



HAL
open science

Projet Cartotique: Cartographie des conditions favorables à la tique *Ixodes ricinus* en France.

Isabelle Lebert, Severine Bord, Christine Saint-Andrieux, Eva Cassar, Patrick Gasqui, Frédéric Beugnet, Karine Chalvet-Monfray, Sophie Vanwambeke, Gwenaël Vourc'h, Magalie René-Martellet

► To cite this version:

Isabelle Lebert, Severine Bord, Christine Saint-Andrieux, Eva Cassar, Patrick Gasqui, et al.. Projet Cartotique: Cartographie des conditions favorables à la tique *Ixodes ricinus* en France.. Groupe de travail TBE, ANSES, 2022, En ligne, France. hal-03974853

HAL Id: hal-03974853

<https://hal.inrae.fr/hal-03974853v1>

Submitted on 6 Feb 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License



➤ Projet Cartotique

Cartographie des conditions favorables à la tique *Ixodes ricinus* en France

Isabelle Lebert, Séverine Bord, Christine Saint-Andrieux, Eva Cassar,
Patrick Gasqui, Frédéric Beugnet, Karine Chalvet-Monfray, Sophie
Vanwambeke, Gwenaël Vourc'h, Magalie René-Martellet

Magalie René-Martellet

UMR Epidémiologie des maladies animales et zoonotiques

magalie.renemartellet@vetagro-sup.fr

Isabelle Lebert

isabelle.lebert@inrae.fr

Habitat suitability map of *Ixodes ricinus* tick in France using multi-criteria analysis

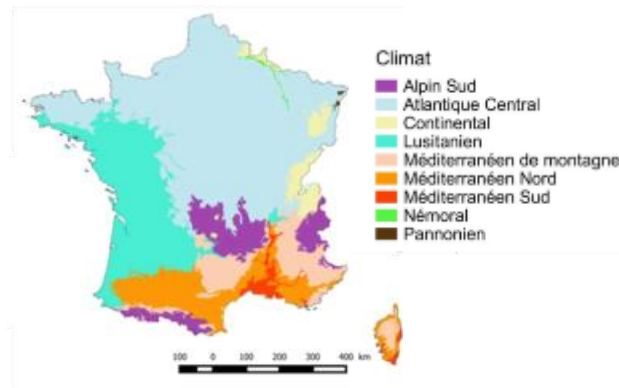
Isabelle Lebert,^{1,2} Séverine Bord^{1,3} Christine Saint-Andrieux,⁴ Eva Cassar,^{1,2} Patrick Gasqui,^{1,2} Frédéric Beugnet,⁵ Karine Chalvet-Monfray,^{1,2} Sophie O. Vanwambeke,⁶ Gwenaël Vourc'h,^{1,2} Magalie René-Martellet^{1,2}

¹University of Clermont Auvergne, National Research Institute for Agriculture, Food, and the Environment, VetAgro Sup, UMR EPIA, Saint-Genès Champanelle, France; ²University of Lyon, National Research Institute for Agriculture, Food, and the Environment, VetAgro Sup, UMR EPIA, Marcy l'Etoile, France; ³University of Paris-Saclay, National Research Institute for Agriculture, Food, and the Environment, AgroParisTech, UMR MIA-Paris, Paris, France; ⁴French Biodiversity Office, Gerstheim, France; ⁵Boehringer Ingelheim, Lyon, France; ⁶Georges Lemaître Centre for Earth and Climate research, Earth & Life Institute, UCLouvain, Louvain-la-Neuve, Belgium

➤ Contexte

Vecteur : *Ixodes ricinus*

- Tique ubiquiste, exophile
- Climats tempérés, humides
- Forêt de feuillus et mixte
- Cycle triphasique
- Vecteur de nombreux agents pathogènes *Borrelia burgdorferi* sI, TBE, *Anaplasma*, *Babesia* spp...



➤ Risque d'exposition aux piqûres de tiques

Danger x **Exposition** = **RISQUE**

Danger dans l'environnement

Abondance de tiques



Milieu favorable (forêts)
Chevreuils



% de tiques infectées



10 % nymphes
15-20 % adultes

Rongeurs
Oiseaux



Exposition

Fréquentation des zones à risque

Activités humaines
- Professionnels
- Loisir, tourisme



X

=

Risque de piqûre de tique, éventuellement infectée



➤ Objectifs

- Développement d'un outil permettant d'identifier les habitats favorables à la tique *I. ricinus* en France

➤ Méthode

MCDA Analyse multicritère d'aide à la décision appliqué aux systèmes d'information géographique

Malczewski, 2000; Pfeiffer *et al.*, 2008; Hongoh *et al.*, 2011

Etapes

- 1) identification des facteurs géoréférencés influençant l'abondance des tiques *I. ricinus*
Attribution de valeurs à chaque niveau des facteurs
- 2) normalisation des couches spatiales pour obtenir une taille et une résolution de pixel égales et une normalisation à une échelle de 0 à 1
- 3) calcul du score HSI (Habitat Suitability Index) en combinant les valeurs HSI des facteurs avec des approches additives et multiplicatives attribuant des poids à chaque facteur dans la méthode additive (Ishizaka et Nemery, 2013)
- 4) cartographier les HSI pour les tiques *I. ricinus* en France métropolitaine et en Corse sur la base des scores HSI de chaque facteur
- 5) validation des scores HSI par comparaison avec les données de terrain sur l'abondance des nymphes d'*I. ricinus*



➤ Méthode

Choix des facteurs du modèle : Revue bibliographique

Données disponibles en France

- ✓ Données zone de climats : European Landscape Classification scheme (LANMAP3) (Mücher *et al.*, 2010) - résolution spatiale 1000-m
- ✓ Données occupation du sol : CORINE Land Cover 2018 (European Environment Agency, CLC2018) - résolution spatiale 100-m
- ✓ Données d'altitude : Modèle numérique de terrain (BD ALTI[®], Version 2,0 <https://geoservices.ign.fr/bdalti>) - résolution 250-m (IGN-F, <http://www.ign.fr/>)
- ✓ Densité d'ongulés sauvages : estimation par Office Français de la Biodiversité (OFB) et Fédération Nationale des Chasseurs (FNC) (Saint-Andrieux and Barboiron, 2014). Données différentes selon animal chassé ou protégé

Deux échelles spatiales pour les sangliers et les chevreuils :

communale et départementale



➤ Méthode

Attribution des indices d'habitats favorables pour chaque facteur

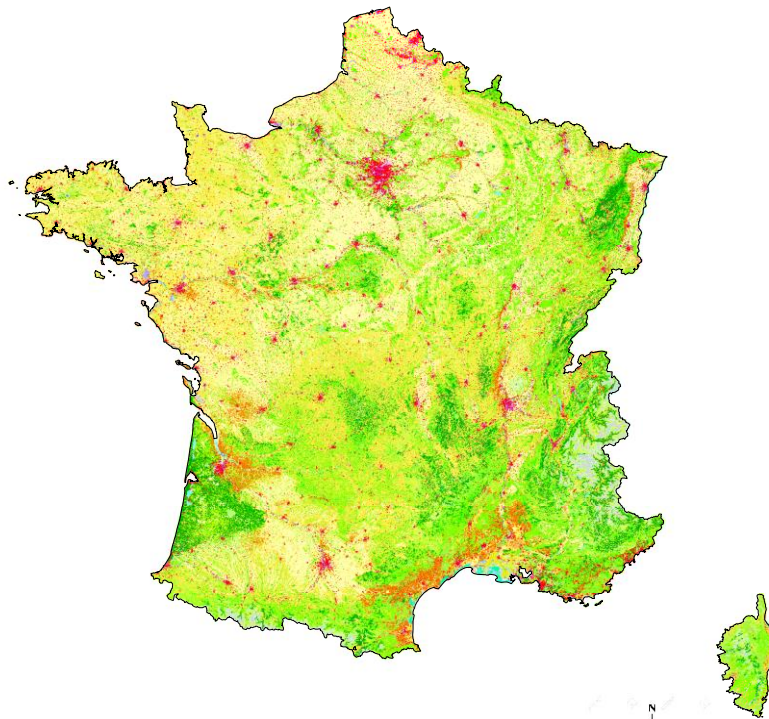


➤ Attribution des indices d'habitats favorables pour l'occupation du sol

| Nomenclature (CLC2018) | <i>HSI_{Land}</i> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Continuous urban fabric (111), industrial or commercial units (121), port areas (123), mineral extraction sites (131), construction sites (133) Rice fields (213), Sclerophyllous vegetation (323), beaches, dunes, sands (331), bare rocks (332), burnt areas (334), glaciers and perpetual snow (335), Salt marshes (421), salines (422), intertidal flats (423), Water courses (511), water bodies (512), coastal lagoons (521), estuaries (522), sea and ocean (523), | 0 |
| Road and rail networks and associated land (122), airports (124), dump sites (132), green urban areas (141), sport and leisure facilities (142), Vineyards (221), olive groves (223), annual crops associated with permanent crops (241), Sparsely vegetated areas (333), | 0,25 |
| Discontinuous urban fabric (112) Non-irrigated arable land (211), permanently irrigated land (212), complex cultivation patterns (242), Coniferous forest (312) Inland marshes (411), peat bogs (412) | 0,5 |
| Fruit trees and berry plantations (222), pastures (231), land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural vegetation (243), Natural grasslands (321), moors and heath land (322), transitional woodland-shrub (324), | 0,75 |
| Agro-forestry areas (244) Broad-leaved forest (311), mixed forest (313) | 1 |

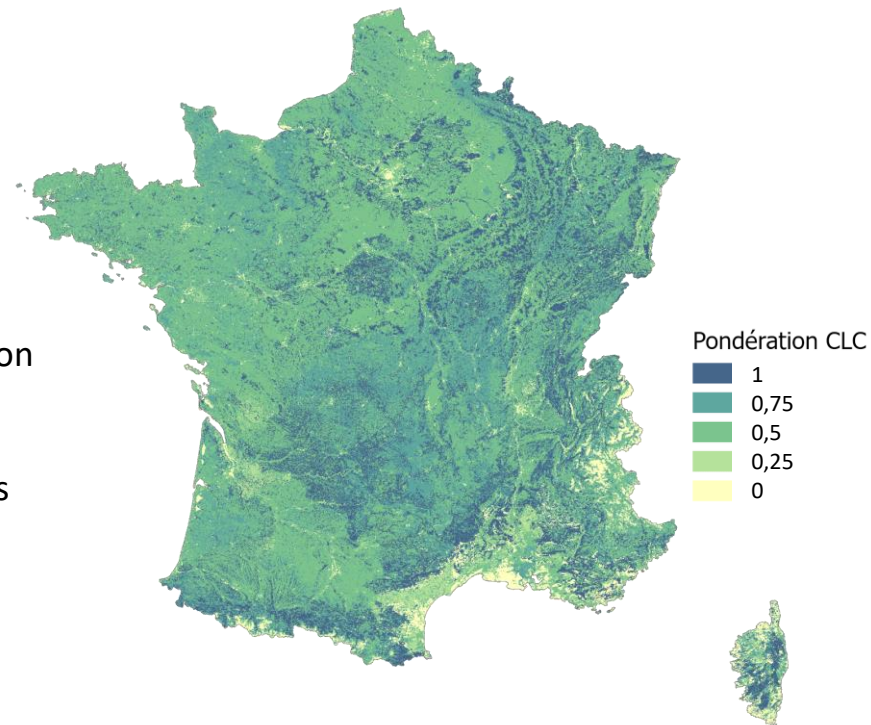
➤ Données occupation du sol

CORINE Land Cover 2018
(European Environment Agency)



© UE-SOeS, Nomenclature Niveau 3
CORINE Land Cover

Attribution
➔
d'indices



**Indices des conditions favorables
(HSI) liés à l'occupation du sol**



INRAE

Projet Cartotique

04/10/2022 M. René-Martellet / I. Lebert

Beugnet F et al. *Geospatial health*, 2009

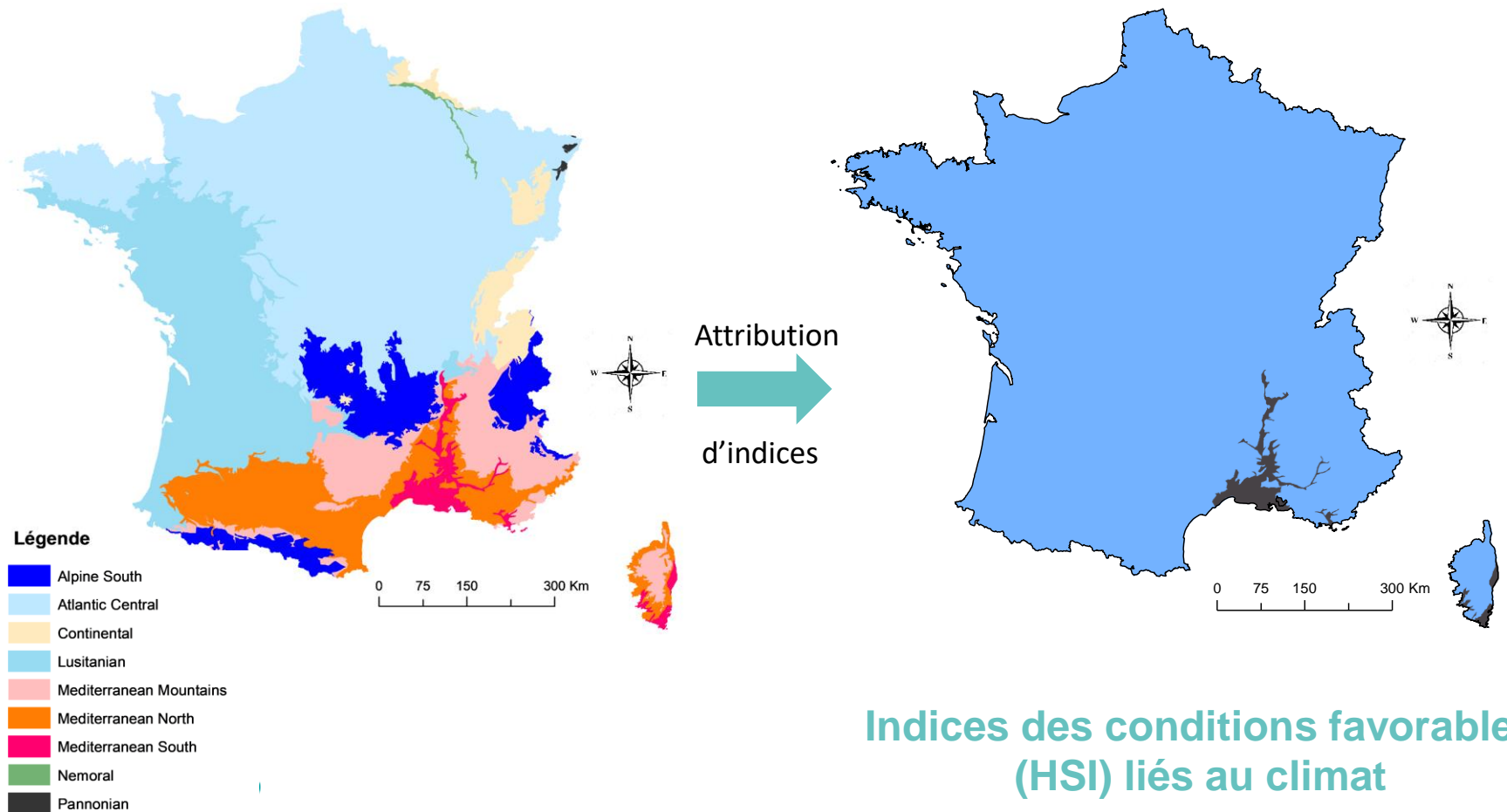
p. 10

➤ Attribution des indices d'habitats favorables selon les types de climats en France

| Climate zone | <i>HSI_{Clim}</i> |
|-------------------------|---------------------------|
| Nemoral | 1 |
| Alpine South | |
| Continental | |
| Atlantic Central | |
| Pannonian | |
| Lusitanian | |
| Mediterranean Mountains | |
| Mediterranean North | |
| Mediterranean South | |

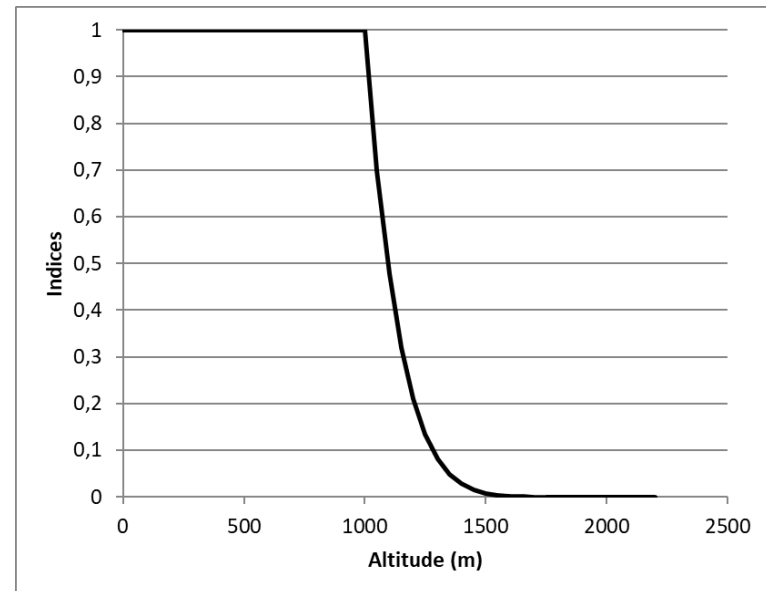
➤ Données climatiques

LANMAP3: European Landscape Classification scheme (Mücher *et al.*, 2010)



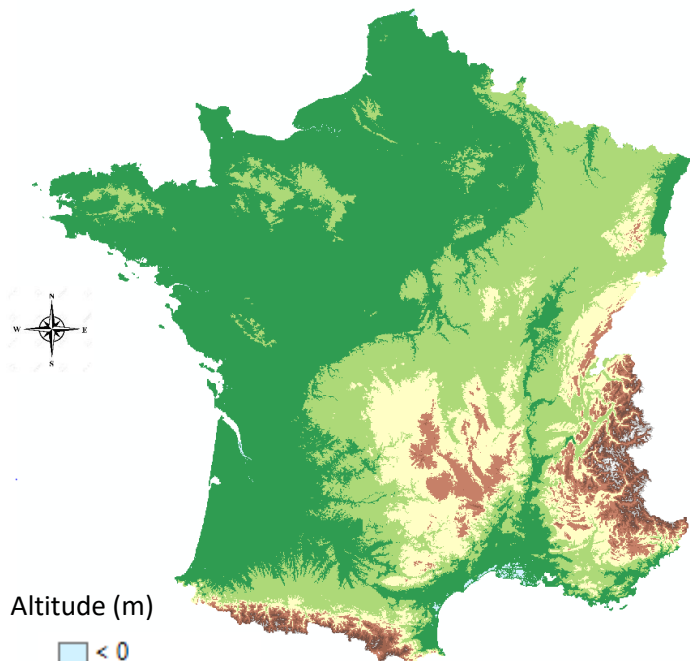
➤ Attribution des indices d'habitats favorables pour l'altitude

| Altitude range | HSI_{Alt} |
|----------------------------------|----------------------------------------|
| $\leq 1\ 000\ m$ | 1 |
| 1 000 – 2 000 m asl ¹ | $[(2000 - ALT) / (2000 - 1000)]^{7^1}$ |
| $> 2\ 000\ m\ asl$ | 0 |



➤ Données altitude

BD ALTI®, Version 2.0 - IGN-F



Altitude (m)

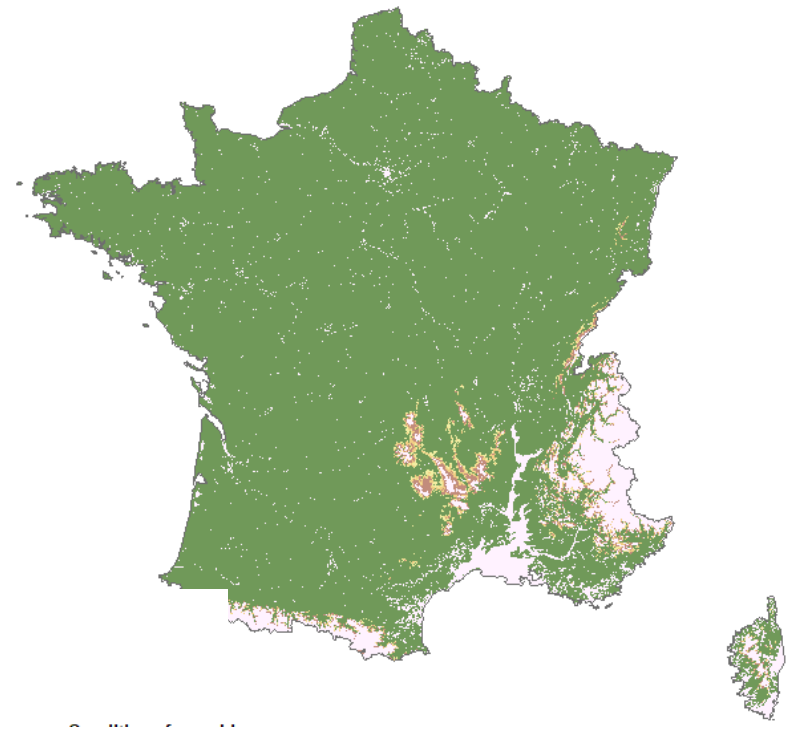
- < 0
- 0 - 200
- 200 - 500
- 500 - 1 000
- 1 000 - 1 500
- 1 500 - 2 000
- 2 000 - 2 500
- 2 500 - 3 000
- > 3 000

RAE

et Cartotique



Attribution
d'indices



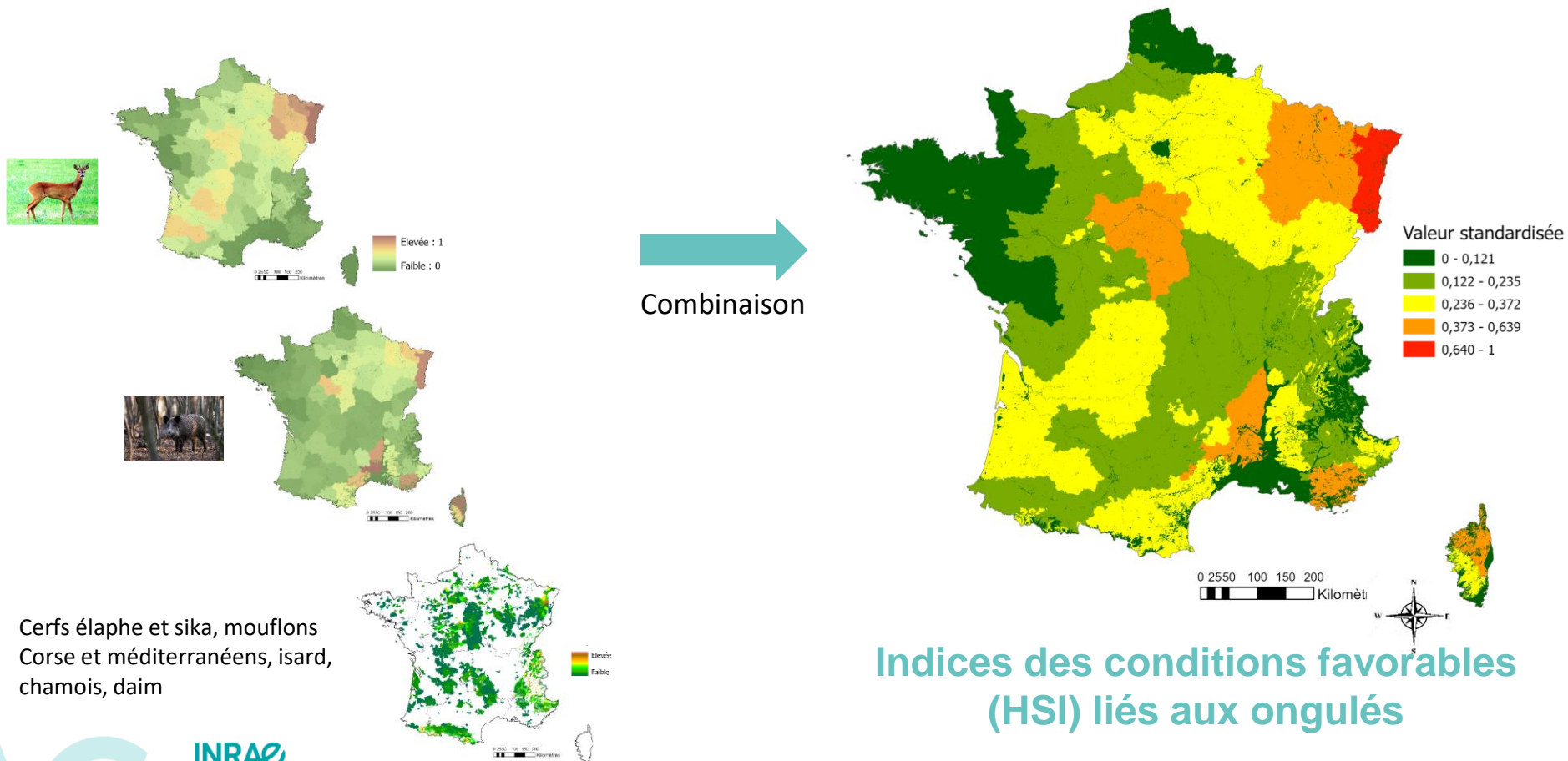
Indices des conditions favorables
(HSI) liés à l'altitude

➤ Attribution des indices d'habitats favorables pour les ongulés sauvages

| Type of ungulate | Year of data collection | Geographical unit (km ²) | Proxy for the animal number |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------|
| Red deer (<i>Cervus elaphus</i>) | 2010 | Distribution area ¹ | Hunting bag ² |
| Sika deer (<i>Cervus Nippon</i>) | 2013 | Spatial domain ³ | Hunting bag |
| Fallow deer (<i>Dama dama</i>) | 2013 | Spatial domain | Hunting bag |
| Alpine ibex (<i>Capra ibex</i>) | 2010 | Distribution area | Estimated minimum number ⁴ |
| Corsican mouflon (<i>Ovis gmelinimusimon</i> var. <i>corsicana</i>) | 2010 | Distribution area | Estimated minimum number |
| Mediterranean mouflon (<i>Ovis gmelinimusimon</i> x <i>Ovis</i> sp) | 2010 | Distribution area | Estimated minimum number |
| Pyrenean chamois (<i>Rupicapra pyrenaica</i>) | 2010 | Distribution area | Estimated minimum number |
| Alpine chamois (<i>Rupicapra rupicapra</i>) | 2010 | Distribution area | Estimated minimum number |
| Wild boar (<i>Sus scrofa</i>) ⁵ | 2010 to 2014 | Department or municipalities ⁶ | Killed animals |
| Roe deer (<i>Capreolus capreolus</i> L.) ⁵ | 2002-2007-2012 | Department or municipalities ⁶ | Hunting bag |

➤ Données ongulés sauvages, échelle départementale

Office Français de la Biodiversité (OFB), Fédération Nationale des Chasseurs (FNC) (Saint-Andrieux and Barboiron, 2014)



Cerfs élaphe et sika, mouflons
Corse et méditerranéens, isard,
chamois, daim

Indices des conditions favorables
(HSI) liés aux ongulés

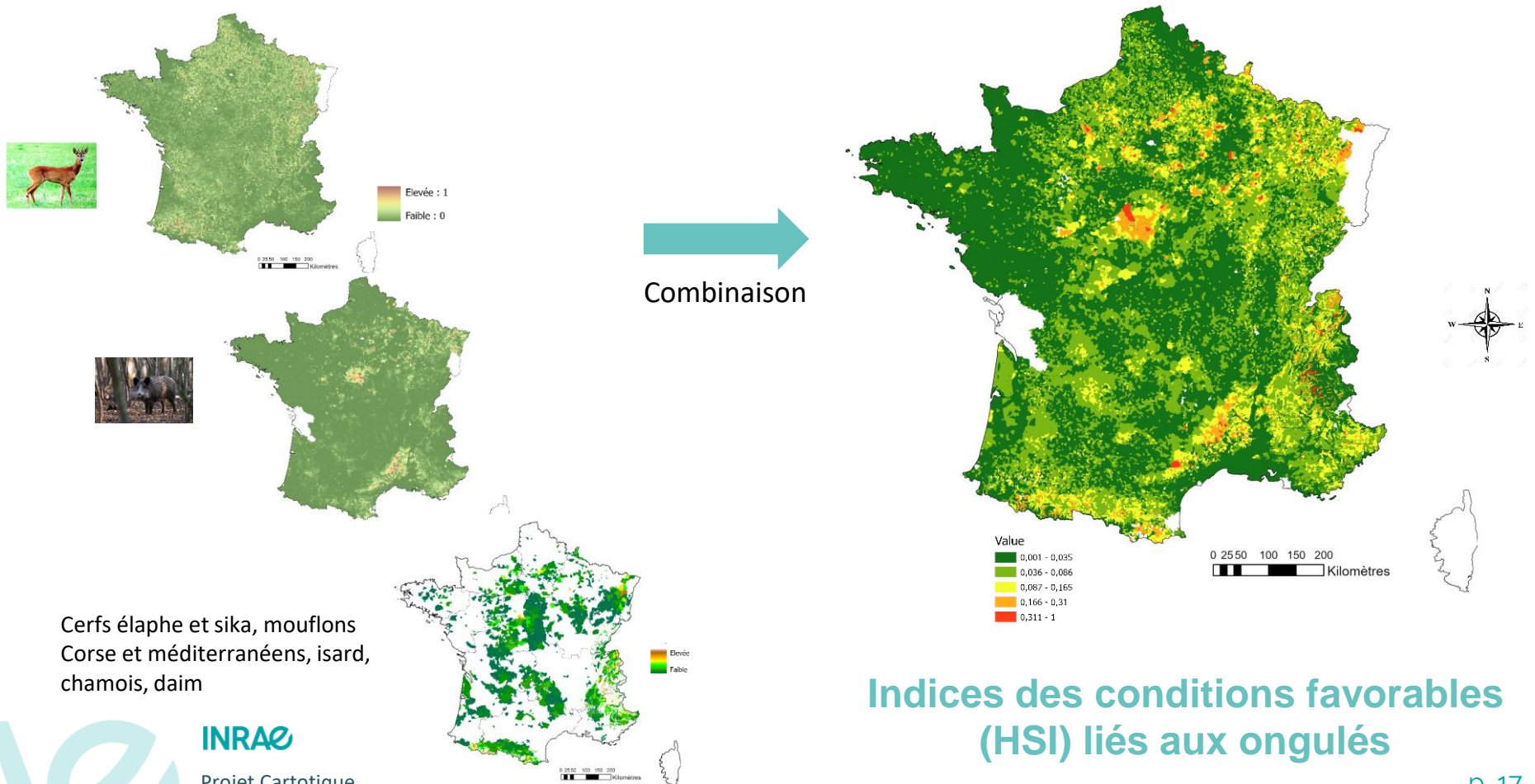
INRAE

Projet Cartotique

04/10/2022 M. René-Martellet / I. Lebert

➤ Données ongulés sauvages, échelle communale

Office Français de la Biodiversité (OFB), Fédération Nationale des Chasseurs (FNC) (Saint-Andrieux and Barboiron, 2014)



Cerfs élaphe et sika, mouflons
Corse et méditerranéens, isard,
chamois, daim

INRAE

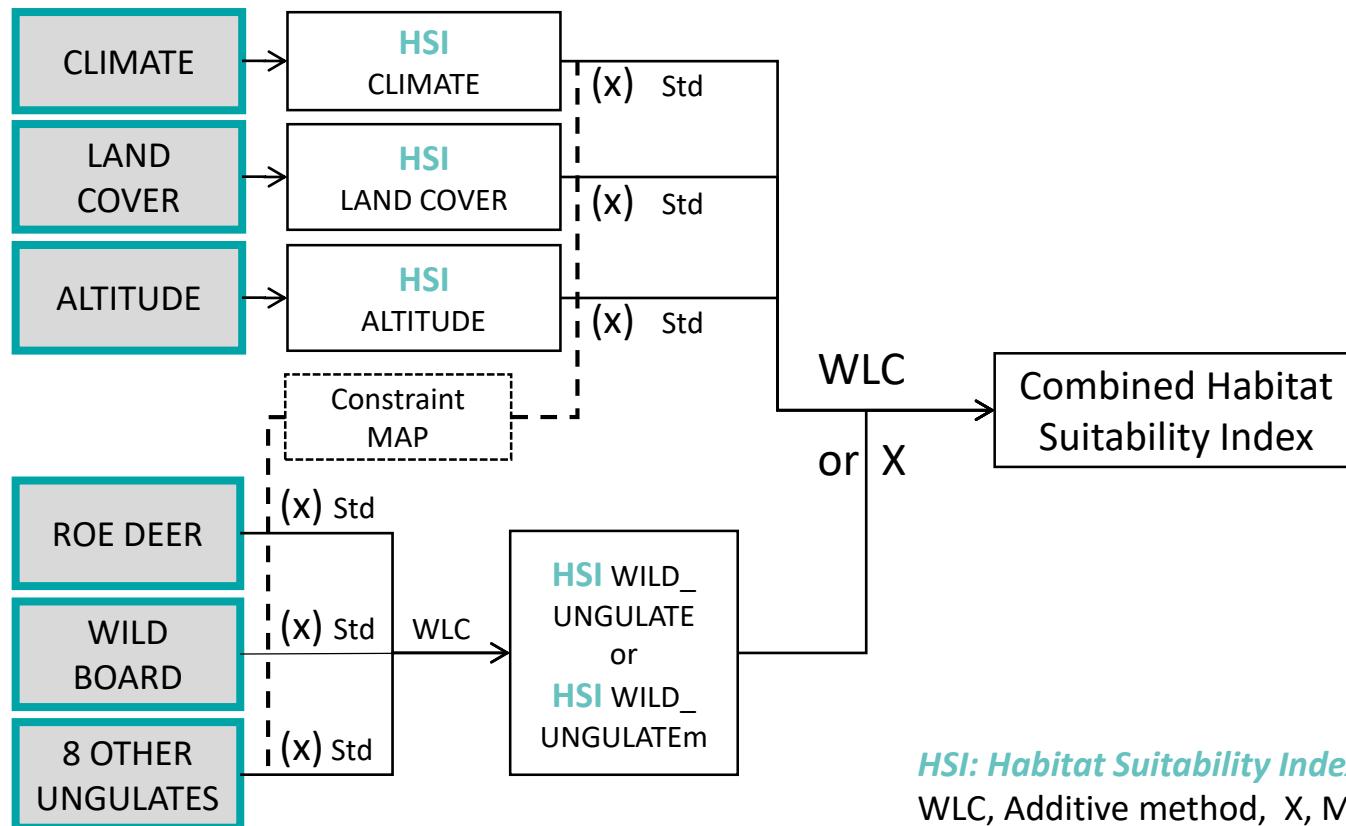
Projet Cartotique

04/10/2022 M. René-Martellet / I. Lebert

Indices des conditions favorables
(HSI) liés aux ongulés

➤ Méthode

MCDA Analyse multicritère d'aide à la décision appliqué aux systèmes d'information géographique



HSI: Habitat Suitability Index

WLC, Additive method, X, Multiplicative method

(x): Multiplication by Constraint MAP

Std: Standardization ;

WLC : Weighted Linear Combination

➤ Méthode

MCDA Analyse multicritère d'aide à la décision appliqué aux systèmes d'information géographique

Modèle additif

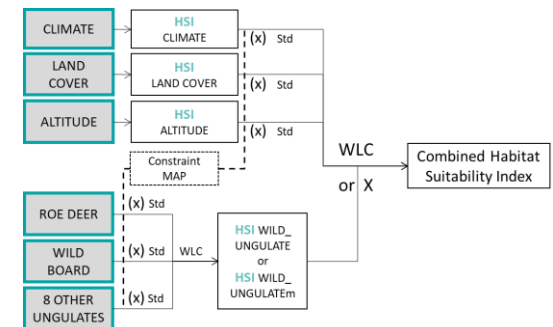
$$HSI^{add} = \frac{1}{4} HSI_{Clim} + \frac{1}{4} HSI_{Land} + \frac{1}{4} HSI_{Alt} + \frac{1}{4} HSI_{Ung}$$

$$HSI_{Ung} = \frac{1}{3} HSI_{Deer} + \frac{1}{3} HSI_{Boar} + \frac{1}{3} HSI_{8Ung}$$

Modèle multiplicatif

$$HSI^{mx} = HSI_{Clim} \cdot HSI_{Land} \cdot HSI_{Alt} \cdot HSI_{Ung_m}$$

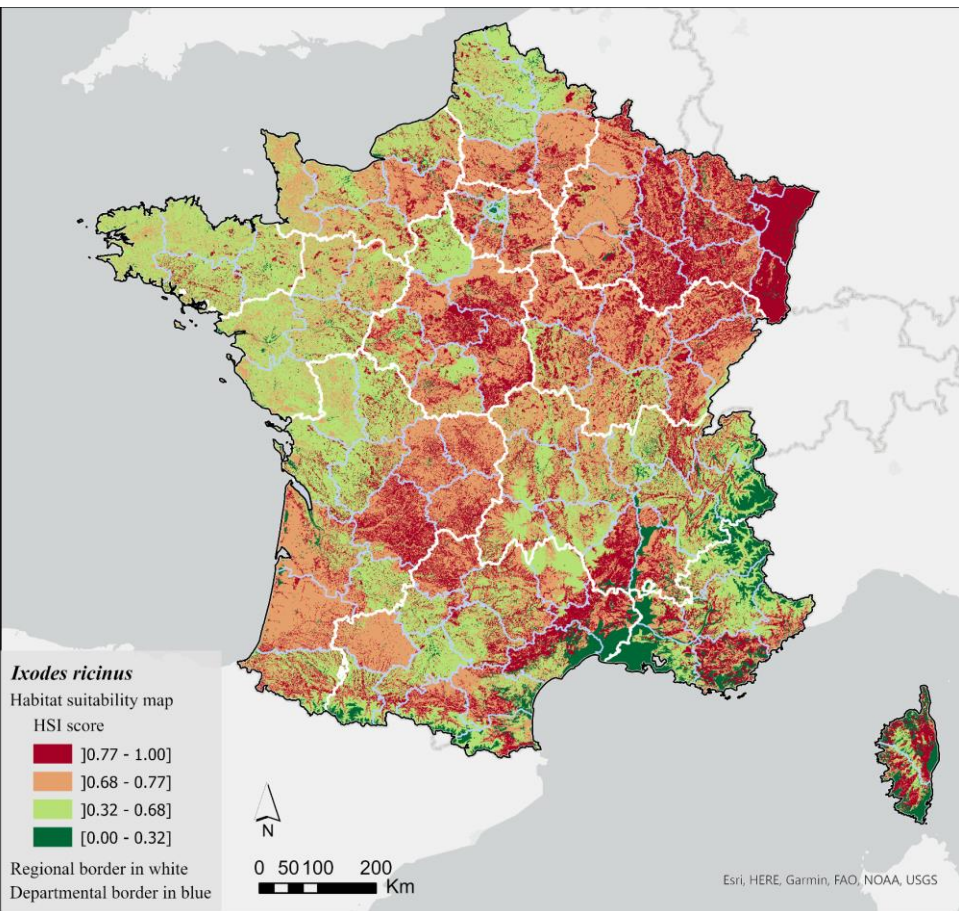
$$\text{with } HSI_{Ung_m} = \frac{1}{3} HSI_{Deer} + \frac{1}{3} HSI_{Boar} + \frac{1}{3} HSI_{8Ung}$$



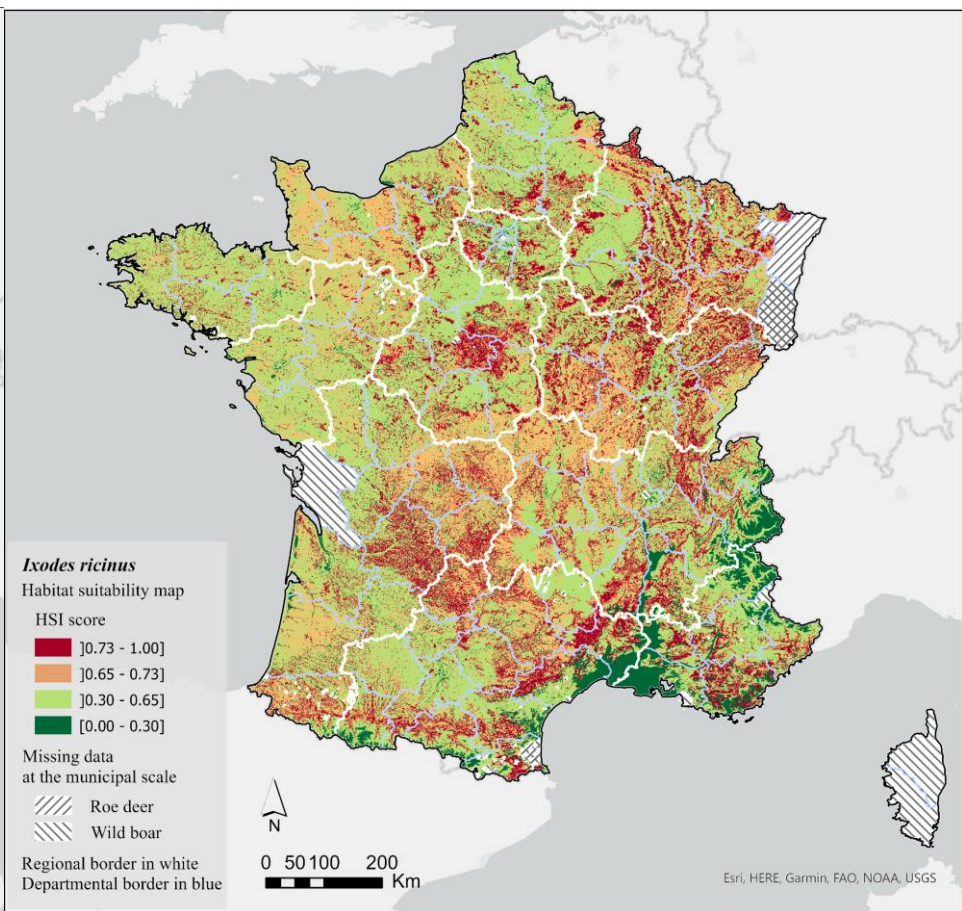
➤ Résultats Modèle additif

Cartes des conditions favorables à la tique *I. ricinus*

Echelle départementale



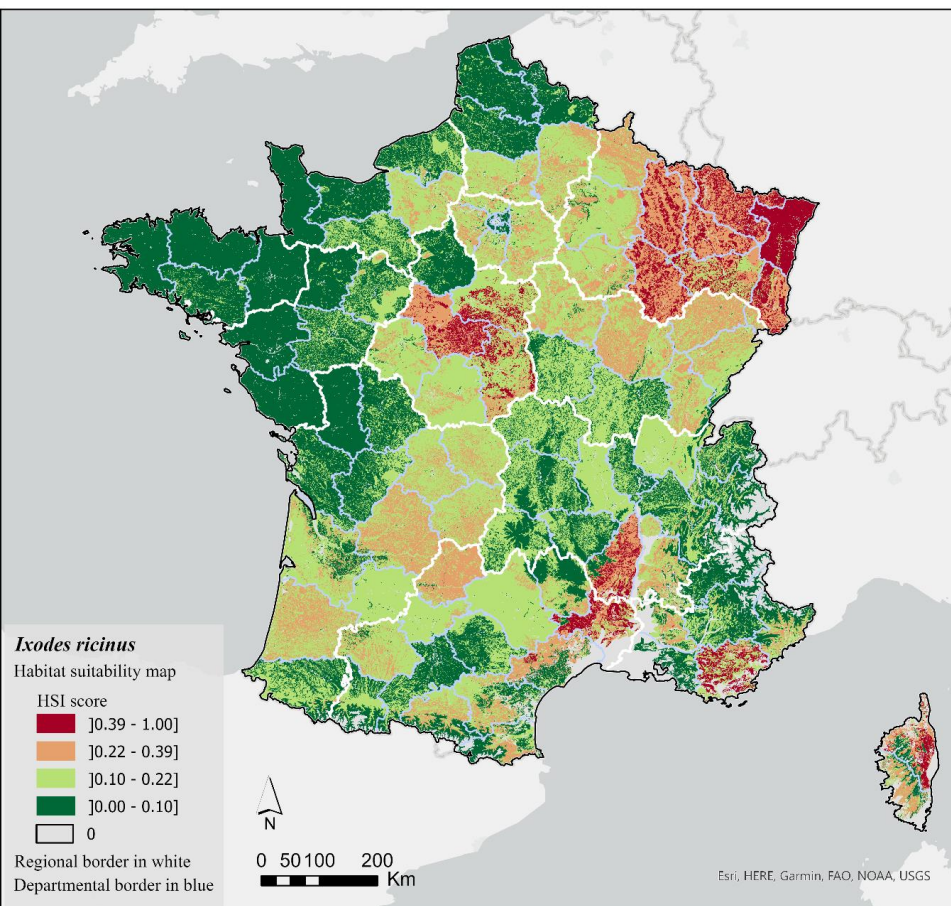
Echelle communale



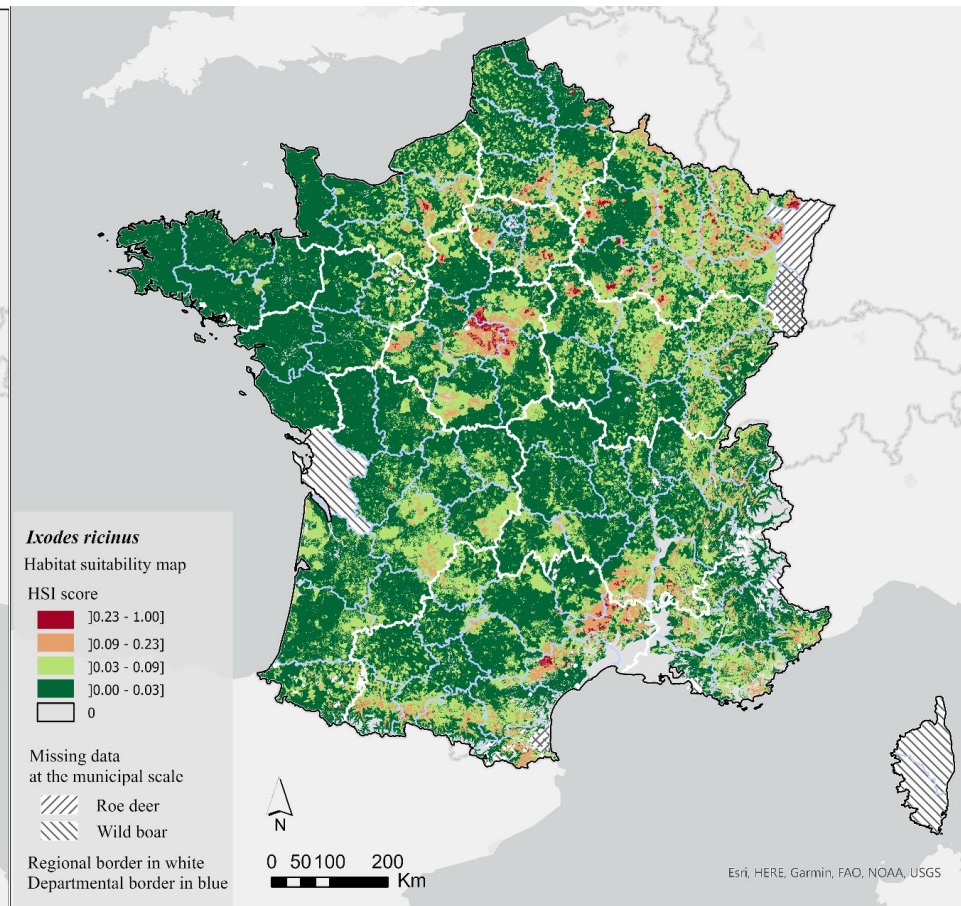
➤ Résultats Modèle multiplicatif

Cartes des conditions favorables à la tique *I. ricinus*

Echelle départementale

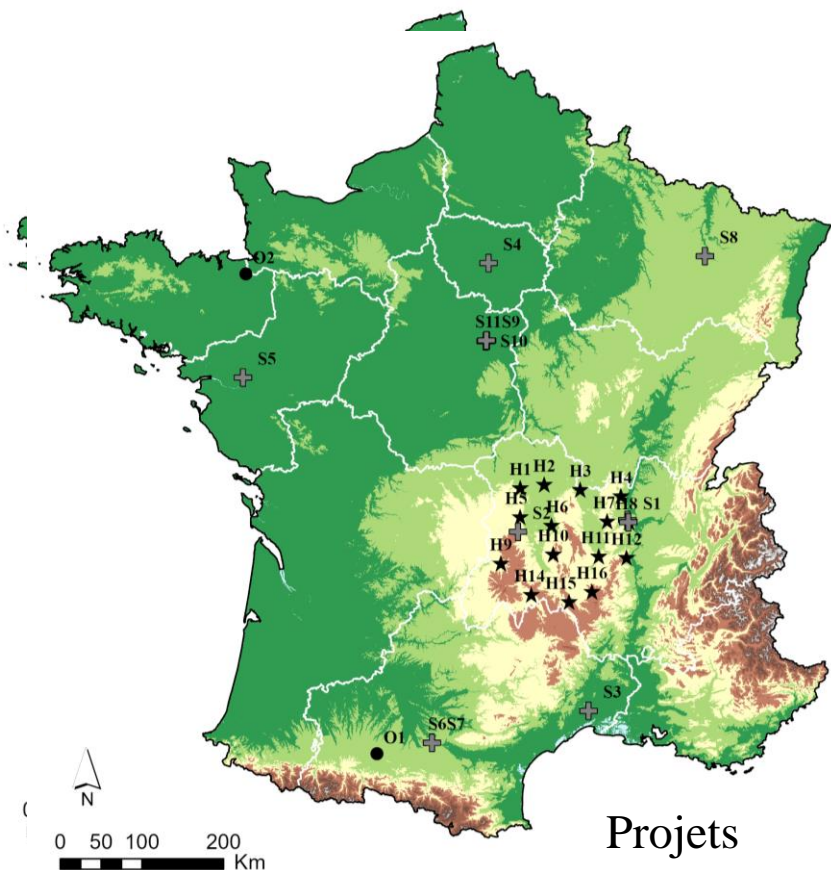


Echelle communale



➤ Validation

Origine des données d'abondance de nymphes *I. ricinus*



- Projets
- ✚ CC-EID
 - ★ TLETIQ
 - OSCAR

Collecte de tiques dans 31 sites

Méthode du drap, transects de 10 m²

| Projet | CCEID ✚ | TELETIQ ★ | OSCAR ● |
|--------------------|-----------------------|--------------------------|------------------------|
| Sites ¹ | S1- S11 | H1-12 H14-H16 | O1-O2 |
| Année de collecte | 2014-2020 | 2018 | 2012-2014 |
| Période | 1x/mois | 1x/mois (Avril-Juin) | printemps |
| Zone | France | Auvergne- Rhône-Alpes | Nord-Est, Sud-Ouest |
| Référence | Wongnak et al. (2020) | Bord et al. (2019) | Lebert et al. (2020) |

➤ Validation - comparaison avec des données d'abondance observées

Test de six indicateurs d'abondance de nymphes

- Nombre moyen de nymphes collectées par transect
- Nombre médian de nymphes collectées par transect
- Proportion de transects observés avec
 - 0 nymphe (p_zero)
 - 1 à 10 nymphes (p_1_10)
 - 11 à 50 nymphes (p_11_50)
 - >50 nymphes (p_>50)

Test statistique : corrélation de Spearman, rho

mesure non paramétrique

$-1 < \text{Spearman rho} < 1$

Si rho = 0 : pas de relation

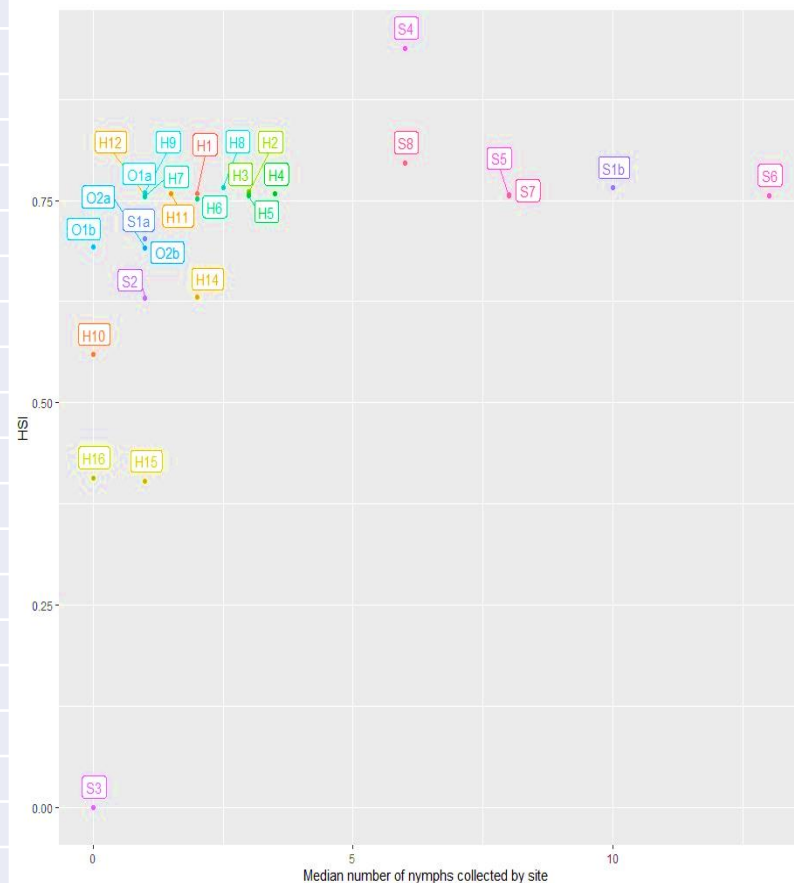
Si rho = 1 ou -1 : relation 1 à 1 entre les variables (Corrélation parfaite)



➤ Validation - résultats

Corrélations de Spearman, entre HSI et indicateurs d'abondance des nymphes observées

| Indicateur | Transects | HSI | rho | p-value | Signification |
|------------|-----------|---------|-------|---------|---------------|
| Médiane | 7700 | add_mun | 0,66 | 0,000 | *** |
| | | mx_mun | 0,59 | 0,001 | *** |
| | | add_dpt | 0,56 | 0,001 | *** |
| | | mx_dpt | 0,54 | 0,002 | ** |
| Moyenne | 7700 | add_mun | 0,58 | 0,001 | *** |
| | | mx_mun | 0,56 | 0,001 | *** |
| | | add_dpt | 0,47 | 0,005 | ** |
| | | mx_dpt | 0,43 | 0,011 | * |
| p_zero | 2895 | add_mun | -0,67 | 0,000 | *** |
| | | mx_mun | -0,60 | 0,000 | *** |
| | | add_dpt | -0,59 | 0,001 | *** |
| p_1_10 | 4210 | add_mun | 0,46 | 0,007 | ** |
| | | mx_mun | 0,41 | 0,016 | * |
| | | add_dpt | 0,42 | 0,013 | * |
| p_11_50 | 575 | add_mun | 0,45 | 0,008 | ** |
| | | mx_mun | 0,46 | 0,007 | ** |
| | | add_dpt | 0,36 | 0,029 | * |
| p_>50 | 20 | add_mun | 0,16 | 0,21 | ns |
| | | mx_mun | 0,13 | 0,247 | ns |
| | | add_dpt | 0,08 | 0,341 | ns |
| | | mx_dpt | 0,03 | 0,444 | ns |



Correlation between median HSI scores and the proportion of observation units with zero nymph collected per site (p_zero)

➤ Conclusion

Méthode MCDA et résultats

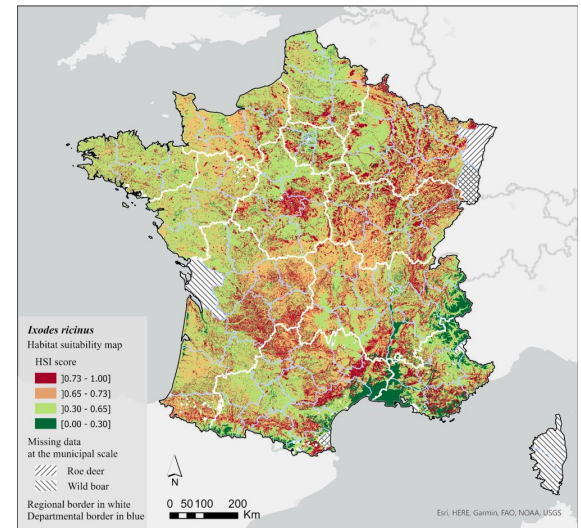
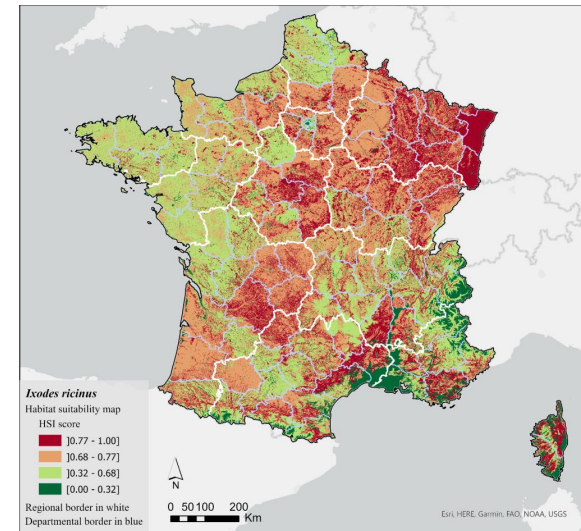
Approche intéressante pour l'estimation de l'abondance de tiques *I. ricinus*

- à confirmer avec plus de points de validation
- notamment dans des zones plus contrastées (intra-urbain, altitude etc)
- S'affranchit des données de terrain pour la construction

Méthode pouvant être adaptée

- à d'autre échelles spatiale, ou plus globales (changement climatique)
- à d'autres vecteurs *Dermacentor*, *Rhipicephalus* and *Hyalomma*

Echelle départementale



Echelle communale

INRAE

➤ Merci pour votre attention



Crédit photo: Magalie René-Martellet