

La biodiversité :

une alliée dans la prévention de certaines maladies infectieuses ?



QUELS SONT LES MÉCANISMES EN JEU DANS LA TRANSMISSION DES MALADIES INFECTIEUSES DANS LES SOCIO-ÉCOSYSTÈMES ?

Eve Miguel
Chercheur IRD



17 avril 2019

au ministère des
solidarités et de
la santé

AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ
ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT

ANSES
Agence nationale de sécurité
alimentaire et de santé
Commettre. Évaluer. Protéger.



MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET SOLIDAIRE



MINISTÈRE
DE L'ENSEIGNEMENT
SUPÉRIEUR,
DE LA RECHERCHE
ET DE L'INNOVATION

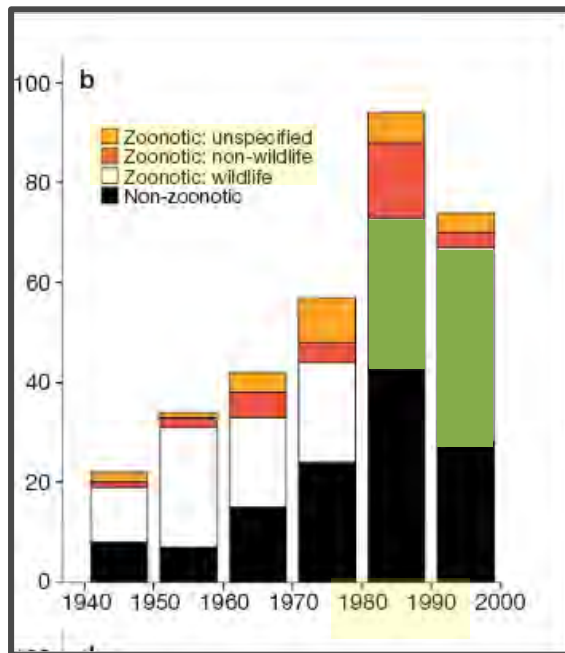


MINISTÈRE
DES SOLIDARITÉS
ET DE LA SANTÉ



60 à 70% des **maladies émergentes** ou **ré-émergentes** chez l'homme depuis le siècle dernier : ➡ Transfert horizontal à partir d'**animaux sauvages** ou **domestiques**

(Daszak, 2000, Woolhouse 2005, Jones 2008, Lloyd 2009)



Jones, 2008

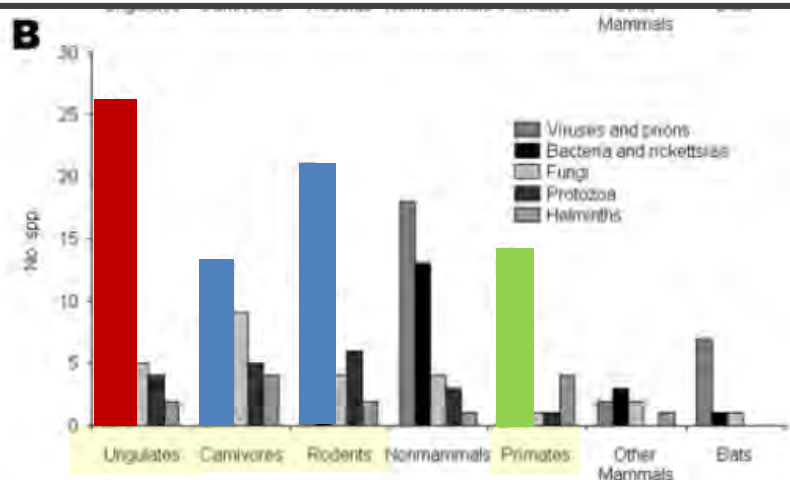


Figure 1. Numbers of species of zoonotic pathogens associated with different types of nonhuman host. Note that some pathogens are associated with >1 host. A) All zoonotic species. B) Emerging and reemerging zoonotic species only.

- Mammifères **ongulés** responsables d'une grande partie des transferts de pathogènes zoonotiques à l'homme
- **Bovins** fortement incriminés
--> carnivores --> rongeurs



Promiscuité et Contacts 'Homme-Animal'
comme facteur de risque à **contrario** de la
ressemble génétique

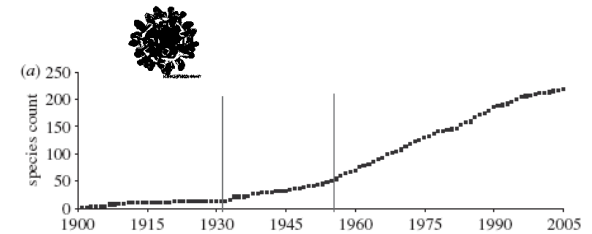
(Woolhouse 2005)

Les germes en cause

- La majorité des germes émergents détectés dans les dernières décennies a été des **virus** (Woolhouse et al 2012), à contrario des bactéries, protozoaires ou helminthes,
- Les virus possèdent généralement des forts taux de **mutations**, notamment les virus à **ARN**
- Ce saut d'espèces est fortement lié à la **parenté** entre espèces hôtes et aux **recouvrements spatiaux** entre espèces (Davies, 2008)

Le **partage d'habitat** entre espèces sympatriques serait l'un des meilleurs **indicateurs** pour estimer le risque de **transfert** de pathogènes **interspécifiques**

(Woolhouse et al 2012).

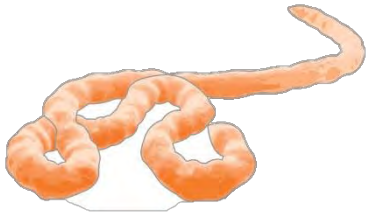


Woolhouse et al, 2012

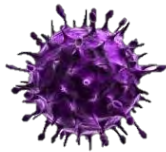
◆ LES MALADIES INFECTIEUSES

Le pathogène dans un écosystème (*Greaves, 2012*)

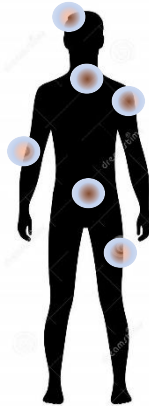
Le pathogène



Le virus ebola ...



Au sein d'un hôte

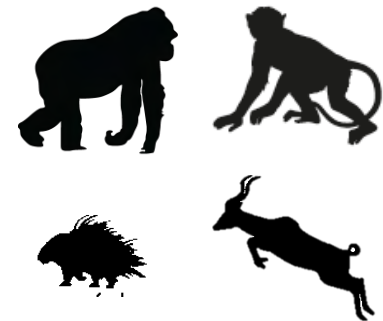


.. qui peut être infecté par d'autres pathogènes
Ex virus SIDA

de sa communauté de
maintenance

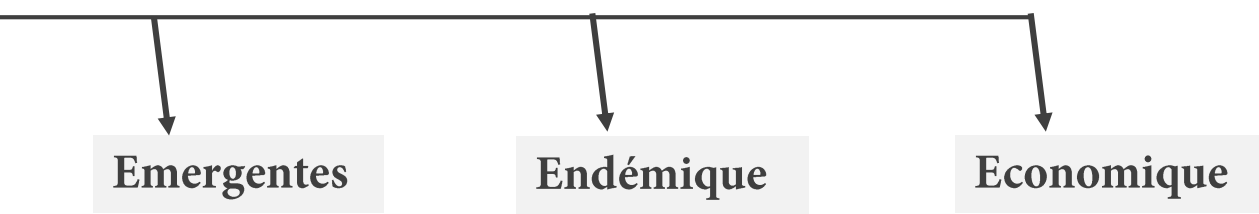


...Une espèce réservoir ultime



...Une communauté d'espèces de
maintenance...

◆ LES MALADIES INFECTIEUSES



Emergentes

Endémique

Economique

- **Maladies émergentes :**

- impacts modérés en terme de mortalité mais déstabilisent fortement pays concernés et inquiètent les pays indemnes, ex récent Ebola.

Ex: virus Nipah, SRAS, H5N1, fièvre vallée du rift, et MERS = 4000 morts/an

- **Maladies endémiques négligées :**

- nombreuses victimes et cristallisent le cycle de pauvreté (*Sachs, 2005*)

Ex: Rage, leptospirose, leishamniose, maladie du Sommeil, Chagas = 200 000 morts/an

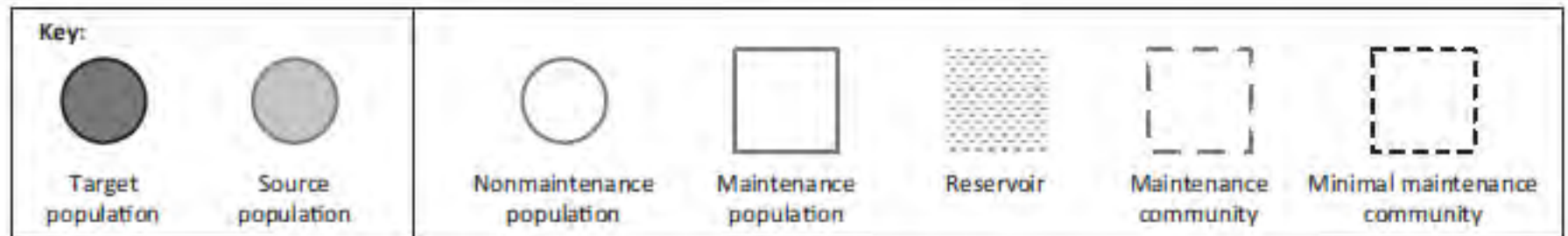
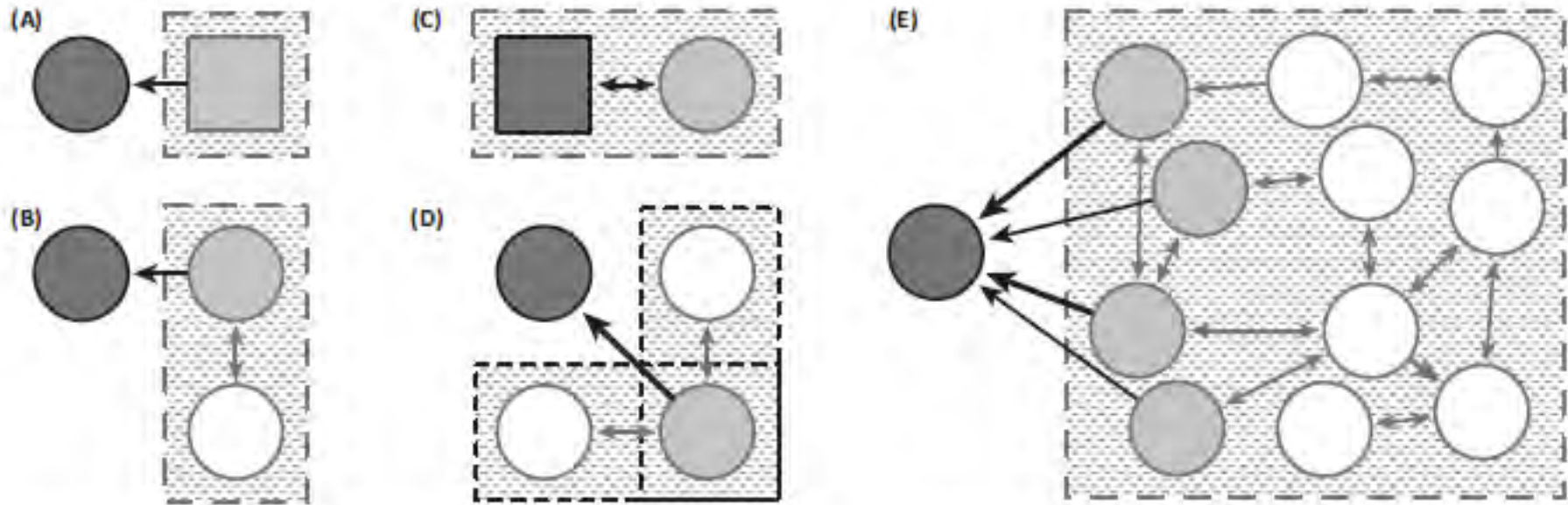
- **Maladies à caractère économique:**

- génèrent de nombreuses crispations économiques

- Coût de la gestion de la fièvre aphteuse en Royaume-Uni en 2001 : 6,5 millions d'animaux domestiques tués -> coûts directs 3 milliards £ / indirects 5 milliards (*Haydon, 2002*)

◆ LES MALADIES INFECTIEUSES

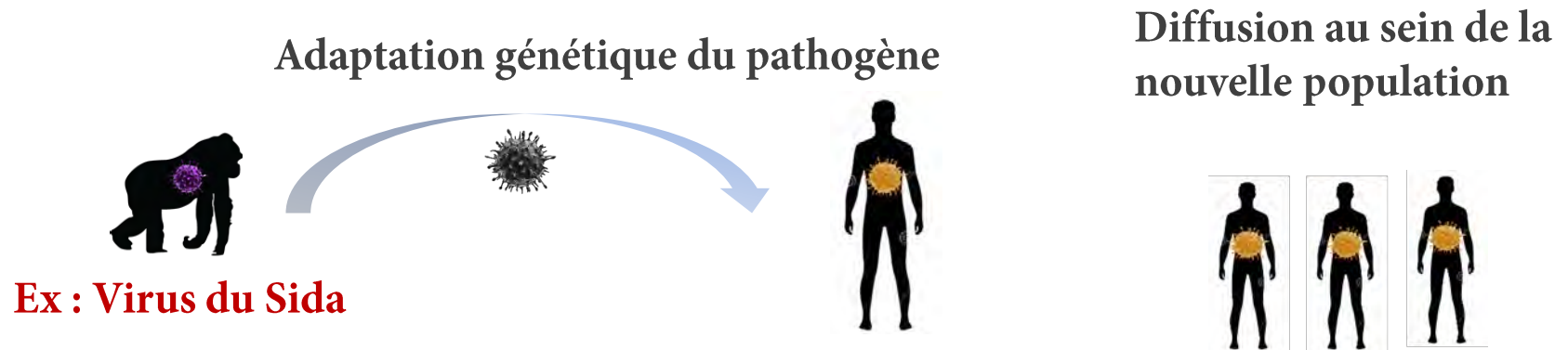
La notion de réservoir (*Viana, 2014 ; Haydon 2002*)



◆ LE SAUT D'ESPECES

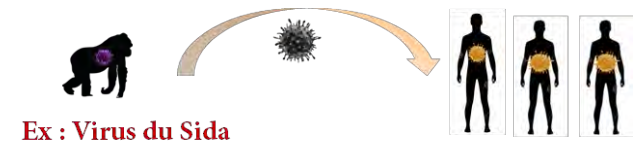
- Concept qui s'inscrit dans des situations diverses :

Saut d'espèce évolutif (*Kuiken, 2006*)



◆ LE SAUT D'ESPECES

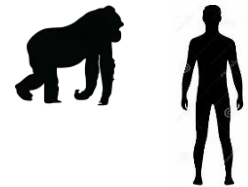
- Concept qui s'inscrit dans des situations diverses :



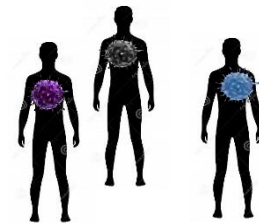
Saut d'espèces évolutif (*Kuiken et al, 2006, Wolfe et al, 2007*)

- Probabilité qu'un virus devienne endémique dans la population réceptrice dépend de :

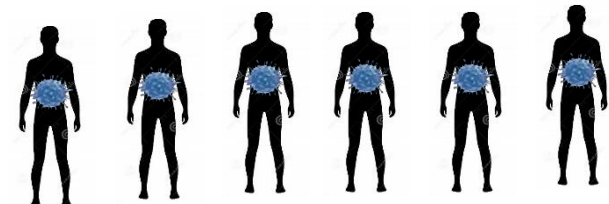
- Les interactions interspécifiques hôtes émetteurs et récepteurs



- Les interactions entre le virus et les hôtes de l'espèce réceptrice



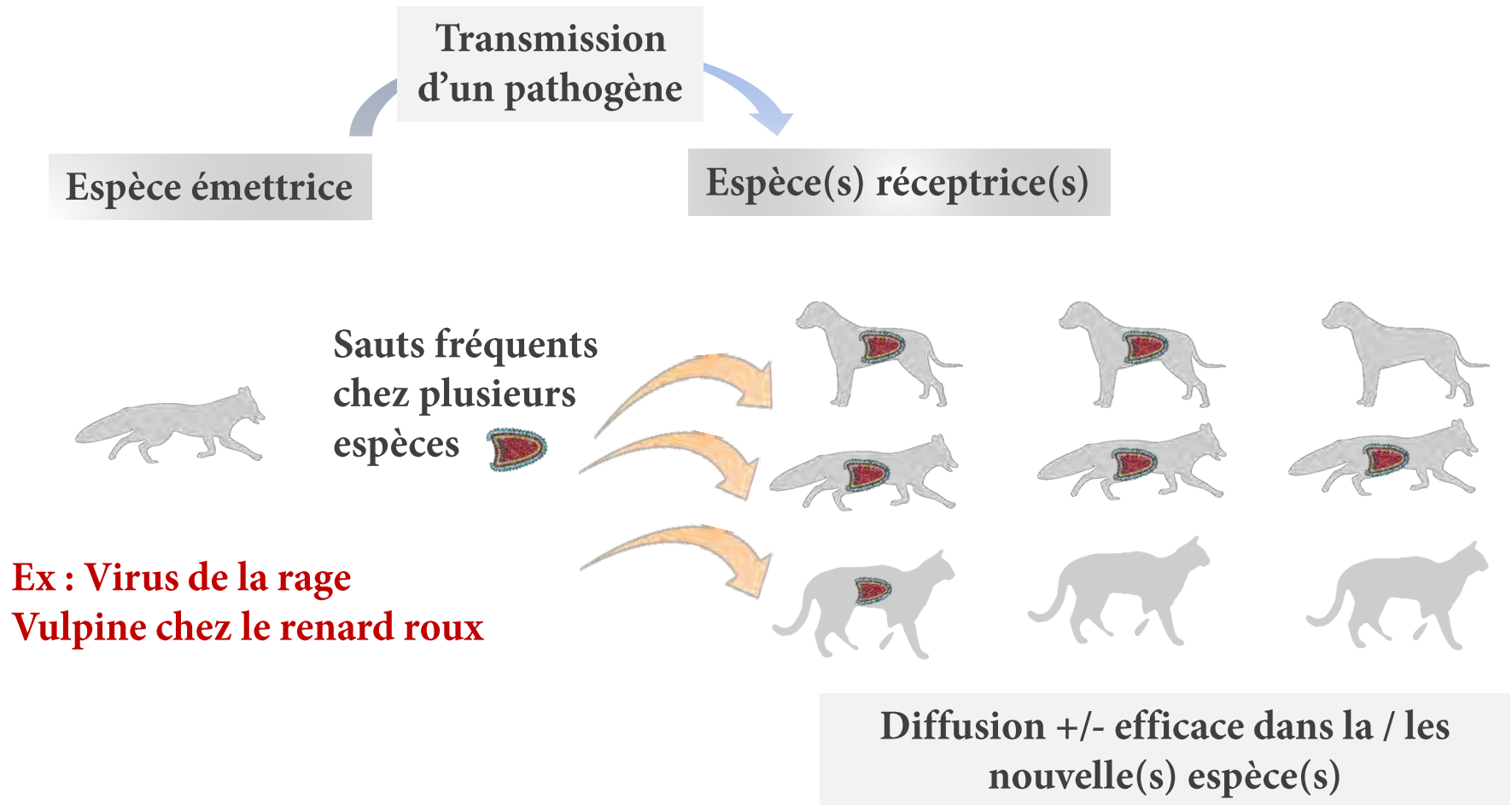
- Les interactions entre les hôtes de l'espèce réceptrice



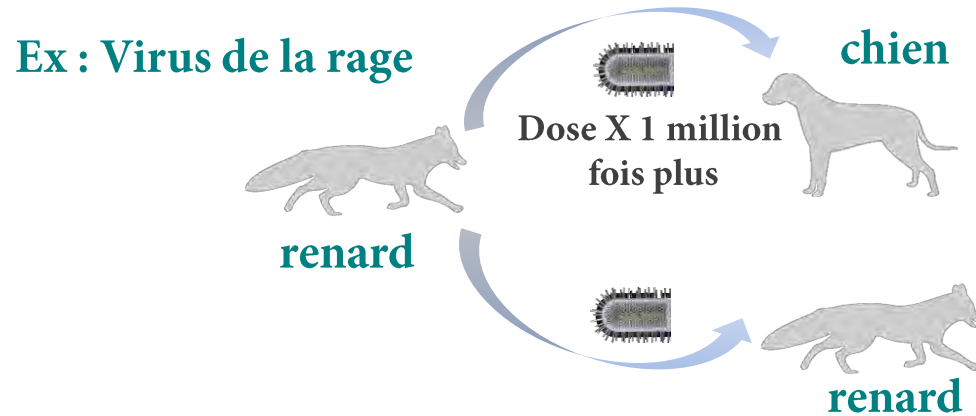
◆ LE SAUT D'ESPECES

- Concept qui s'inscrit dans des situations diverses :

Saut d'espèce écologique (Kuiken, 2006)



◆ LE SAUT D'ESPECES



- Le saut d'espèces se caractérise donc en terme **d'infectiosité**

◆ LES DETERMINANTS DU SAUT D'ESPECES

Les effets documentés : Zones protégés, d'agriculture et urbaines

- Interfaces ou « écotone » = zones de transitions entre deux type d'habitat distincts
(Despommier, 2007)
 - Rôle prépondérant dans l'émergence des maladies infectieuses et la transmission interspécifiques depuis une 50aines d'années
(Woolhouse 2012, Stricker 2010)
- Augmentation des activités d'élevage à la périphérie des aires protégées
- Augmentation des espaces de conservation : +500 % en 30 ans
(Wittemyer, 2008)

Ex : Emergence virus Hendra et Mengale en Autralie

- Déforestation massive + agriculture en expansion
- Modification l'habitat des chauve-souris frugivores
- Exploitation d'arbres fruitiers en zones péri-urbaines

(Daszak, 2006)



©A Caron Zone communale / PN Great Limpopo, Zimbabwe

◆ LES DETERMINANTS DU SAUT D'ESPECES

Les effets documentés : Zones protégés, d'agriculture et urbaines

- ➞ Intensification de l'élevage et son rapprochement des zones urbaines: réduit les obstacles de transmission (*Jones, 2013*)
- 50 % de la population humaine vit désormais dans un environnement urbain = connectivité de plus en plus forte entre espaces ruraux / agriculture et zones citadines



Bangkok



Meknès



Dakar



Tananarive

Ex : Virus Encéphalite Japonaise en Asie du Sud Est (*van den Hurk, 2009*)

- Augmentation de l'irrigation des rivières,
- Elevage porcin
- Démographie humaine

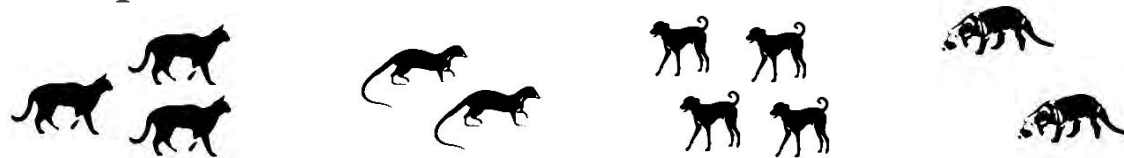
◆ LES DETERMINANTS DU SAUT D'ESPECES

Les effets méconnus de la communauté d'hôtes

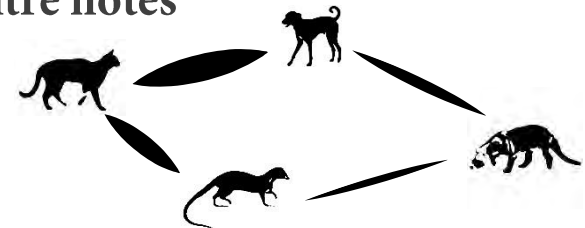
- Complexification de la notion de réservoir pour les pathogènes généralistes qui nécessite l'adoption d'un paradigme multi-spécifiques (*Streicker, 2013, Viana 2014*)
- Un pathogène est maintenu dans un système selon plusieurs conditions (*Viana 2014*):
 - Présence / Absence d'une ou plusieurs espèces d'hôtes



- De la densité de ces espèces



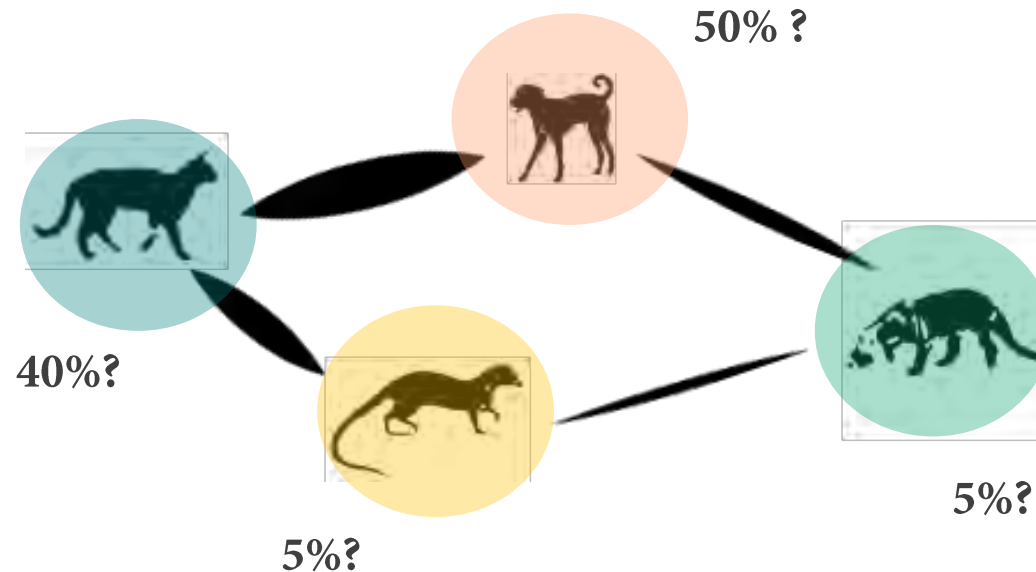
- De la fréquence des interactions au sein et entre hôtes



◆ LES DETERMINANTS DU SAUT D'ESPECES

Les effets méconnus de la communauté d'hôtes

- Peu d'étude montrent la part relative de chaque espèce dans les dynamiques spatio-temporelles des maladies infectieuses



◆ LES DETERMINANTS DU SAUT D'ESPECES

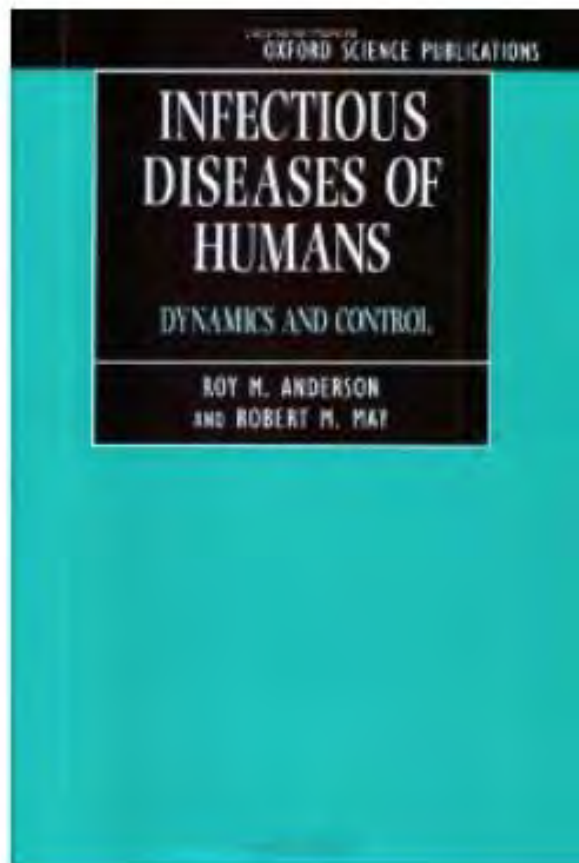
Les effets méconnus de la communauté d'hôtes et des pratiques culturelles

- Peu d'étude montrent la part relative de chaque espèce dans les dynamiques spatio-temporelles des maladies infectieuses
- De même, le comportement humain ...

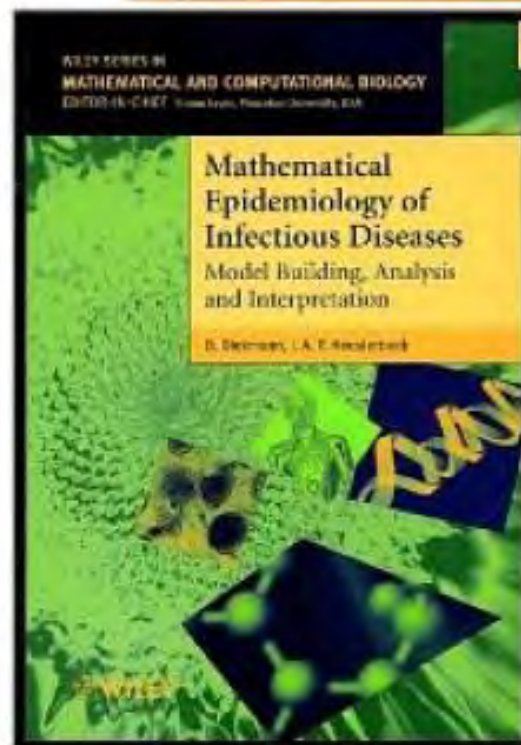


... et les pratiques culturelles favorisant l'exposition au pathogène sont rarement intégrées dans les modèles de diffusion malgré leur importance dans les dynamiques épidémiologiques

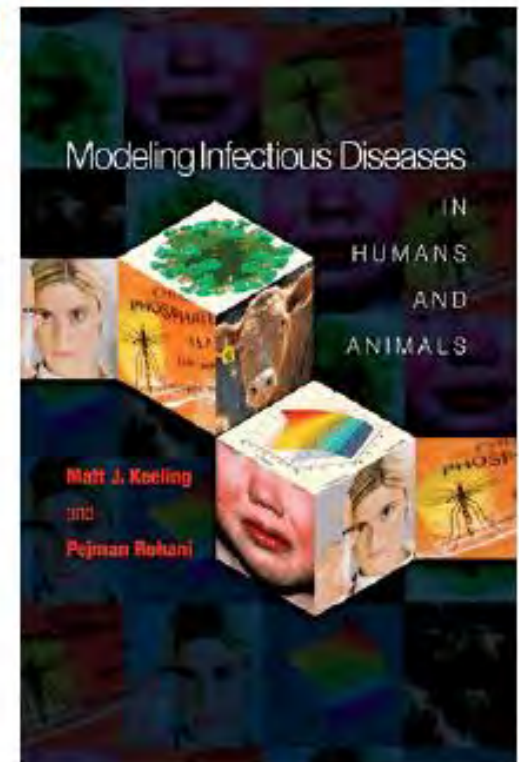
◆ MODELISATION



1991



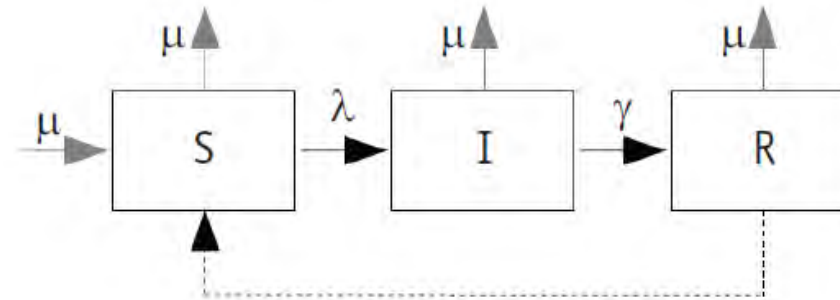
2000



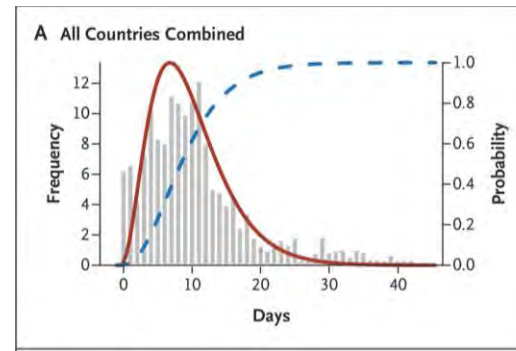
2007

MODELISATION

- COMPRENDRE



- PREDIRE / SIMULER

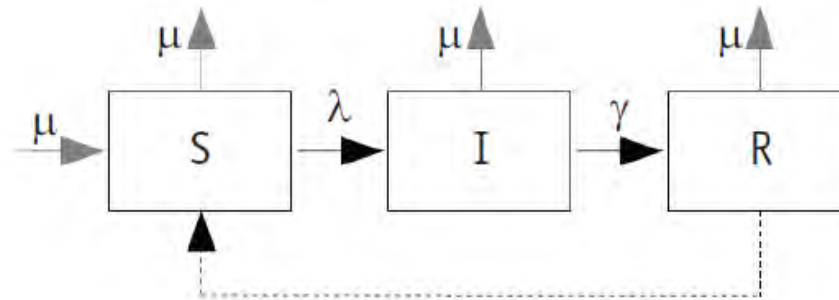


- DISCUTER / AIDE A LA DECISION



Les maladies infectieuses :

◆ MODELISATION : COMPRENDRE



Une **population** à l'instant t est composée de :

- Individus Sensible (**S**), D'individus Infectés (**I**), et d'individus Rétablis (avec immunité) (**R**)
- On observe des changements d'états dans la population entre t et $t + 1$
 - $S \rightarrow I$; $I \rightarrow R$; $R \rightarrow S$;
- Différents paramètres influencent ces changements d'Etats
 - La **force d'infection** λ gouverne les transitions $S \rightarrow I$
 - Le **taux de guérison** γ gouverne les transitions $I \rightarrow R$

$\lambda = \beta I$. Transmission **densité** dépendante

$\lambda = \beta I/N$. Transmission **fréquence** dépendante

$$\beta = -c \log(1-p)$$

Taux de contact

Probabilité que ce contact soit infectieux

Les maladies infectieuses :

◆ MODELISATION : COMPRENDRE

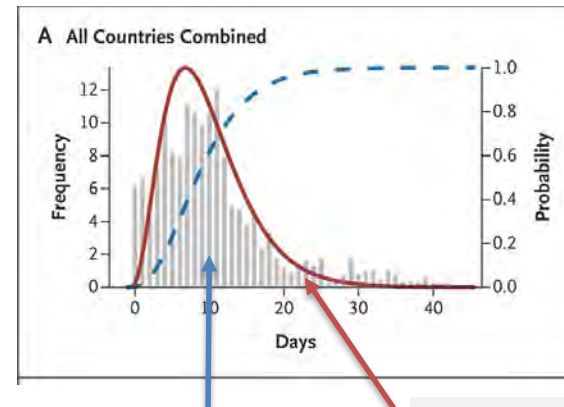
R_0 Taux de reproduction de base : Nombre moyen de cas (ou de foyers) secondaires provoqués par un sujet (ou un élevage) atteint d'une maladie transmissible au sein d'une population entièrement réceptive

Disease	Host	Estimated R_0	Reference
FIV	domestic cats	1.1-1.5	Smith (2001)
Rabies	dogs (Kenya)	2.44	Kitala <i>et al.</i> (2002)
Phocine Distemper	seals	2 - 3	Swinton <i>et al.</i> (1998)
Tuberculosis	cattle	2.6	Goodchild & Clifton-Hadley (2001)
Influenza	human	3 - 4	Murray (1989)
Foot and Mouth Disease	livestock farms (UK)	3.5 - 4.5	Ferguson <i>et al.</i> (2001b)
Smallpox	human	3.5 - 6	Gani & Leach (2001)
Rubella	human (UK)	6 - 7	Anderson & May (1991)
Chickenpox	human (UK)	10 - 12	Anderson & May (1991)
Measles	human (UK)	16 - 18	Anderson & May (1982)
Whooping Cough	human (UK)	16 - 18	Anderson & May (1982)

MODELISATION : PREDICTION / SIMULATION

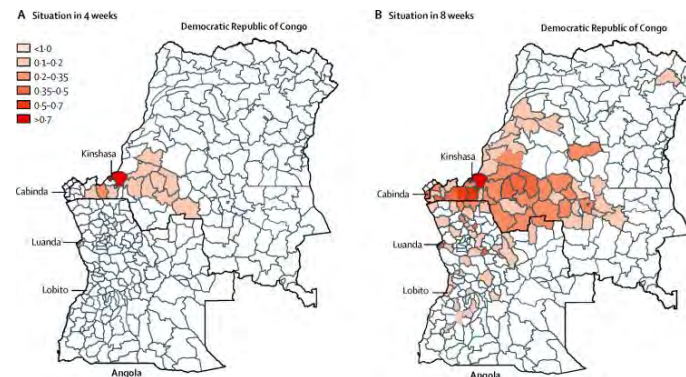
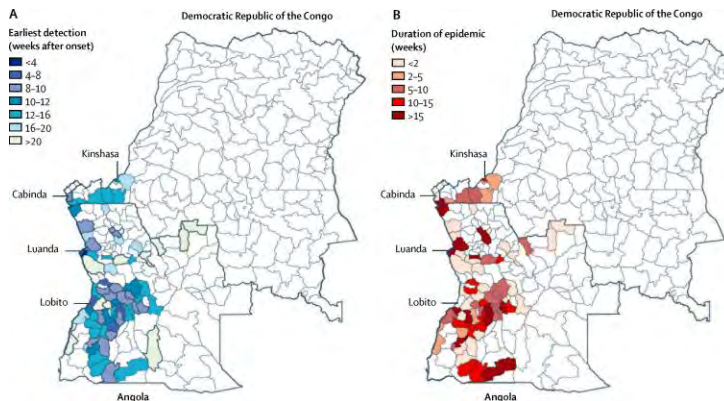
Prédire dans le temps Et dans l'espace

Ebola Virus Disease in West Africa — The First 9 Months of the Epidemic and Forward Projections
WHO Ebola Response Team, N Engl J Med 2014;



Données observées

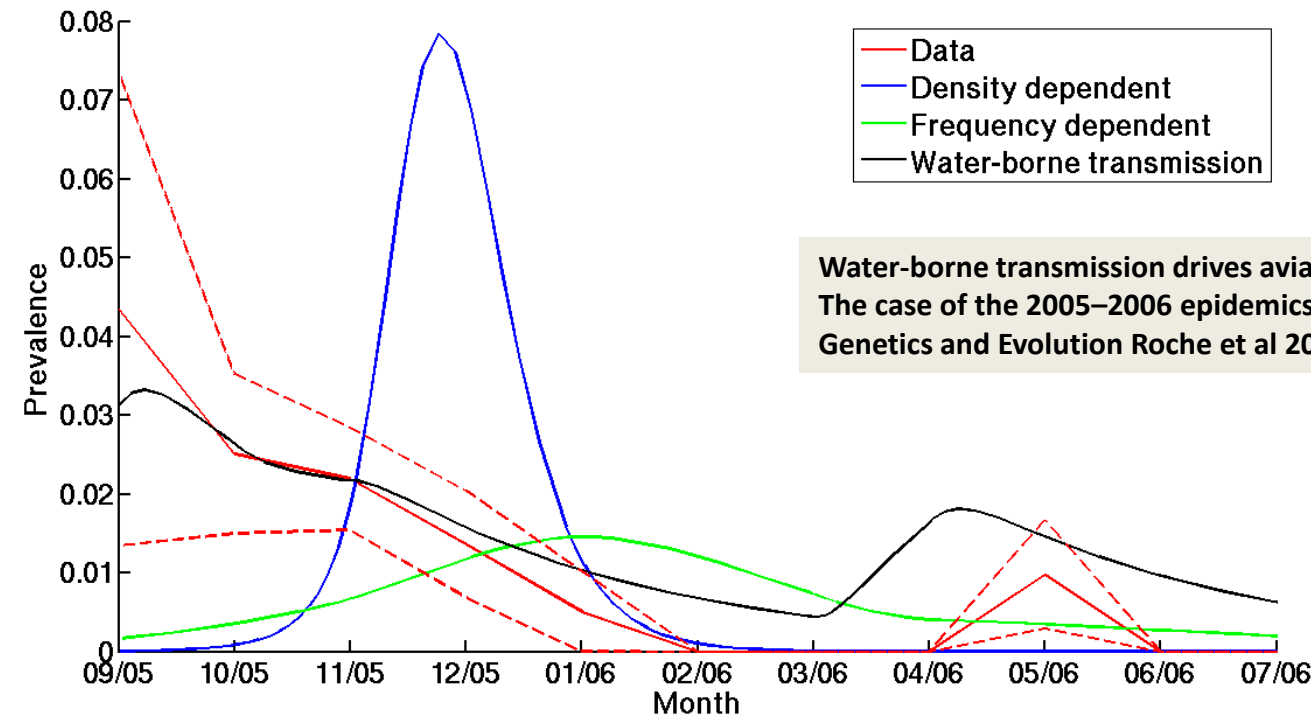
Données simulées



Spread of yellow fever virus outbreak in Angola and the Democratic Republic of the Congo 2015-16: a modelling study. [Moritz U G Kraemer](#), et al Lancet Infect Dis. 2017

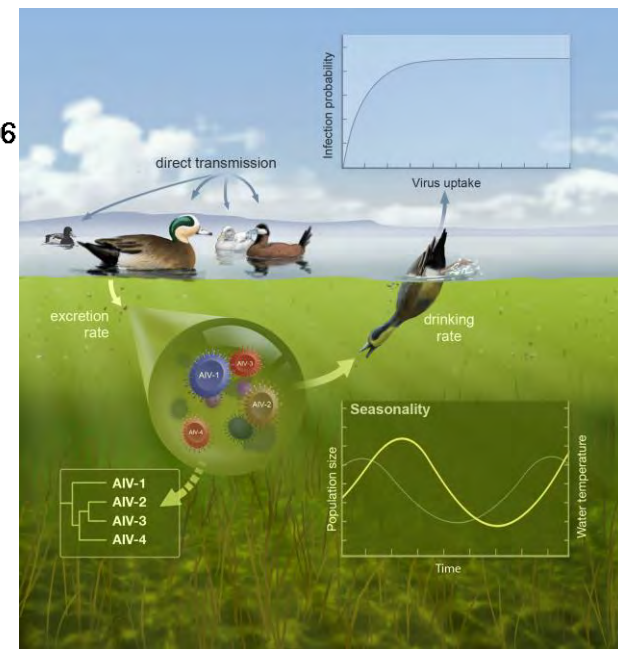
Les maladies infectieuses :

◆ MODELISATION : TEST D'HYPOTHESES / SCENARIO



Water-borne transmission drives avian influenza dynamics in wild birds: The case of the 2005–2006 epidemics in the Camargue area. Infection, Genetics and Evolution Roche et al 2009

Environmental transmission explains the difference of influenza phylodynamics between birds and humans. PLoS Biology. Roche et al 2014



◆ MODELISATION : AIDE A LA DECISION

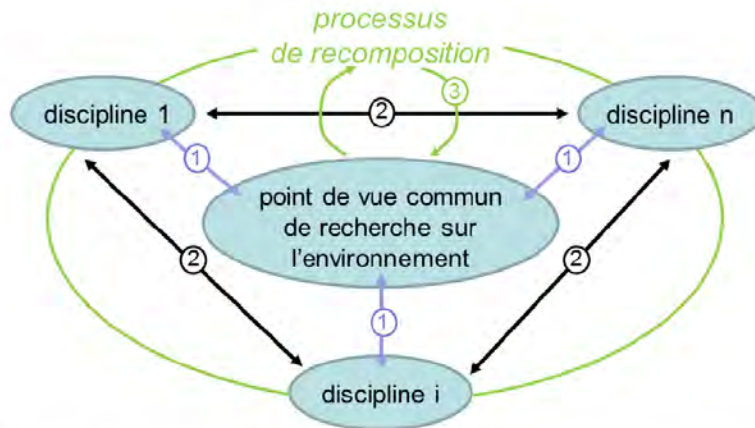


Figure 6 Interdisciplinarité et recherche sur l'environnement : tensions (1) entre disciplines et le point de vue commun, (2) entre les disciplines par rapport au point de vue commun, (3) entre le point de vue commun et les processus qui mènent à son réexamen et sa redéfinition (Jolivet et Pavé, 1993).

Représentation d un système

(Lepage HDR, 2017)

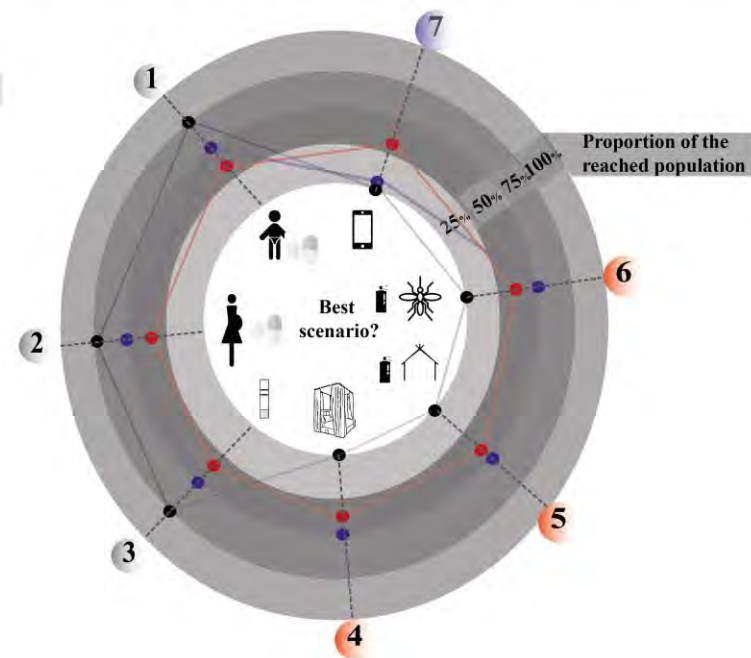
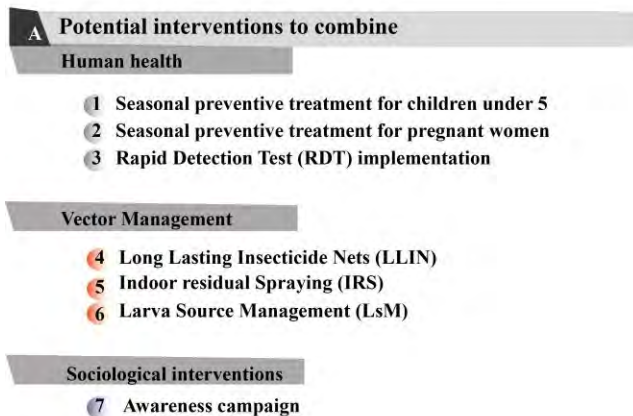


Les maladies infectieuses :

MODELISATION : AIDE A LA DECISION

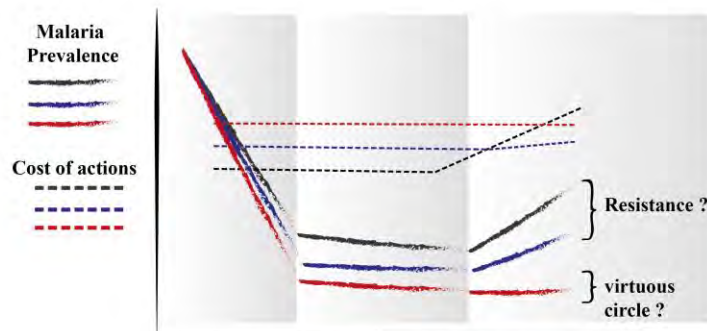
Miguel et al, 2018
Oxford Univ press

An integrated approach for fighting Malaria: How to prioritize actions in Low and Middle-Income Countries?



Recommandation de santé publique
- coûts/ bénéfices selon les scénarios

B Modelling the most cost-effective strategy

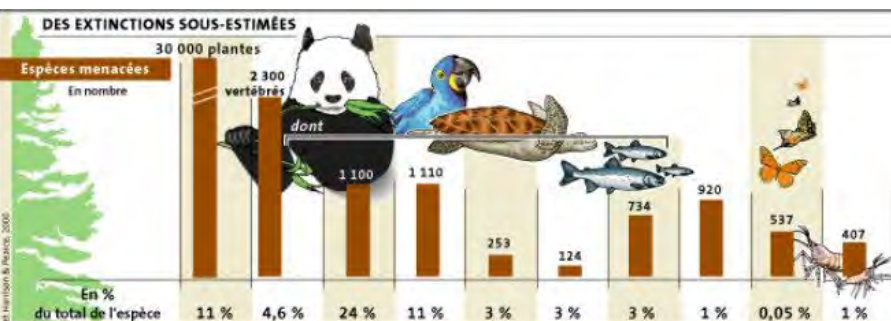


- Scenario 1 : Single approach
✓ Human health : high coverage
- Scenario 2 : Mixed approach
✓ Human health : medium coverage
✓ Vector management : medium coverage
- Scenario 3 : Global approach
✓ Human health : low coverage
✓ Vector management : low coverage
✓ Sociological intervention : low coverage

Biodiversité et santé en quelques mots :

Les paradoxes du 21^{ème} siècle

- D'un côté => 6^{ème} extinction massive de biodiversité de l'apparition de l'*homo sapiens sapiens*
- De l'autre => Les Maladies Infectieuses Emergentes et re-émergentes (MIE : MERS-CoV, Zika, Ebola) ont été 4 fois plus fréquentes dans les années 2000 que dans les années 40 (Jones 2008)



Biodiversité et santé en détails

- Le taux d'extinction des espèces animales est aujourd'hui 100 à 1000 fois supérieur à la moyenne et le taux d'évolution de nouveaux d'espèces ne suit pas le même rythme
- 1/3 des amphibiens ; 1/4 des mammifères et 1/6 des oiseaux sont aujourd'hui menacés d'extinction



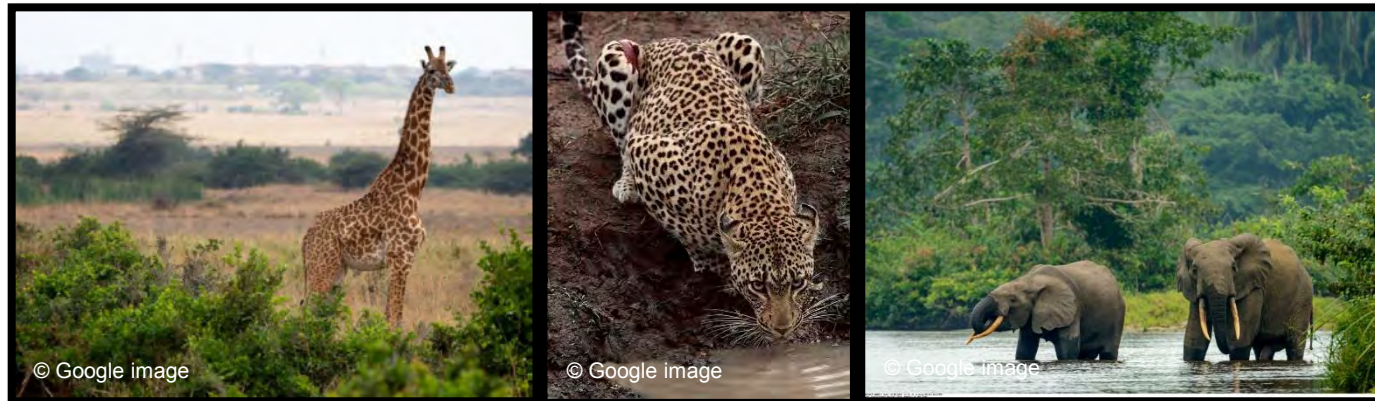
Biodiversité et santé en détails

- Face à ces constats des mouvements de conservation ont émergé à la fin du 19^{ème} siècle
 - 1872, Yellowstone, 1^{ère} zone a être déclarée comme zone protégée dans le monde
 - 2012 , 140 ans après, 177500 zones protégées identifiées =
 - 12,7% de la masse terrestre émergée
 - 1,6% des océans
- ⇒ En progression de 50% les 25 dernières années



Biodiversité et santé en détails

- Or pas suffisant pour lutter contre la dégradation de la biodiversité et notamment le déclin des grands mammifères (*Newmark et al 2008, Craigie et al 2010*)
- Sur le continent Africain, l'abondance de ces espèces a décliné de 59% entre 1970 et 2005 (*Craigie et al 2010*)
- Notre façon de concevoir la conservation des espèces et de leurs écosystèmes est à modifier en profondeur pour espérer une amélioration de la situation.



Biodiversité et santé en détails

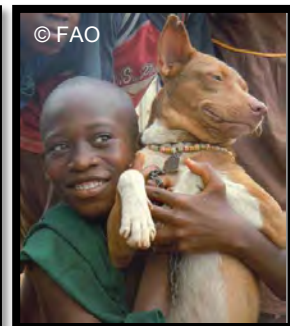
- Parallèlement, le 20^{ème} siècle aura été le siècle des inégalités entre les pays en terme de santé, et le 21^{ème} lui emboîte fortement le pas (*Alveredo et al 2018*)
- Au début du 20^{ème} siècle l'espérance de vie était de 47 ans avec une forte mortalité infantile



Biodiversité et santé en détails

- Aujourd'hui grâce aux antibiotiques, à la vaccination de masse et l'augmentation du niveau de vie, l'espérance de vie est passée en moyenne :
=> à 80 ans dans les PREE Pays aux Ressources Economiques Elevées
- Or dans les PREL Pays aux Ressources Economiques Limitées n'ont pas eu le même succès, 1/4 des décès dans le monde sont dans les PREL
 - Le Big 3 : Sida, tuberculose, paludisme tue 4 millions de personnes chaque année
 - Les maladies négligées (tuberculose bovine, rage, brucellose, dengue) touchent plus d'1 milliard de personnes principalement dans PREL, affectant leurs économie,

*Miguel et al, 2018
Oxford Univ press*



Le concept One Health - Eco Health

Face à ces constats :

- d'altération de la biodiversité,
- de risque infectieux grandissant et
- d'accroissement d'inégalités entre les pays ,

= > il est capital de repenser notre façon de concevoir les écosystèmes

Années 2000,

naissance du concept de one health – eco health

- volonté de décloisonner les thématiques
- La santé humaine et animales sont interdépendantes et liées à la santé des écosystèmes dans lesquels elles coexistent (OIE)



Le concept One Health - Eco Health

Analyse bibliographie sur Web Of Science, mot clé One health:

- 500 articles publiés / an en 2018

Vs - 40 articles publiés en 2000

Cadre de pensée en plein essor appuyé par les financeurs

Publics

- Union Européenne ICONZ

- USAID PREDICT, PREVENT, IDENTIFY, RESPOND

- British research council - ZELS

Privés

- Wellcome trust

- Bill and Melinda Gate Foundation

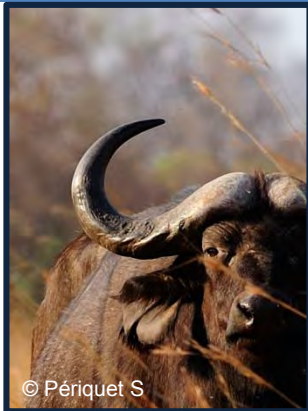
=> recherches transdisciplinaires qui connectent l'environnement et la santé

Le concept One Health - Eco Health

- **Changement de paradigme :**
 - passant d'un système linéaire et segmenté par thématique à une méthode de travail systémique et pluridisciplinaire
 - Plus adapté aux systèmes complexes
- Or ce concept nourricier manque d'incarnation et de concrétisation particulièrement dans la recherche française
- Et pourtant extrêmement adapté à nos systèmes d'études :
 - interfaces sauvages-domestiques en Afrique Sub-saharienne, au Zimbabwe



Les hôtes sauvages - domestiques

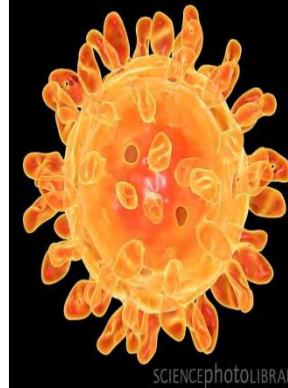


**Le buffle
africain**
(*Syncerus
caffer*)



**Les bovins
domestiques**
(*Bos taurus –
Bos indicus*)

Le pathogène

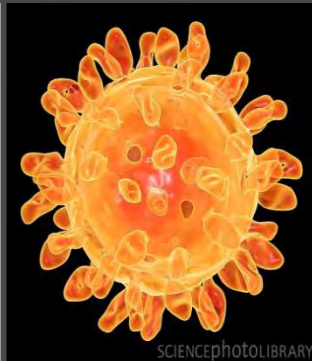


**Le virus de la
fièvre
aphteuse**
(*Aphthovirus*)

Modèle Fièvre aphteuse en Afrique australe

Le pathogène

Le virus de
la fièvre
aphteuse
(*Aphthovirus*)

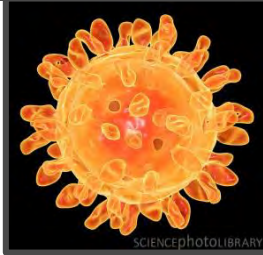


- Virus extrêmement contagieux (OIE, 2009)
- Circule dans les populations sauvages et domestiques principalement chez les Artiodactyles
- Buffle sauvage africain (*Syncerus caffer*) réservoir du virus pour 3 sérotypes : SAT1 – SAT2 et SAT3 (Thomson, 2003)

Modèle Fièvre aphteuse en Afrique australe

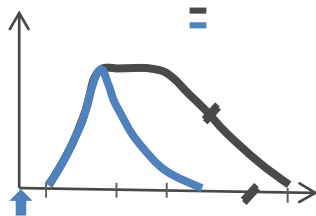
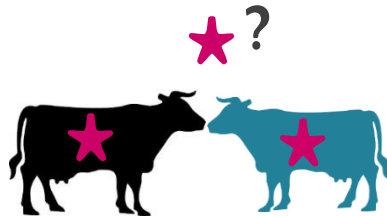
Le pathogène

Le virus de la
fièvre
aphteuse
(*Aphthovirus*)

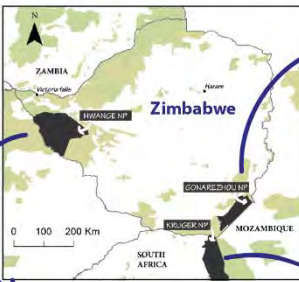


• Transmission du virus complexe :

- **Contacts directs** entre ind infectés et ind sensibles
- **Via l'environnement** : peu documenté
- **Survie du virus hors de l'hôte** : urine, salive
- **Sol** nu 10j - **37°C** et 365j - **4 °C** (*Lefèvre, 2010 et Charbonnier 2011*)
- **Aérosol** – condition humidité ++ (*Sorensen 2000*) : **Peu documenté** dans les écosystèmes de savane



Modèle Fièvre aphteuse en Afrique australe



Socio-Ecosystem 1: Dete / Hwange NP

Anthropization : +++
Wild community : +++
Access to health services : +++
Protected areas used by people : +++
Rural areas used by willife : -
Contact wild / domestic species : +



Socio-Ecosystem 2 : Malipati / Gonarezhou NP

Anthropization : ++
Wild community : ++
Access to health services : ++
Protected areas used by people : ++
Rural areas used by willife : +
Contact wild / domestic species : ++



Socio-Ecosystem 3 : Pesvi / Kruger NP

Anthropization : +
Wild community : +
Access to health services : +
Protected areas used by people : -
Rural areas used by willife : ++
Contact wild / domestic species : +++





© Périquet S



© Miguel E



© Google images



© Miguel E



© Google images



© Caron A



© Miguel E



© Caron A



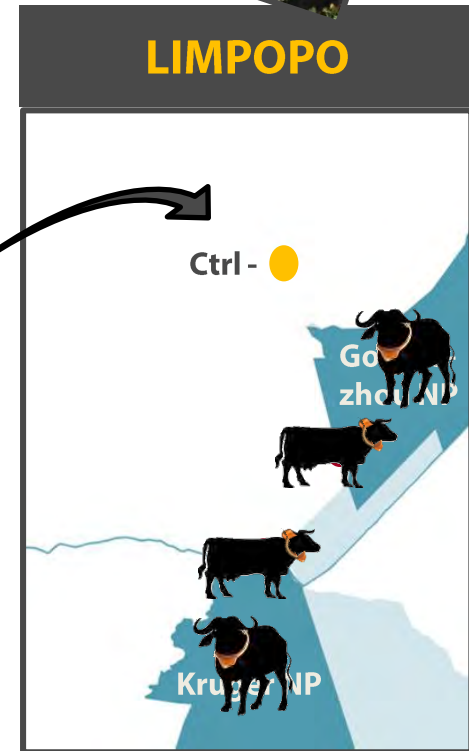
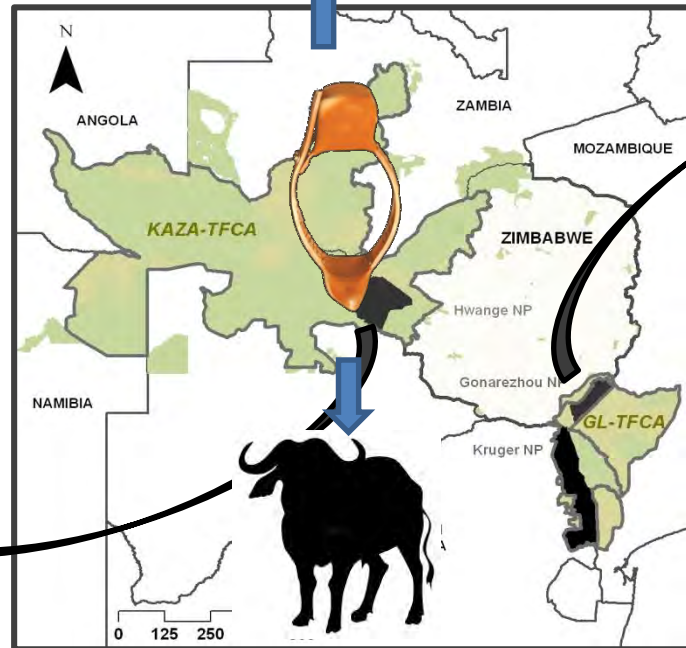
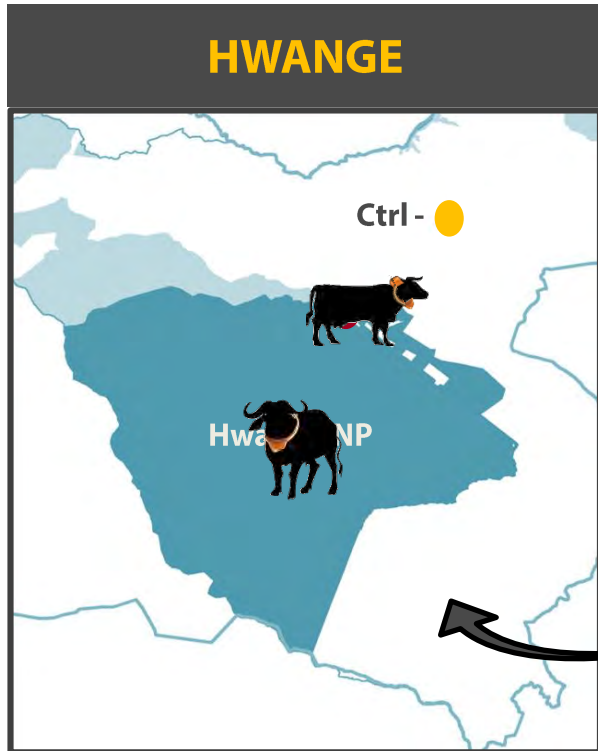
© Miguel E



© Miguel E

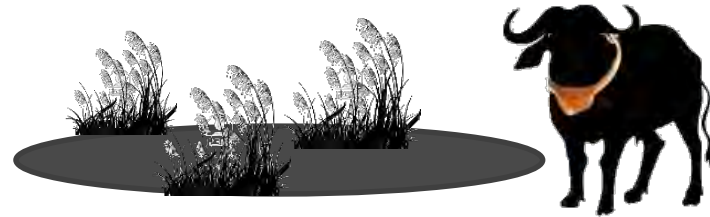
Modèle Fièvre aphteuse en Afrique australe

La télémétrie

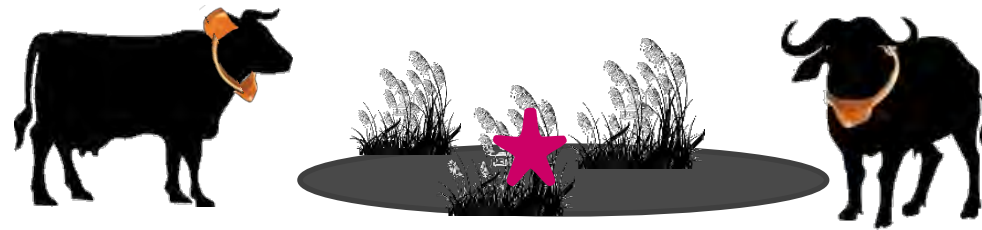


Miguel et al, 2013
Doctorat, Univ Montpellier

Modèle Fièvre aphteuse en Afrique australe

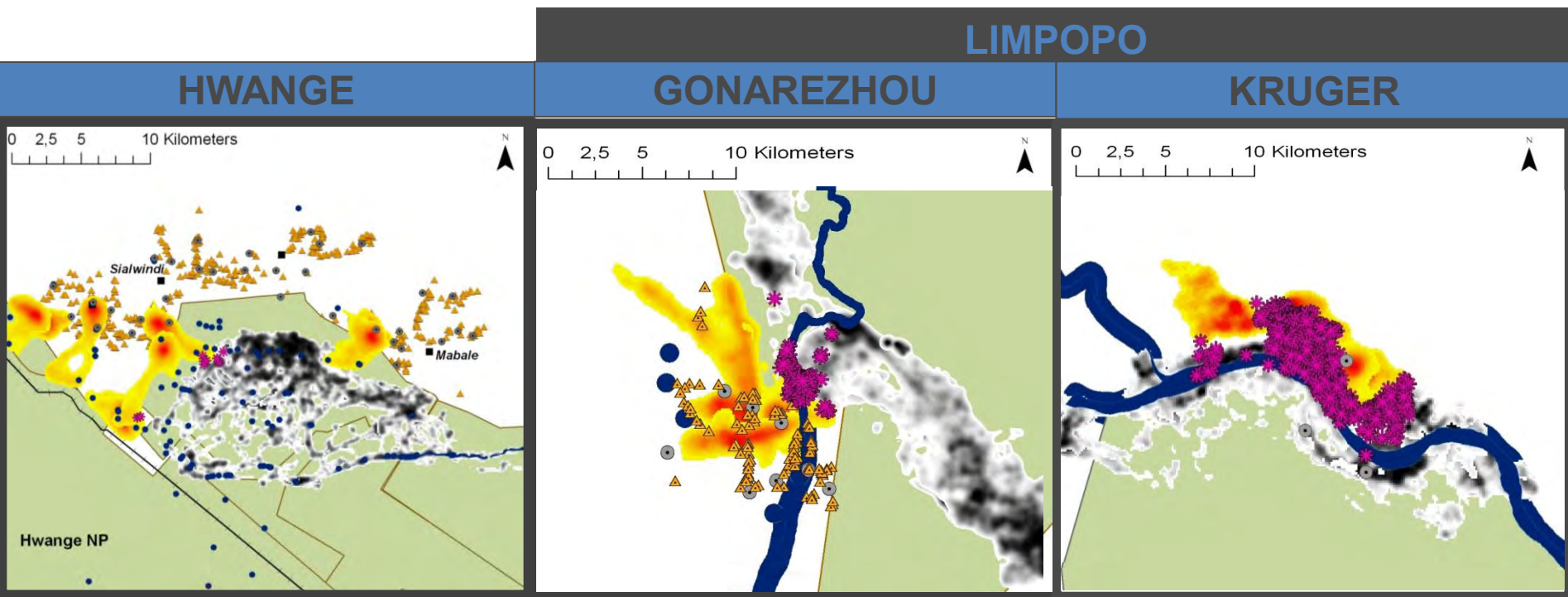


Trajectoire de '**vache**' dans les **15 jours**
et les **300m** d'une trajectoire de **buffle**

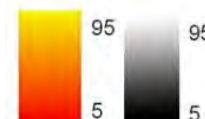


Enregistrement d'un **CONTACT**

Modèle Fièvre aphteuse en Afrique australe



Vaches – Buffles



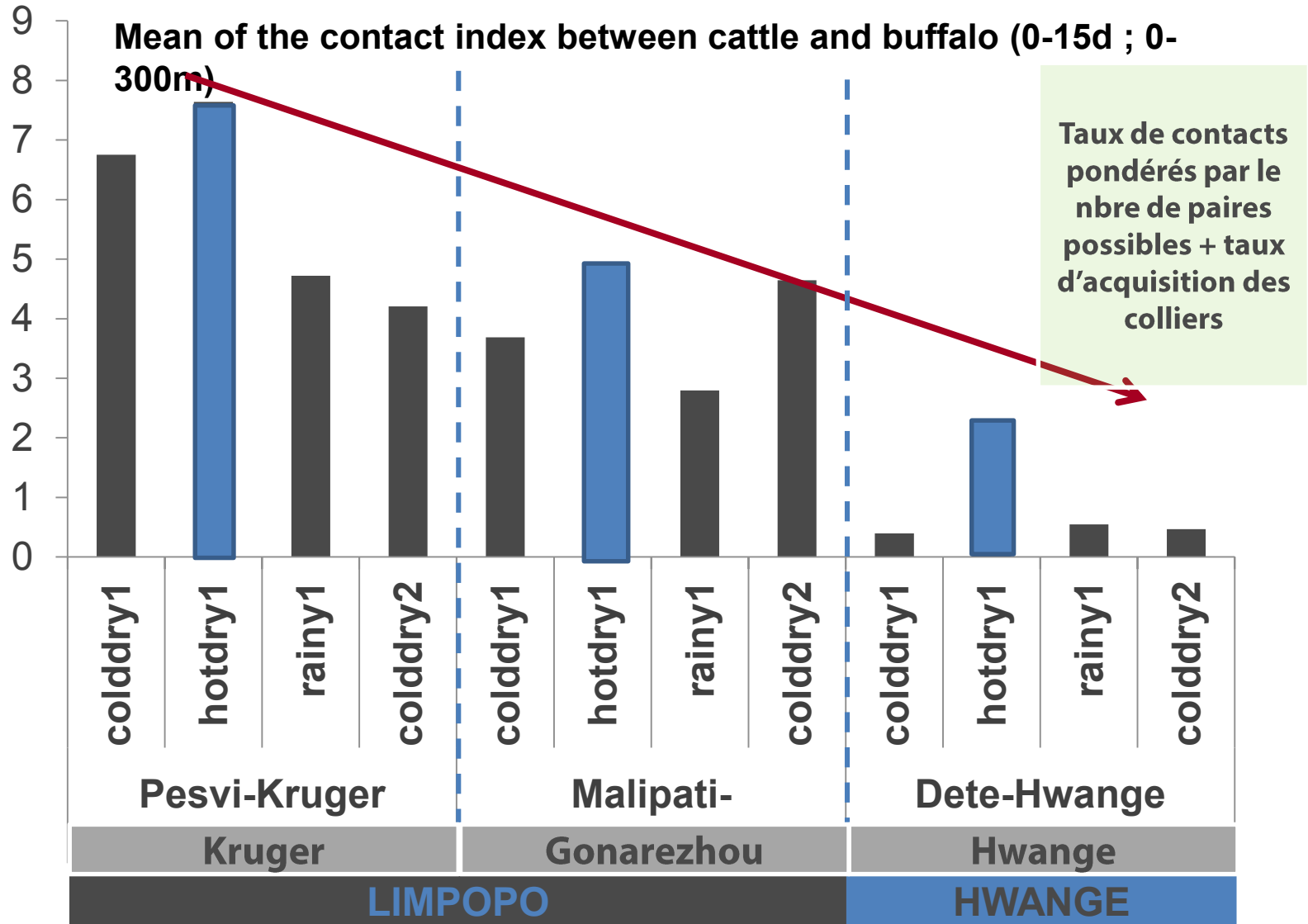
Aire de distribution
(fréquences cumulées en %)

Description des contacts dans l'espace

Miguel, 2012
Doctorat, Univ Montpellier

**Description des contacts dans le temps :
Site / Saison**

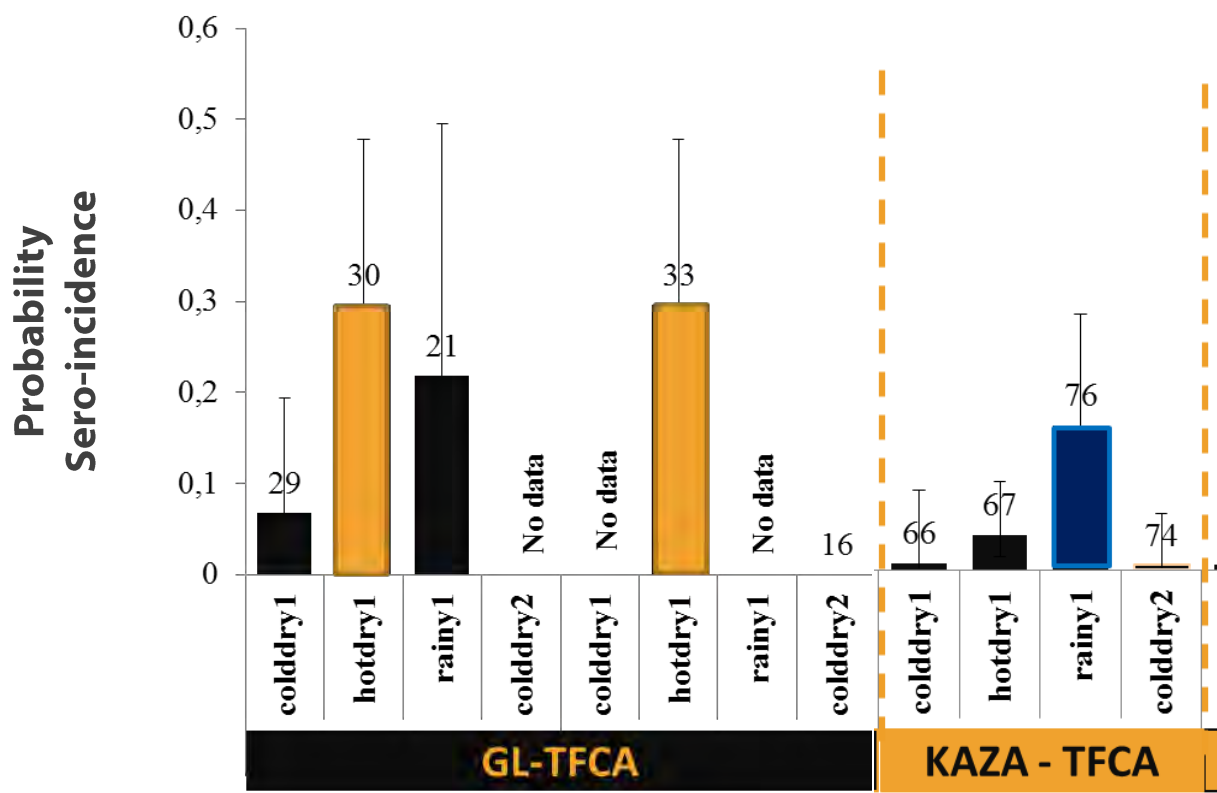
*Miguel, 2012
Doctorat, Univ Montpellier*



Modèle Fièvre aphteuse en Afrique australe

NSP : natural antibodies
INCIDENCE

Incidence probability over 4 months periods
 $0 \rightarrow 1 / (0 \rightarrow 1 + 0 \rightarrow 0)$

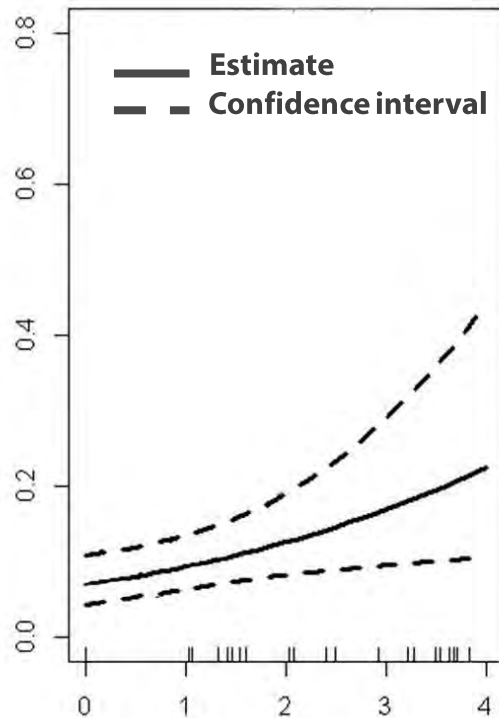


Miguel, 2012
Doctorat, Univ Montpellier

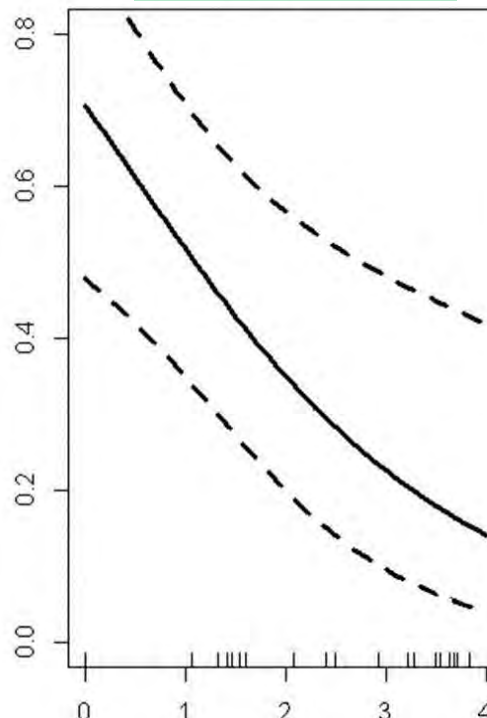
Modèle Fièvre aphteuse en Afrique australe

Probability

Serological INCIDENCE



Serological REVERSION

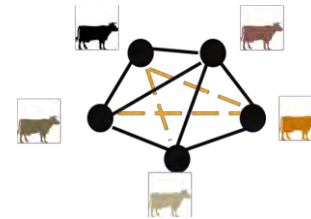
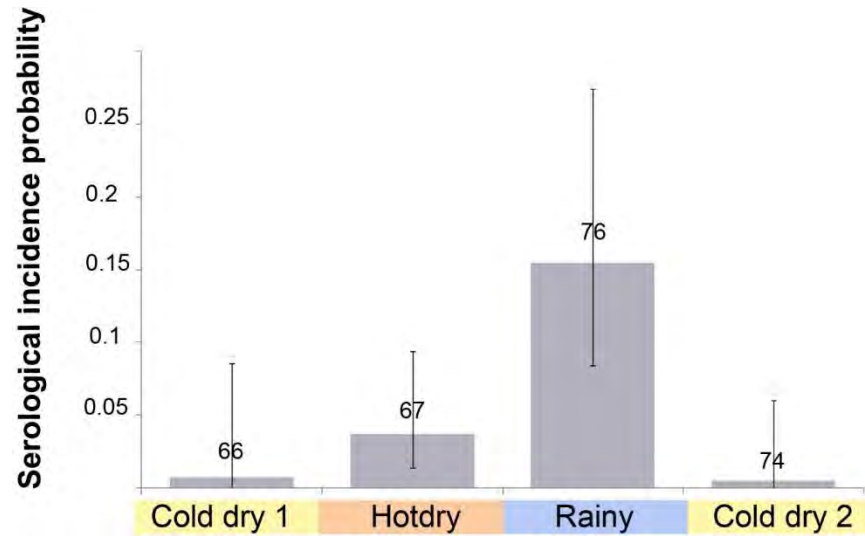


Index buffalo contact
/ cattle herd / 4 months before the cattle sampling

Contacts **interspécifiques** entre bovins sauvages et domestiques **influencent significativement**, **de** manière corrélative, les probabilités d'**acquisition** et de **perte** d'**anticorps** chez les bovins **domestiques**

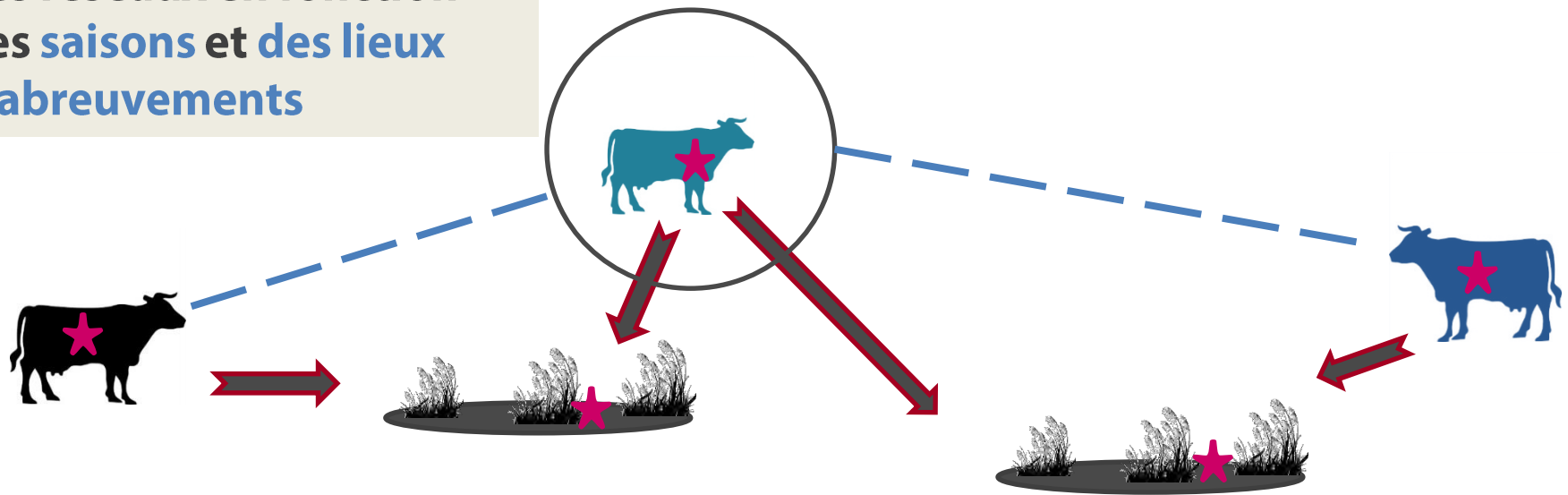
Miguel et al, Ecosphere 2013

Drivers of incidence?



Description de la **densité** des réseaux en fonction des **saisons** et des **lieux d'abreuvements**

Construction des réseaux d'interaction à partir d'enquêtes sur les stratégies d'élevage

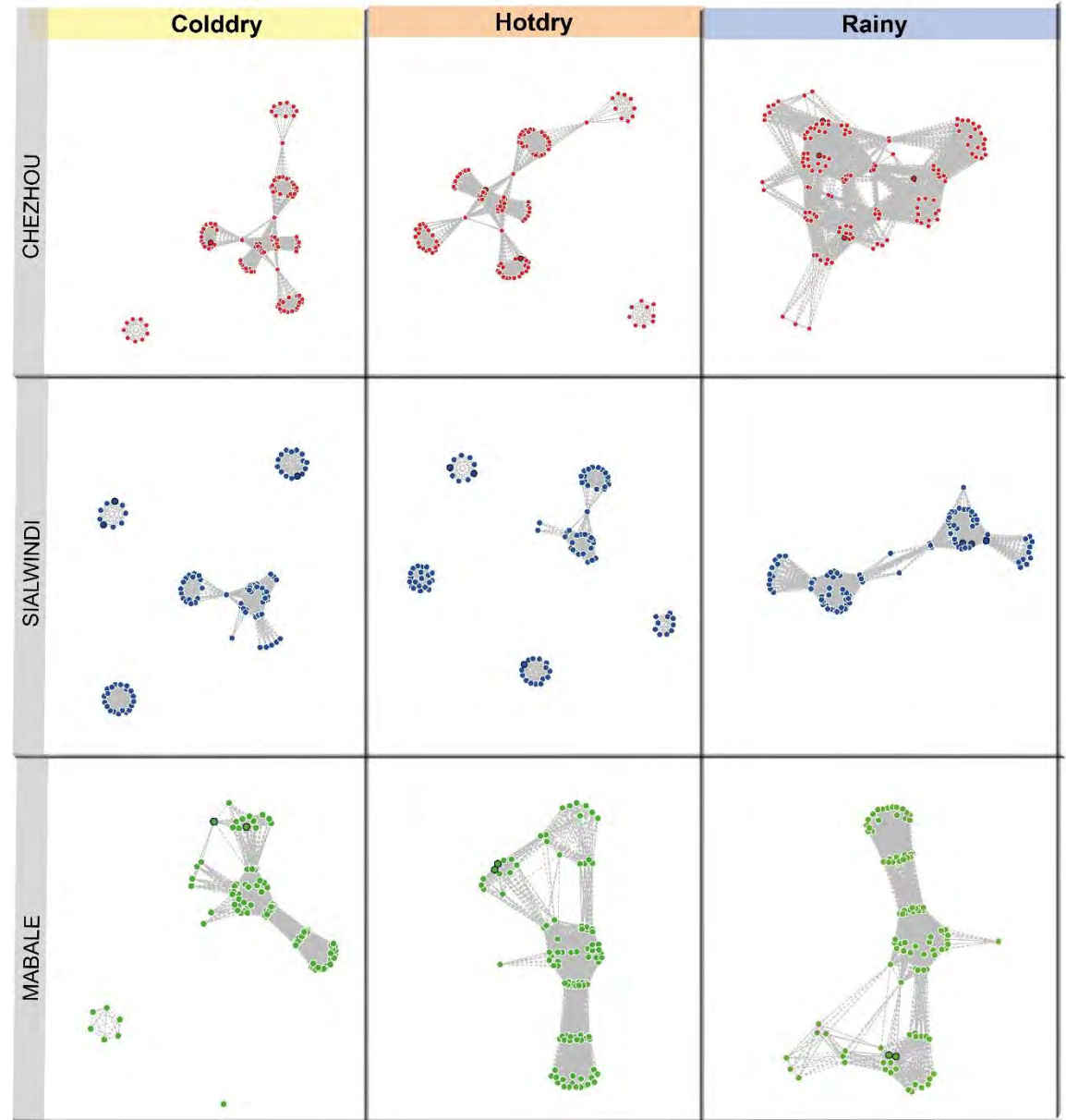


+ un réseau est connecté
+ il est dense

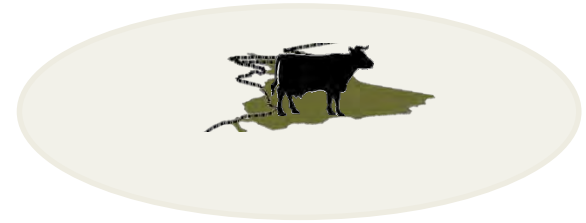
Modèle Fièvre aphteuse en Afrique australe



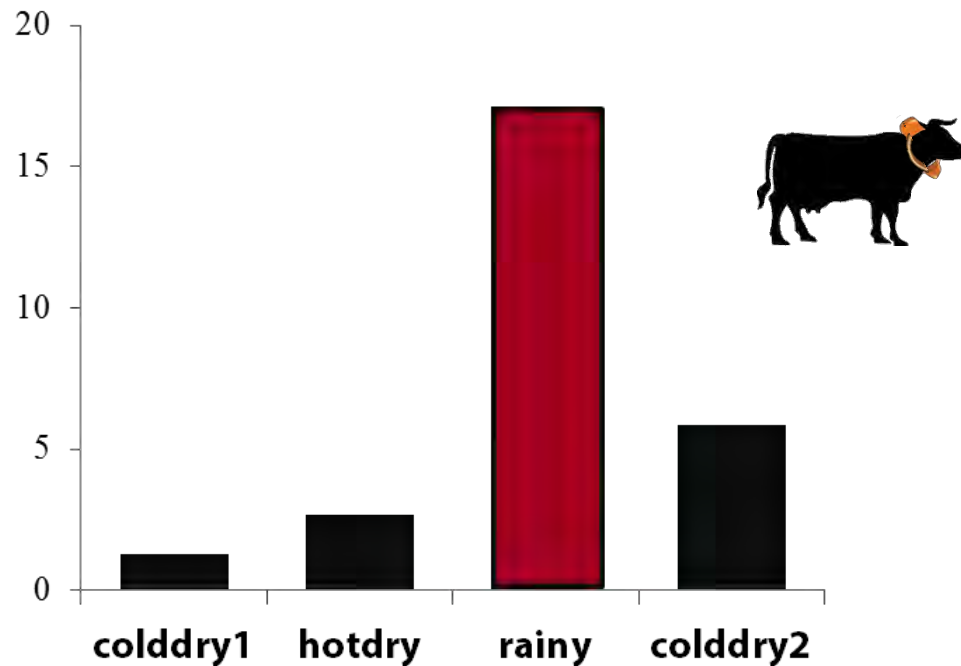
Miguel et al, 2017
Div & Distribution



Incursions of domestic bovines

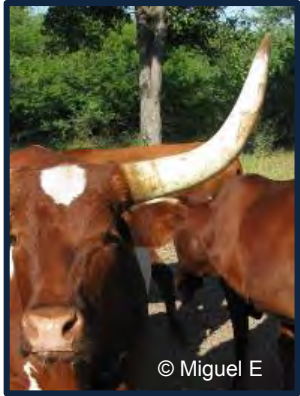


% Cattle localizations inside national park



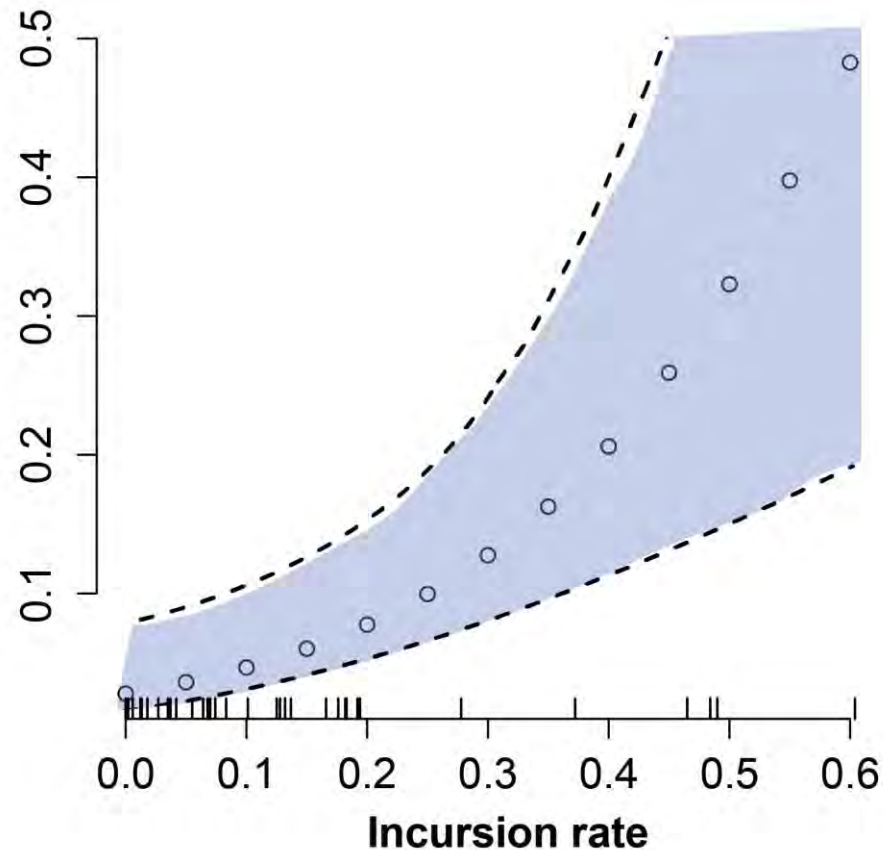
Modèle Fièvre aphteuse en Afrique australe

Model 2	AIC
incid ~ incursion	172,8
incid ~ incursion + buffalo contacts + owner degrees	175,1
incid ~ incursion + age	174,6
incid ~ 1	186,3
incid ~ network densities	187,1
incid ~ owner degrees	188,3
incid ~ buffalo contacts	187,7
incid ~ diptank	189,8



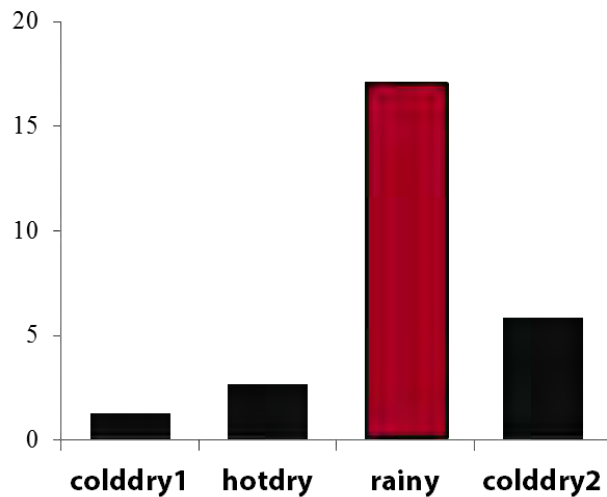
Miguel et al, 2017
Div & Distribution

Serological incidence probability



**Why do incursions of domestic bovines occur during the rainy season
...and not the dry seasons?**

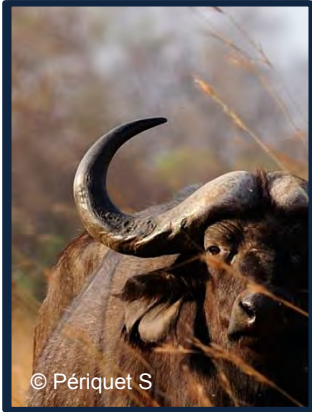
% Cattle localizations inside national park



Avoidance of predators during dry seasons?

Modèle Fièvre aphteuse en Afrique australe

Les hôtes sauvages - domestiques



**Le buffle
africain**
(*Syncerus
caffer*)



**Les bovins
domestiques**
(*Bos taurus* –
Bos indicus)

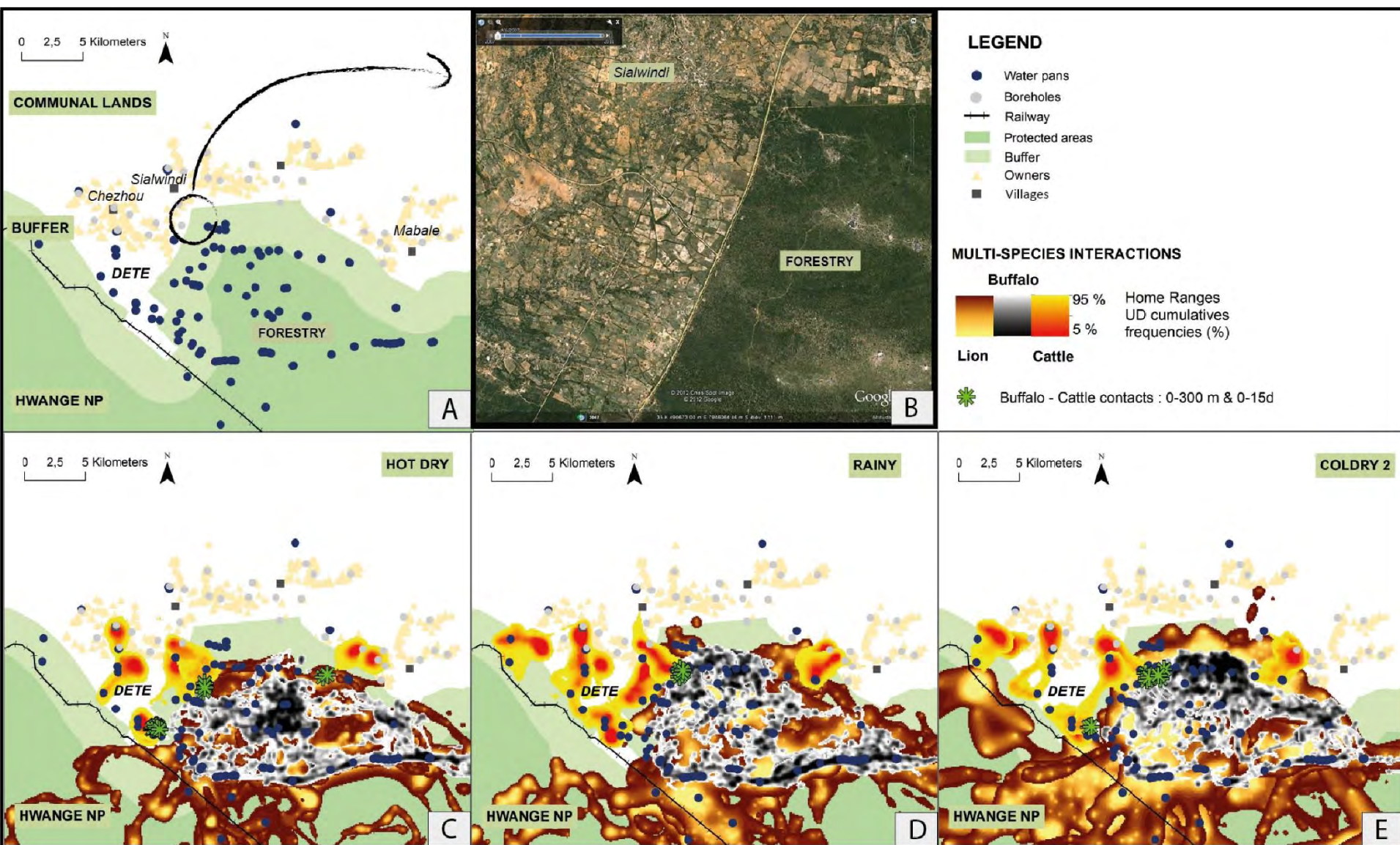


**Le virus de la fièvre
aphteuse (FA)**
(*Aphthovirus*)

Le lion
(*Panthera leo*)



Le prédateur des hôtes



Miguel et al, 2017
Div & Distribution

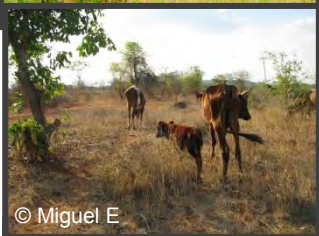
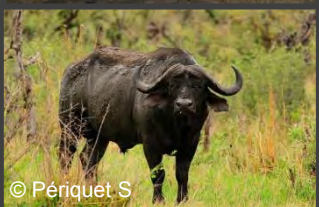
Determinants of Contacts : **predators**

Incursions during the rainy season?



Growing season for cultivated plants, domestic bovines are pushed into the park to avoid consumption of cultivated plants in the fields
(Perroton, 2015)

Conclusion



- **Interfaces** : des systèmes complexes où de nombreuses espèces interagissent : Les hommes, les animaux domestiques, les animaux sauvages pour avoir accès aux ressources

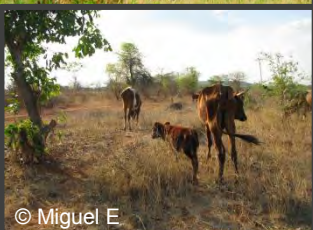
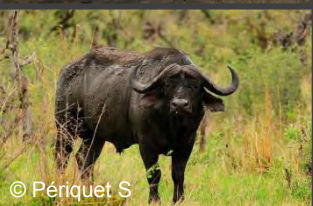
- Besoin vital d'une recherche **interdisciplinaire**

(i) Travailler sur les maladies infectieuses implique de plus en plus la prise en compte de l'écologie des espèces sauvages et domestiques :

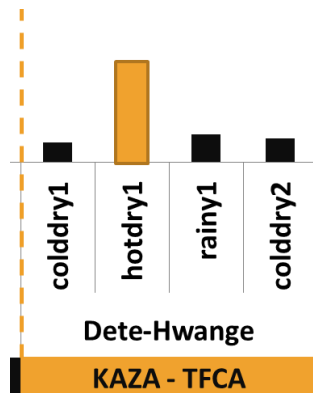
- Déplacement
- Saisonnalité
- Accès aux ressources alimentaires
- Recouvrement spatiaux

(ii) Mais aussi l'intégration des comportements humains avec l'étude du rapport que de l'homme entretient avec son environnement, la santé et l'animal

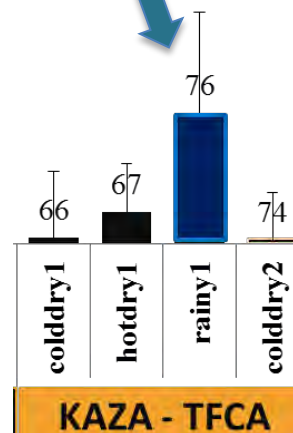
Conclusion



Index buffalo contact



Probability Sero-incidence



- Taux de contact faible avec l'espèce réservoir (i.e. buffle) en saison des pluies
- Alors **pourquoi** et **comment** s'infecte t on ?

Discussion ... Ecological Determinants

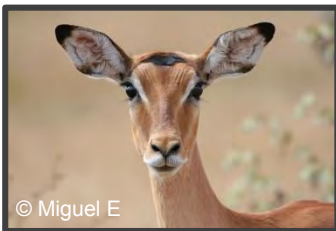
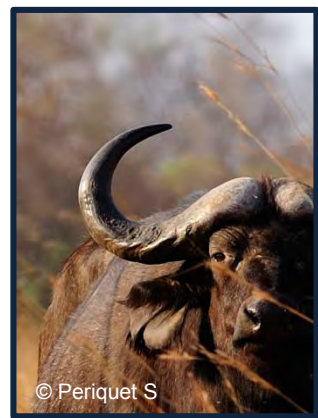
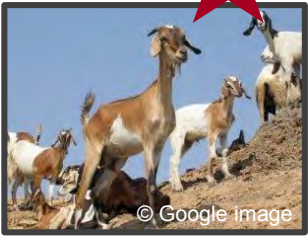
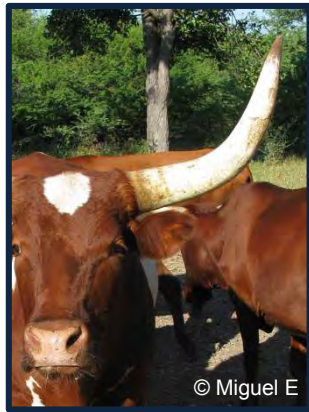
Consider interactions in community frameworks

Approach considering two hosts :
1 wild + 1 domestic

what about the

others AND the Environement????

★ SAT 2



(Bastos et al, 2000
Thomson et al, 2003
Vosloo et al, 2009)



WISHES

Wild host diversity :

How to Estimate and detect pathogenS?

In collaboration with:

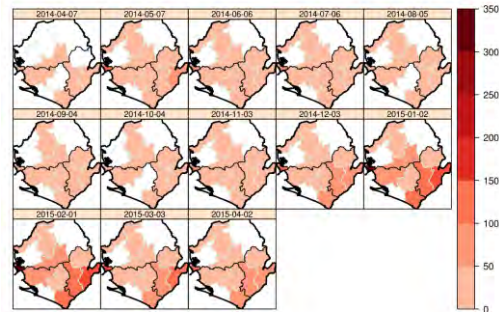
- Gift Matope (University of Zimbabwe)
- Davies Pfukenyi (University of Zimbabwe)
- Mthabissi Ndlovu (Univ Chinhoyi)
- Tawanda Tarakini (Univ Chinhoyi)
- Simon Chamailé (Cnrs, CEFE)
- Hervé Fritz (Cnrs, LBBE)
- Franck Prugnolle (Cnrs, MIVEGEC)
- Benjamin Roche (Ird, MIVEGEC)
- Virginie Rougeron (Cnrs, MIVEGEC)
- Christine Sidobre (Cnrs, MIVEGEC)
- Céline Arnathau (Cnrs, MIVEGEC)
- Florian Liégeois (Ird, MIVEGEC)
- Labib Lakali (ANSES)
- Stephan Zentera (ANSES)
- Vladimir Grosbois (CIRAD, ASTRE)
- Alexandre Caron (Cirad, ASTRE)
- Ponsart Claire (ANSES)
- Loic Comtet (Idvet)



2019-2020

New projects in Zimbabwe

◆ The big questions



What are the spatio-temporal dynamics of infectious diseases in wild hosts in sub-saharian Africa ?

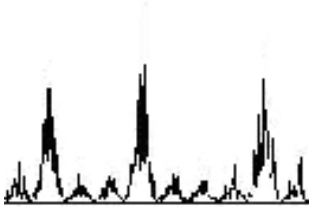
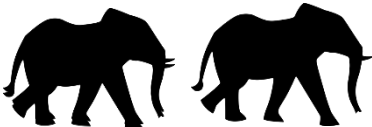
Need to develop new methods of indirect samplings and pathogens detections

► Why it is important to work on the pathogen (virus or bacteria) ?

● to know :

- Where the pathogen emerged and when?
- What are the ways of transmission among species ?
- Which species are more influent in the transmission than others ?

Nouveaux projets au Zimbabwe

Hosts diversity and abundance	Temporal dynamic	Strains	Prevalence
 			
 			
 			
 			
 			

(Kamath, 2016)

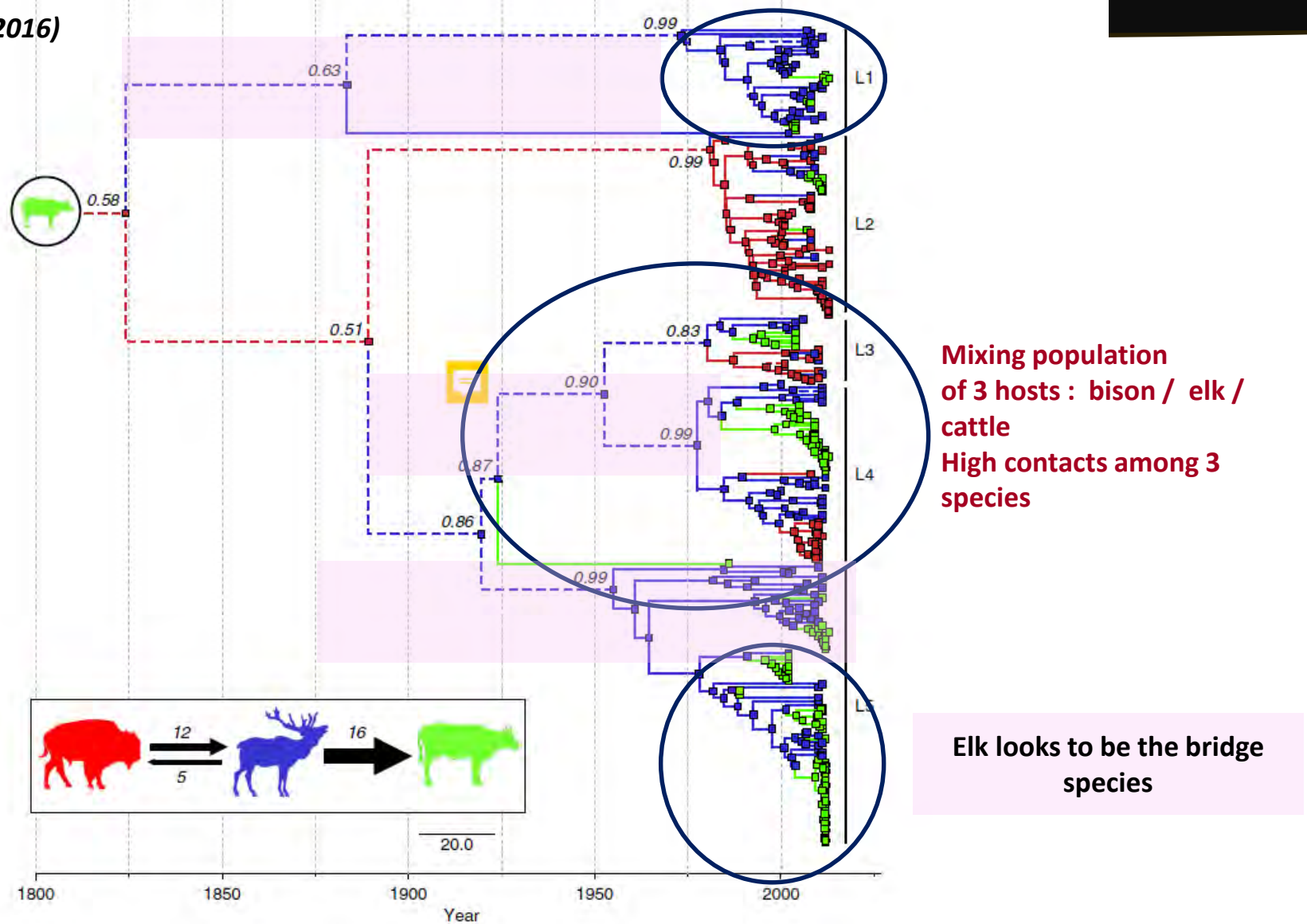


Figure 2 | Ancestral host-state reconstruction over the *B. abortus* phylogeny. Maximum clade credibility tree under a model of asymmetric host species transitions. Host-state posterior probabilities (PP) are reported for ancestral nodes up to the MRCA for each lineage (L1-L5). Branches and nodes (squares) are annotated with their most probable (PP > 0.5) host species states using colour labels (red = bison; blue = elk; green = livestock (that is, cattle and domestic bison)). Branches shown with dashed lines represent states that cannot be predicted accurately with the data used here given that the identified lineages likely represent separate introductions. Cattle were the original source of introduction into the GYE, and thus, are the hypothesized MRCA host state for all isolates (shown in circle at root).

Et demain ...?



On a certainement encore beaucoup de choses à découvrir sur les animaux sauvages, domestiques, les espèces végétales et les hommes!! À suivre....

