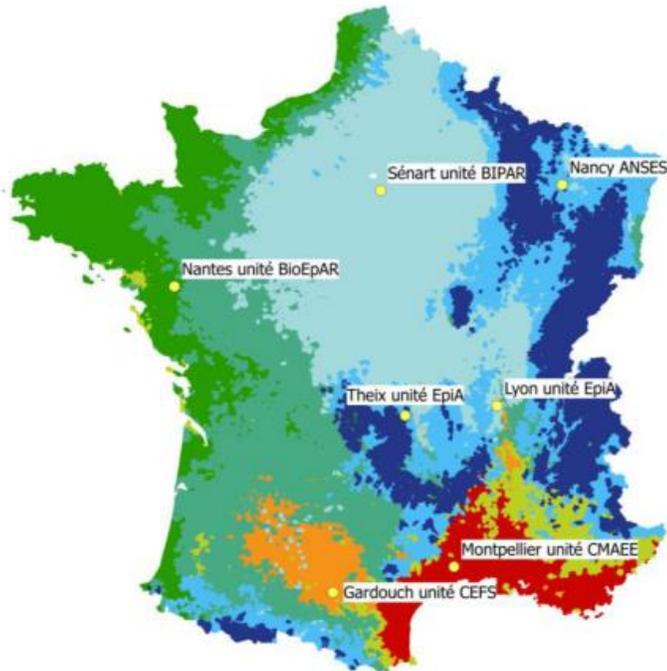
⇒ **Réseau d'observatoire**

# Observatoire Tiques (Soere Tempo + Accaf)

Réseaux de **7 observatoires** avec une collecte mensuelle standardisée tiques actives

## 1. Collecte : Méthode du drapeau

## 2. Identification

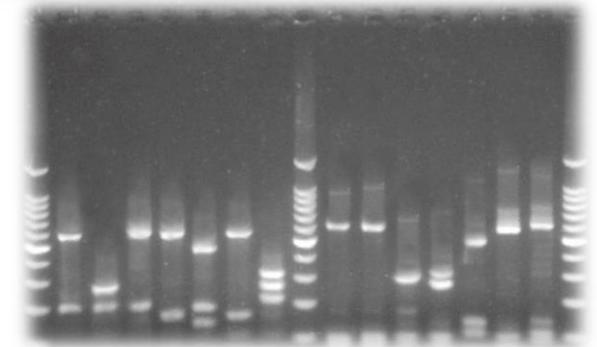


### Types de climats

- Climats de montagne
- Semi-continentale et des marges montagnardes
- Océanique dégradé
- Océanique altéré
- Océanique franc
- Méditerranéen altéré
- Climat du bassin du Sud-Ouest
- Méditerranéen franc

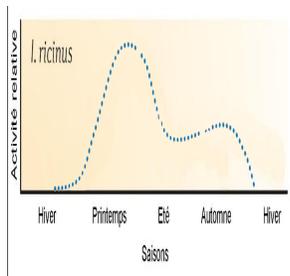
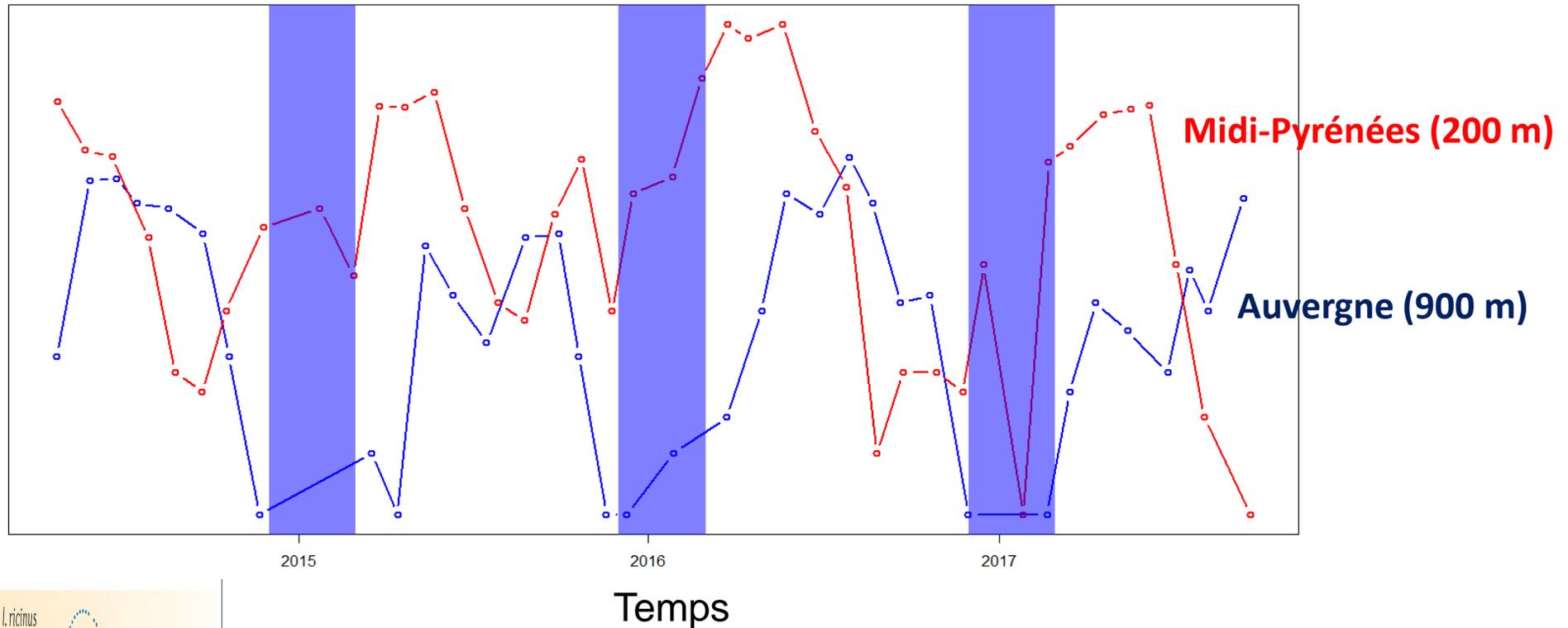


## 3. Détection ADN des agents pathogènes



# Observatoire Tiques (Soere Tempo + Accaf)

Nb d'*Ixodes ricinus* actives



Différent du profil attendu. Différent selon le climat. Variation interannuelles.  
**Activité hivernale – Chute en fin d'été et début d'automne en lien avec les hivers doux**  
– Pic printanier pas synchrone entre les zones

# Modèle statistique d'activité de tique en fonction de variables météorologiques

$$\log(\mu_{i,j}) = \beta_1 * X_{1,i,j} + \beta_2 * X_{2,i,j} + \dots + \beta_k * X_{k,i,j}$$

Abiotic covariate $X$	Type of aggregation	Time interval	No of daily values
Daily minimal relative humidity (%), $H$	Average	Day-7 to day-1	7
Rainfall (mm), $R$	Sum	Day-28 to day-1	28
Variation in daylight duration, $\Delta_{DD}$	Average	Day-28 to day-7	21
Mean temperature (°C), $T$	Average	Day-7 to day-1	7

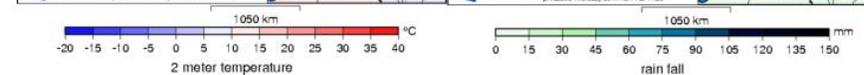
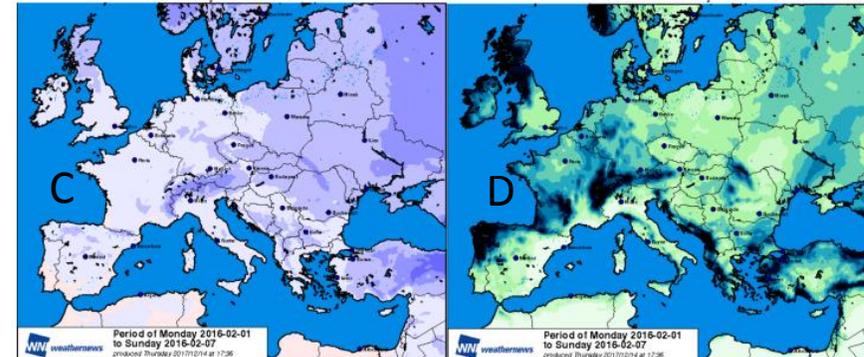
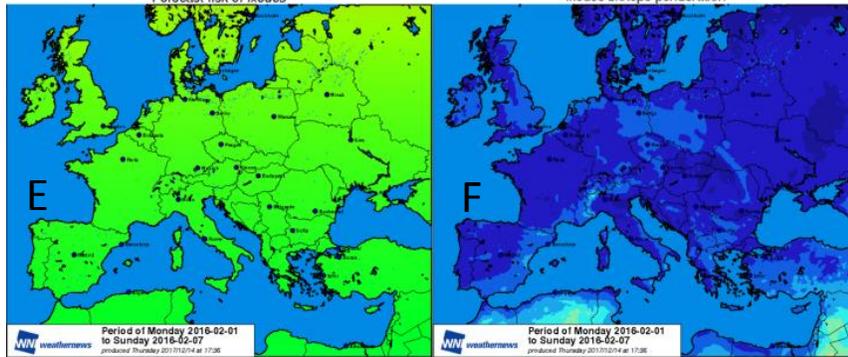
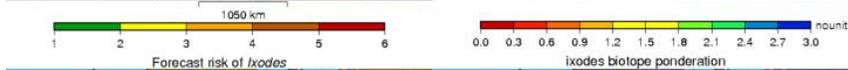
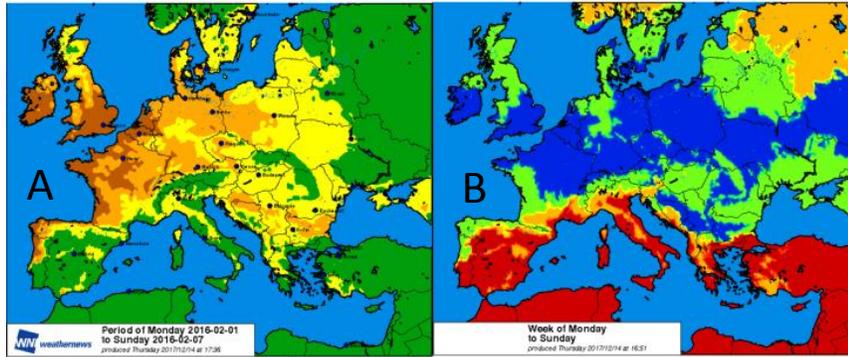
  

Model	AIC	$\Delta$ AIC	RMSE
$T^2 + T + H^2 + R + \Delta_{DD} + \text{site}$	1051	0	0.897

Figure 13. Reduced model

Variable $X$	Estimate	Standard error	T value	Pr (> z )	Coefficients for simulations
$T^2$	-2.67	0.427	-6.25	$4 \times 10^{-10}***$	-0.0205
$T$	3.89	0.504	7.73	$1 \times 10^{-14}***$	0.675
$H^2$	-0.428	0.146	-2.94	$3 \times 10^{-3}**$	-0.000368
$R$	0.202	0.102	1.98	0.048*	0.00619
$\Delta_{DD}$	1.12	0.115	9.71	$2 \times 10^{-16}***$	22.1
Reference nymph abundance level	2.21	0.402	5.50	$3.7 \times 10^{-8}***$	-1.35

# Carte d'activité de tique en fonction de la météorologie



- A- Risque *Ixodes ricinus*
- B- Biotope
- C- Température
- D- Précipitation
- E- Durée du jour
- F- Humidité

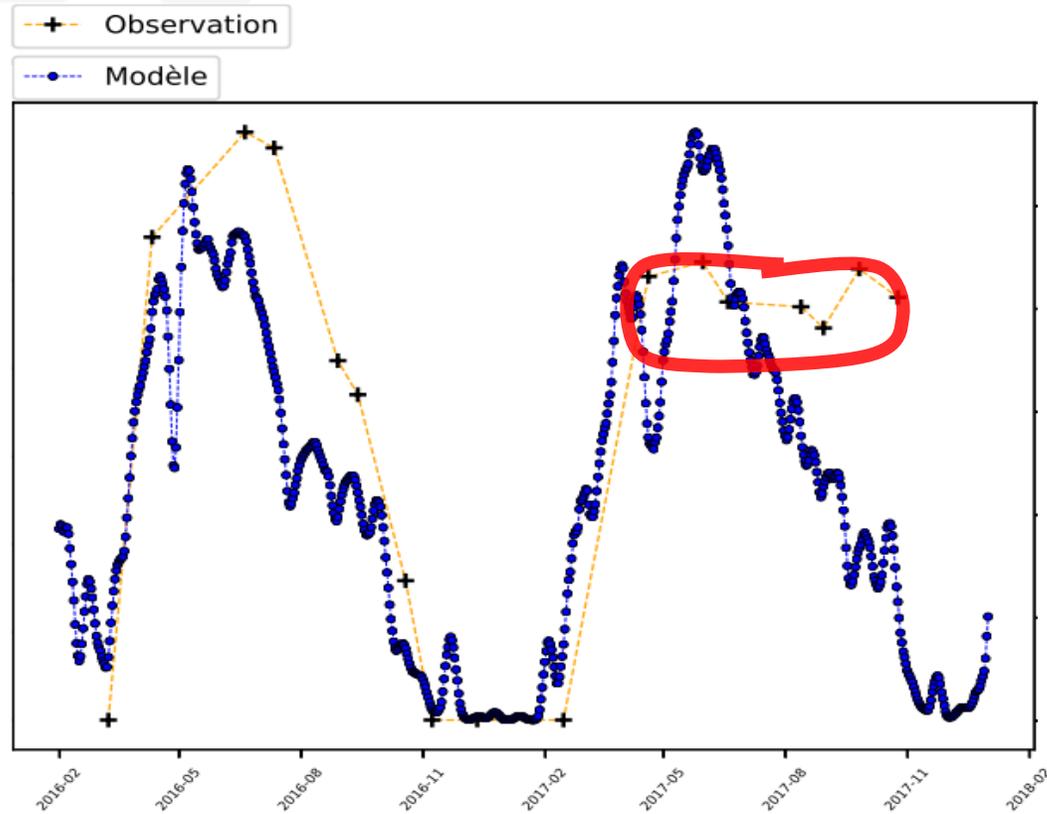
# Validation externe du modèle statistique

id_site	Correlation de Spearman	p-value
Lyon	0.94285714	0.00480466
Theix	0.20380636	0.43268979
Senart	0.82142857	0.02344881
Nantes	0.55107636	0.00642278
Gardouch	0.74586466	0.0001597
Nancy	0.82738934	4.16E-05
Lyon2	0.6443571	0.06103296

**Montagne!**

Données d'observation de 2016 et 2017

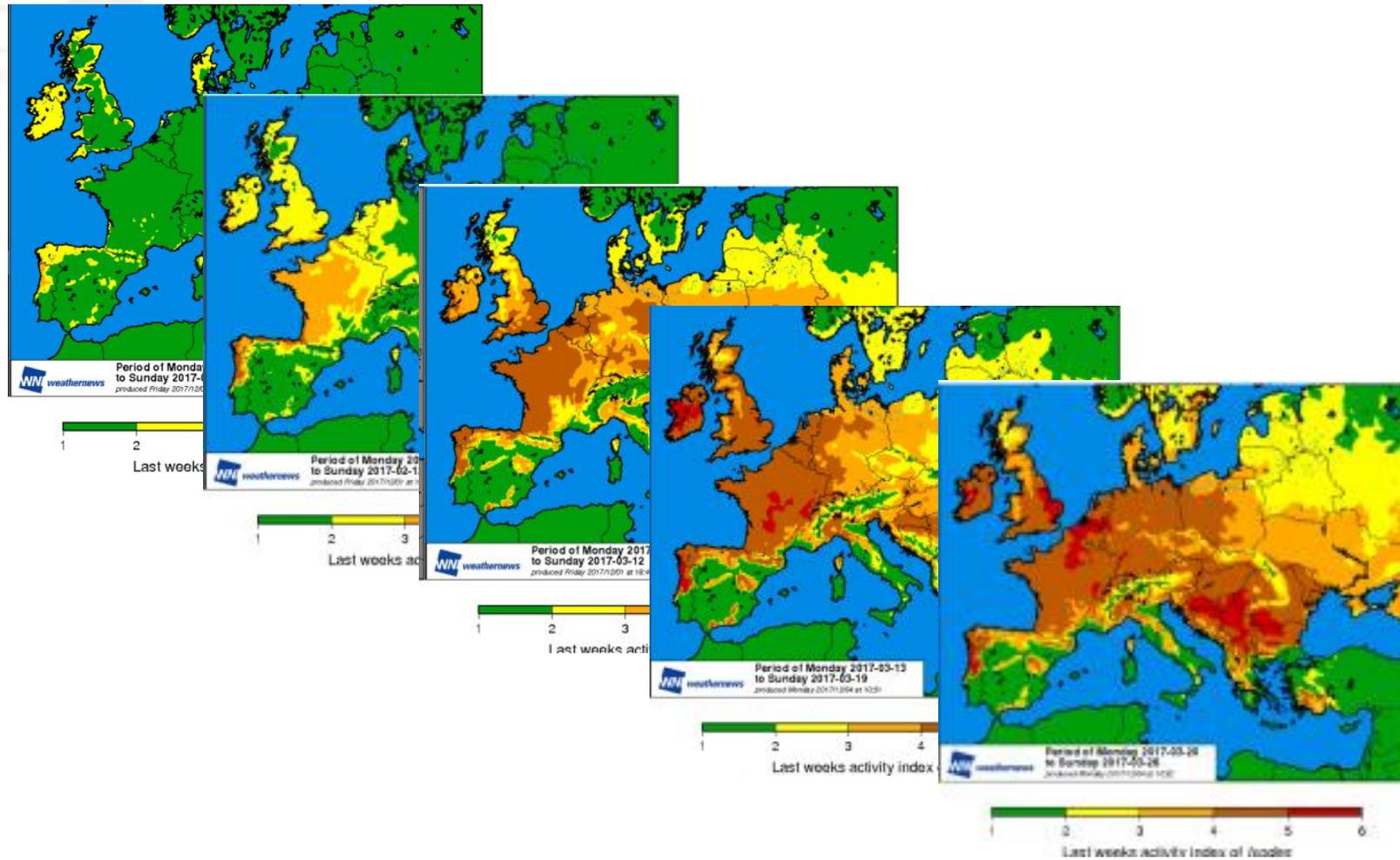
# Validation externe du modèle statistique



**Pas parfait !**

**On peut encore améliorer**

# Carte pour 2017 (pas encore en ligne)



# Autres exemples de maladies transmises par les tiques

- **Par *Ixodes ricinus***



Des virus : Encéphalite à Tique (Europe centrale et du nord, en France Alsace et Savoies) associé au climat continental avec printemps court)



Autres bactéries que *Borrelia* ex. *Anaplasmoses* au USA en rapide augmentation (confusion avec la maladie de Lyme)

Des parasites : babésioses bovines dans la région occitane

- **Par *Hyalomma marginatum* qui vient de s'installer dans le sud de la France (Occitanie)**



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Ticks and Tick-borne Diseases

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/tbdis](http://www.elsevier.com/locate/tbdis)



Short communication

Strong evidence for the presence of the tick *Hyalomma marginatum* Koch, 1844 in southern continental France

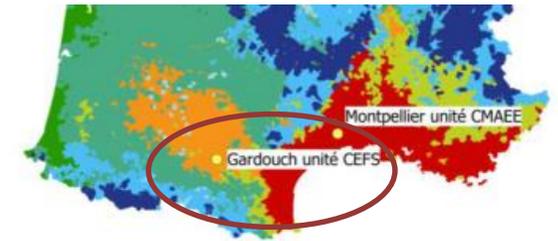


Ex. Virus de la Fièvre Hémorragique Crimée Congo ( 1 cas en Espagne en 2016 -> 2 morts)

# Conclusion

**Maladies transmises par les tiques complexes à plus d'un titre (biologie avec plusieurs acteurs, diagnostic, effet conjugué de plusieurs facteurs homme, faune, météo-climat)**

**Projet Climatick (INRA ACCAF) commencé au 1<sup>er</sup> mai 2018  
focus en particulier en Occitanie gradient entre climat méditerranéen et climat bassin du Sud-Ouest**



**Adaptation dès aujourd'hui par une meilleure information.**



**Merci de votre attention !**

## Borrelia & ses réservoirs

Principales espèces pathogènes pour l'homme en Europe

- *B. afzelii*
- *B. bavariensis*



- *B. garinii*
- *B. valaisiana*



- *B. burgdorferi*



- *B. spielmanii*

