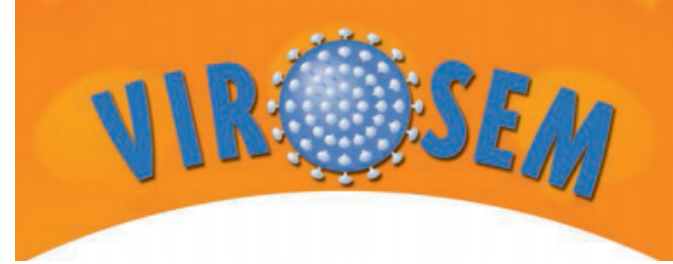


**XIV^{ème} Séminaire de Formation et d' Echanges
en Virologie Clinique, 18-20 septembre 2014,
Lyon, France**



Biodiversité et impact sur l' émergence des maladies infectieuses en populations animales sauvages ou l' agro-alimentaire

Jean-François Guégan, *DRCE, PhD*

Centre IRD de Montpellier

Courriels : jean-francois.guegan@ird.fr

jean-francois.guegan@ehesp.fr

<http://www.mivegec.ird.fr>

<http://www.ehesp.fr>

<http://www.labex-ceba.fr>



XIV^{ème} Séminaire de Formation et d' Echanges en Virologie Clinique, 18-20 septembre 2014, Lyon, France

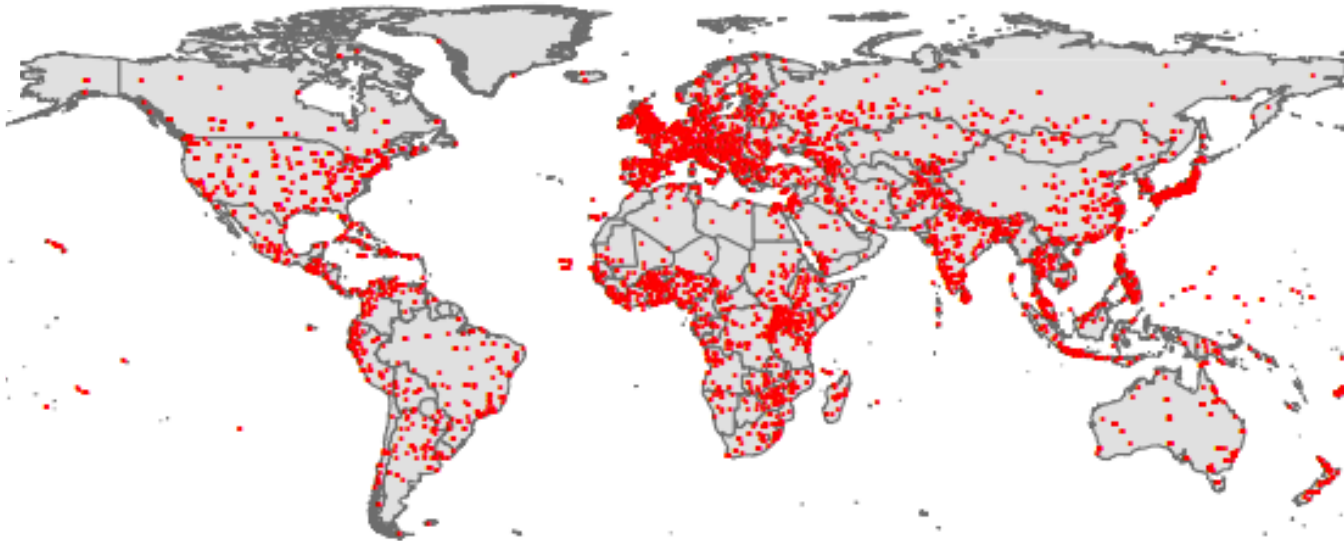
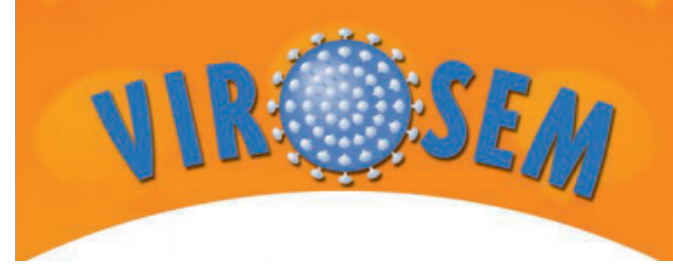


Figure 1: The global distribution of human infectious disease (HID) outbreaks, 1980 - 2013. Each red dot is a location where an outbreak occurred. 8,437 outbreaks in the Global Infectious Diseases and Epidemiology Online Network-based (GIDEON) database include information on specific location where the outbreak occurred (city, region, department, e.g.). Following a large geocoding effort using these specific locations, the finalized geodatabase is ready for spatial analysis.

XIV^{ème} Séminaire de Formation et d' Echanges en Virologie Clinique, 18-20 septembre 2014, Lyon, France



24

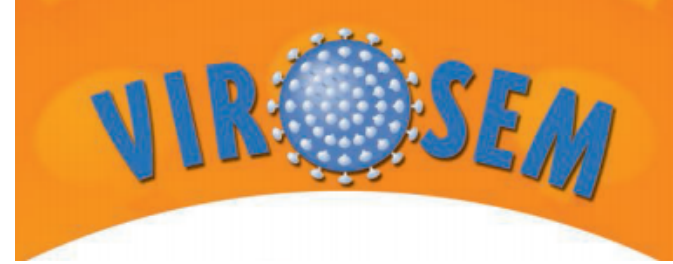
IMPACT SUR LA SANTÉ

2,5 MILLIARDS EN 1955, PLUS DE 6,5 MILLIARDS AUJOURD'HUI ET PRÈS DE 9-10 MILLIARDS DANS CINQUANTE ANS, VOICI L'EXPANSION RAPIDE D'*HOMO SAPIENS SAPIENS* AU SEIN DE LA BIOSPHERE. L'HOMME MODIFIE LA TERRE ET L'ENSEMBLE DES ÉCOSYSTÈMES EN ROMPANT L'ÉQUILIBRE DES INTERACTIONS, COMPÉTITIONS ET COOPÉRATIONS ENTRE ESPÈCES. QUELLES SERONT LES CONSÉQUENCES DE L'ÉROSION DE LA BIODIVERSITÉ SUR L'ÉVOLUTION DES MICROBES QUI, COMME NOUS, FONT PARTIE DU GRAND LIVRE DU VIVANT ? NOTRE SANTÉ EN DÉPEND !

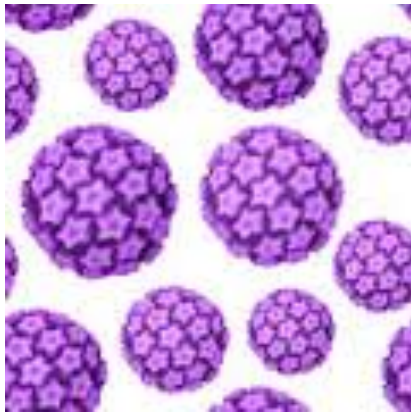
LA BIODIVERSITÉ CONTRE LES ÉPIDÉMIES



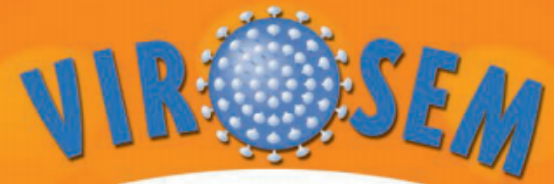
**XIV^{ème} Séminaire de Formation et d' Echanges
en Virologie Clinique, 18-20 septembre 2014,
Lyon, France**



VECTEURS



XIV^{ème} Séminaire de Formation et d' Echanges en Virologie Clinique, 18-20 septembre 2014, Lyon, France



Classification des déterminants principaux responsables de l'émergence, dans les populations humaines, de 177 agents étiologiques responsables de maladies infectieuses émergentes, et présentation de quelques exemples de pathologies associées

Rang	Déterminant (classé par ordre)	Exemples
1	Changements d'usage des sols, pratiques agricoles et agronomiques et procédés liés	Infection à virus Nipah en Asie du Sud- Est, <i>ESB</i>
2	Changements démographiques, sociétaux et comportementaux	Coqueluche humaine, VIH, syphilis
3	Précarité des conditions sanitaires	Choléra, tuberculose
4	Liés à l'hôpital (nosocomial) ou à des erreurs de soins et de pratiques	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i>
5	Evolution des agents pathogènes (résistance aux antibiotiques, augmentation de virulence...)	ERG, Chikungunya, A/H1N1, H5N1
6	Contamination par les aliments ou l'eau	<i>E. coli</i> , <i>ESB</i> , <i>Salmonella</i>
7	Voyages et échanges humains inter-continentaux	Dengue, grippe saisonnière, H5N1
8	Défauts, désorganisation des systèmes de santé et de surveillance	Maladie du sommeil en Afrique centrale, maladies à tique et tuberculose en ex-URSS
9	Transports économiques de biens commerciaux et d'animaux	Virus Monkeypox, H5N1, <i>Salmonella</i>
10	Changement climatique	Paludisme en Afrique de l'Est, dengue en Asie du Sud-Est, leishmaniose viscérale dans l'Europe du Sud (forte suspicion)

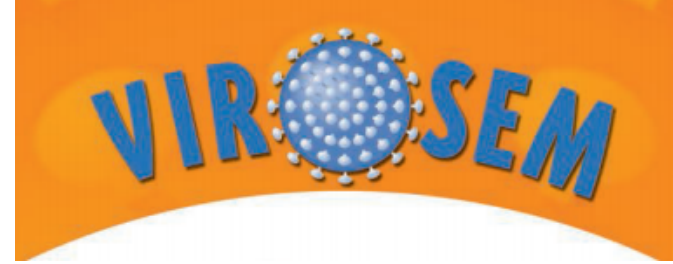


Les **maladies infectieuses émergentes** : état de la **situation** et **perspectives**

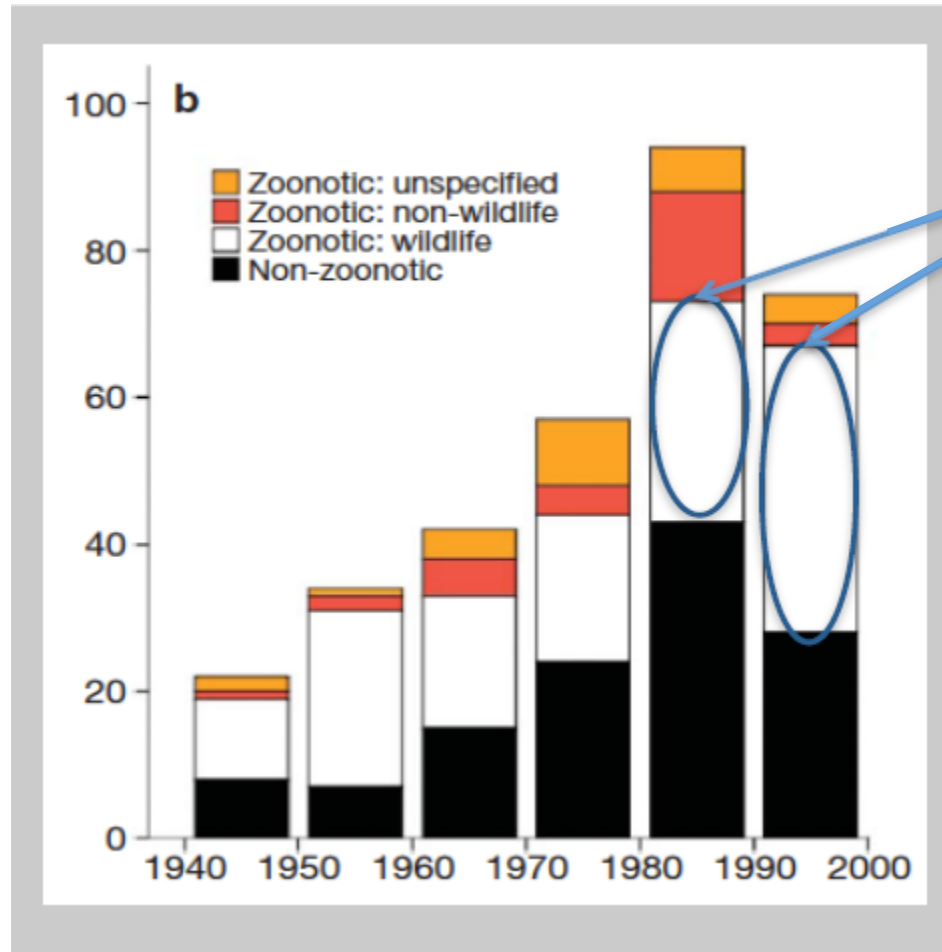
Collection
Avis et rapports



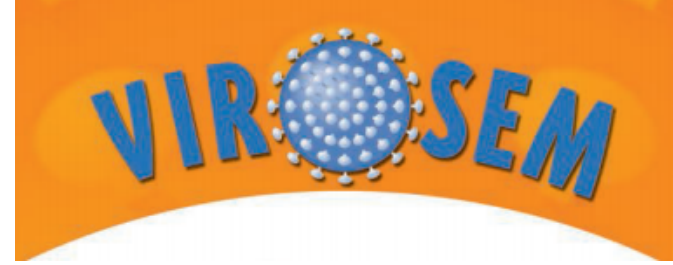
XIV^{ème} Séminaire de Formation et d' Echanges en Virologie Clinique, 18-20 septembre 2014, Lyon, France



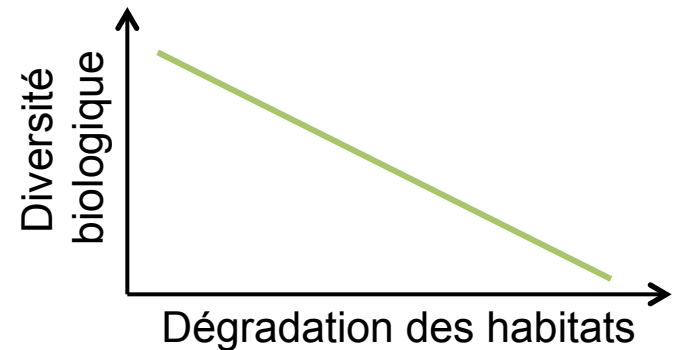
Maladies infectieuses émergentes (humaines) et importance de la biodiversité comme réservoir



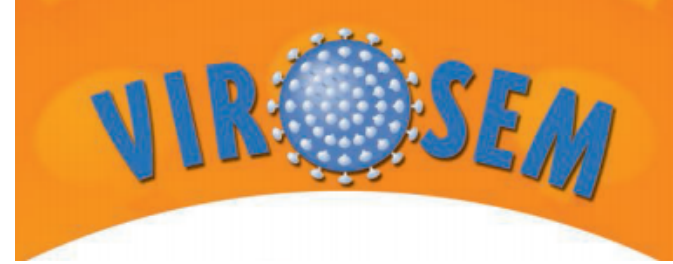
Influence de
la biodiversité



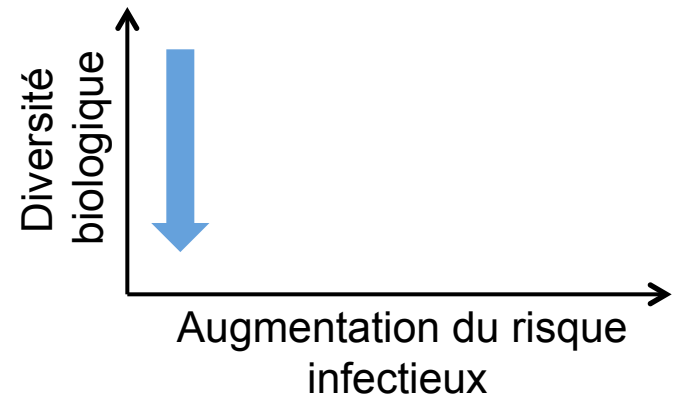
Destruction des habitats et perte de diversité biologique



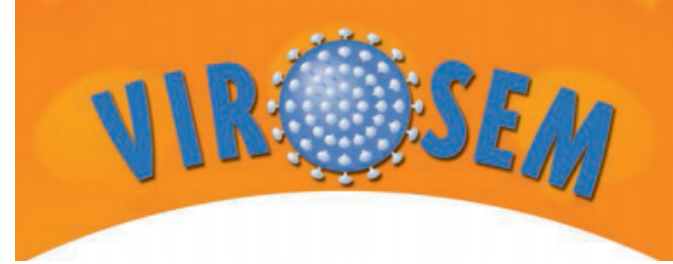
**XIV^{ème} Séminaire de Formation et d' Echanges
en Virologie Clinique, 18-20 septembre 2014,
Lyon, France**



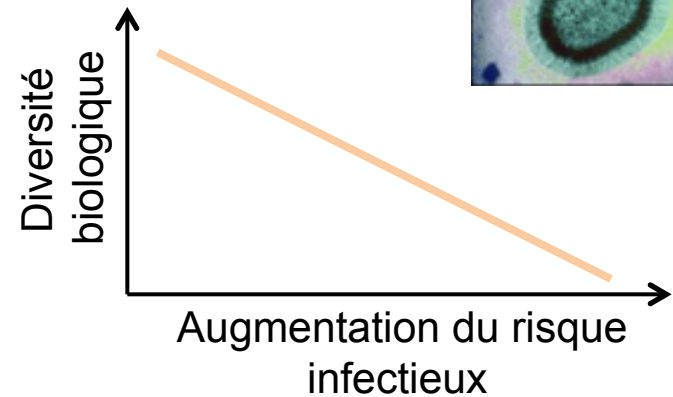
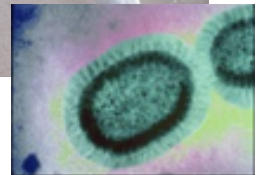
Quelle(s) incidence(s) sur la transmission infectieuse ?



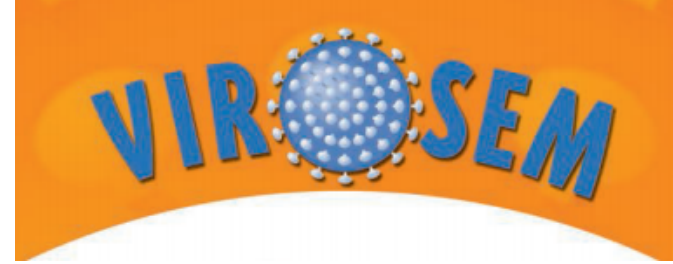
**XIV^{ème} Séminaire de Formation et d' Echanges
en Virologie Clinique, 18-20 septembre 2014,
Lyon, France**



Quelle(s) incidence(s) sur la transmission infectieuse ?



**XIV^{ème} Séminaire de Formation et d' Echanges
en Virologie Clinique, 18-20 septembre 2014,
Lyon, France**



Des travaux sur le thème biodiversité - infections en augmentation

**The ecology of infectious disease: Effects of
host diversity and community composition
on Lyme disease risk**

PNAS | January 21, 2003 | vol. 100 | no. 2 | 567-571

Kathleen LoGiudice^{*†}, Richard S. Ostfeld^{*}, Kenneth A. Schmidt^{*§}, and Felicia Keesing^{*¶}

VOL. 181, NO. 1 THE AMERICAN NATURALIST JANUARY 2013

PROCEEDINGS
OF
THE ROYAL
SOCIETY **B**

Proc. R. Soc. B (2006) 273, 109–117
doi:10.1098/rspb.2005.3284
Published online 12 October 2005

**Avian diversity and West Nile virus: testing
associations between biodiversity
and infectious disease risk**

Vanessa O. Ezenwa^{1,*}, Marvin S. Godsey², Raymond J. King²
and Stephen C. Gupill¹

**The Impact of Community Organization
on Vector-Borne Pathogens**

Benjamin Roche,^{1,2,3,*} Pejman Rohani,^{2,4,5} Andy P. Dobson,⁶ and Jean-François Guégan^{3,7}

PHILOSOPHICAL
TRANSACTIONS
OF
THE ROYAL
SOCIETY **B**



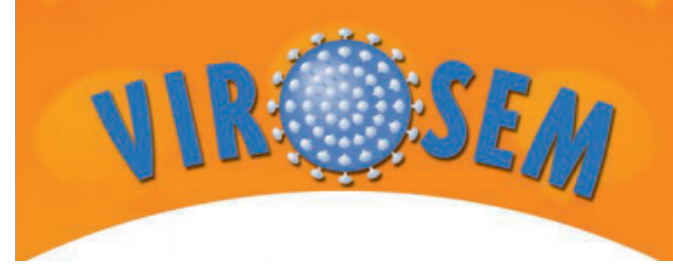
Phil. Trans. R. Soc. B (2012) 367, 2807–2813
doi:10.1098/rstb.2011.0364

Research

**Linking community and disease ecology: the
impact of biodiversity on pathogen
transmission**

Benjamin Roche^{1,2,4,*}, Andrew P. Dobson⁵, Jean-François Guégan^{4,6}
and Pejman Rohani^{2,3,7}

XIV^{ème} Séminaire de Formation et d' Echanges en Virologie Clinique, 18-20 septembre 2014, Lyon, France



Une synthèse (en anglais) publiée au *Comptes Rendus Biologie*

C. R. Biologies 334 (2011) 385–392



Contents lists available at ScienceDirect

Comptes Rendus Biologies

www.sciencedirect.com

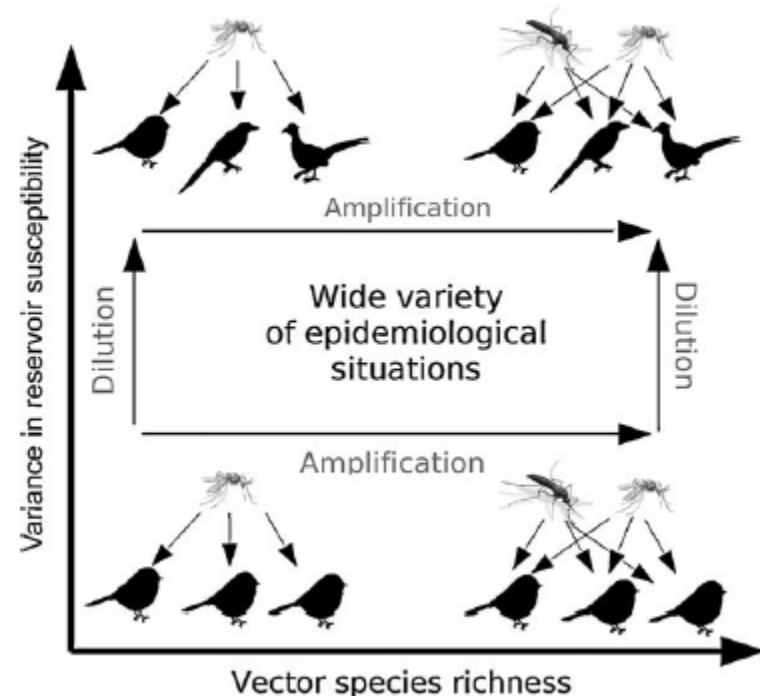


Biodiversity/Biodiversité

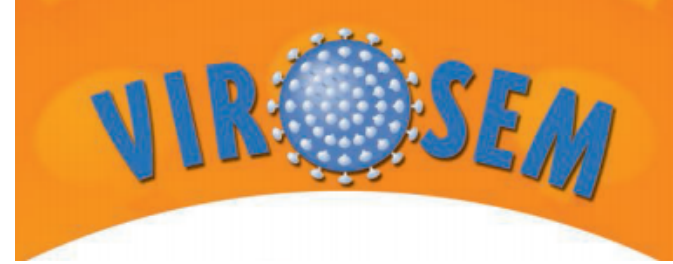
Ecosystem dynamics, biological diversity and emerging infectious diseases

Benjamin Roche^a, Jean-François Guégan^{b,*,c}

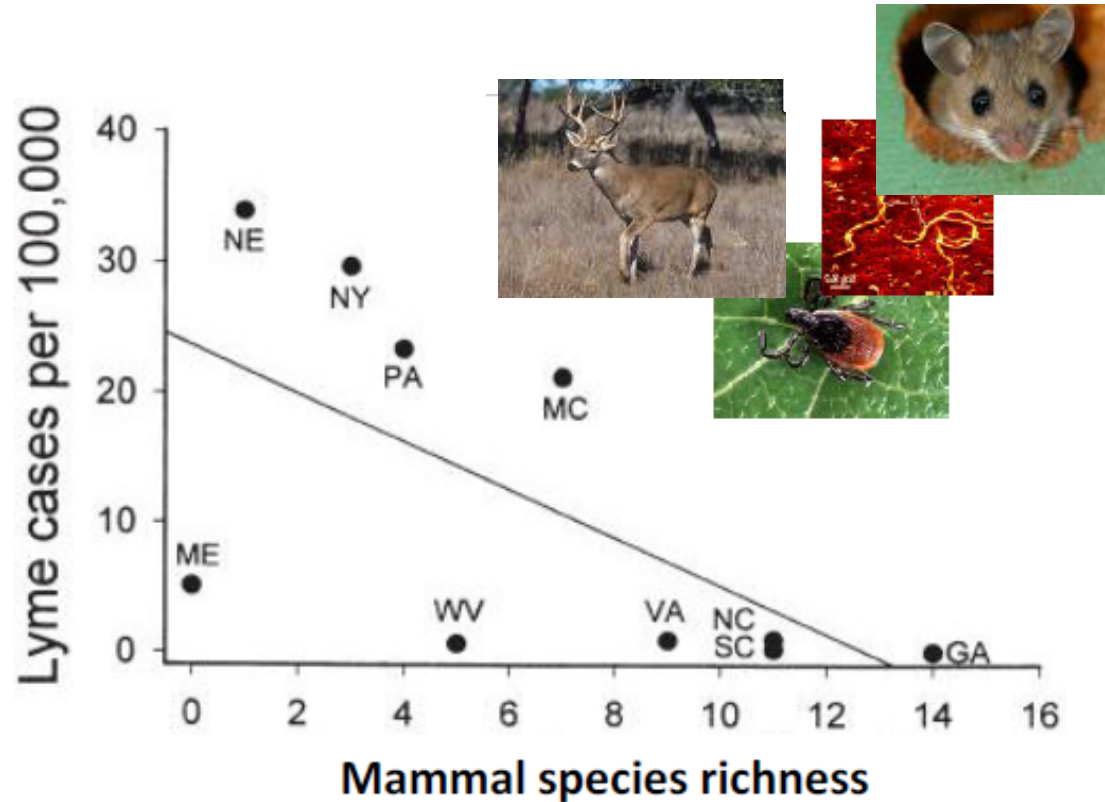
Quel(s) rôle(s) exact(s) joue
la diversité biologique sur la
transmission infectieuse ?



XIV^{ème} Séminaire de Formation et d' Echanges en Virologie Clinique, 18-20 septembre 2014, Lyon, France



**Une diversité spécifique riche en espèces (hôtes) diminue l'incidence
d'infection dans les populations humaines**



**Biodiversity and Disease Risk:
the Case of Lyme Disease**

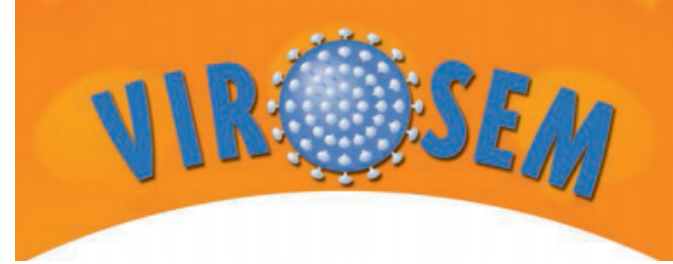
RICHARD S. OSTFELD* AND FELICIA KEESING*†

Conservation Biology

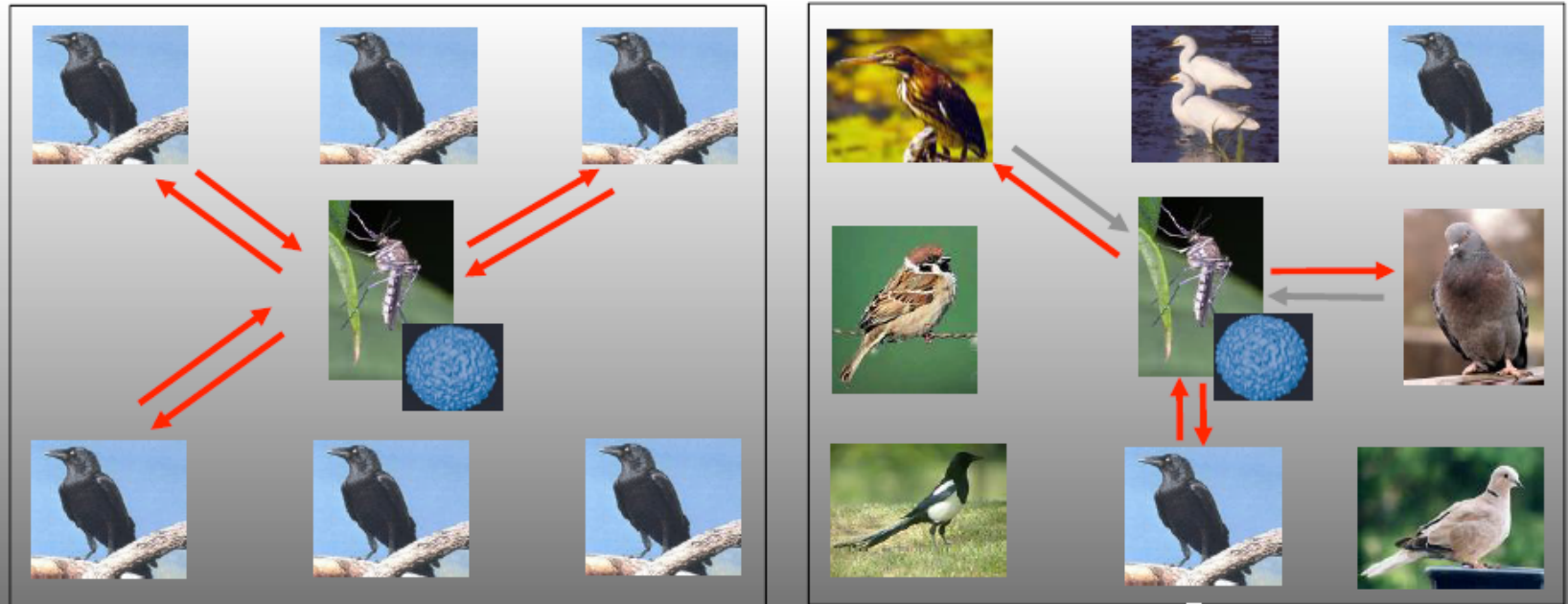
Article first published online: 24 DEC 2001

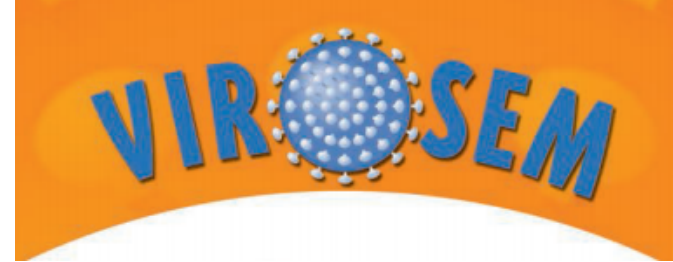
DOI: 10.1046/j.1523-1739.2000.99014.x

**XIV^{ème} Séminaire de Formation et d' Echanges
en Virologie Clinique, 18-20 septembre 2014,
Lyon, France**

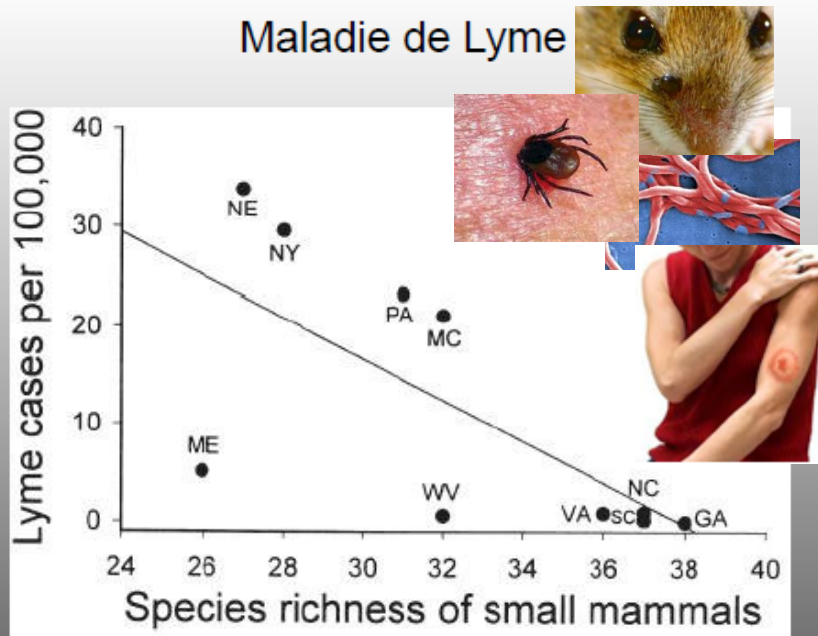


Effet de dilution joué par une forte diversité biologique et son action sur la transmission

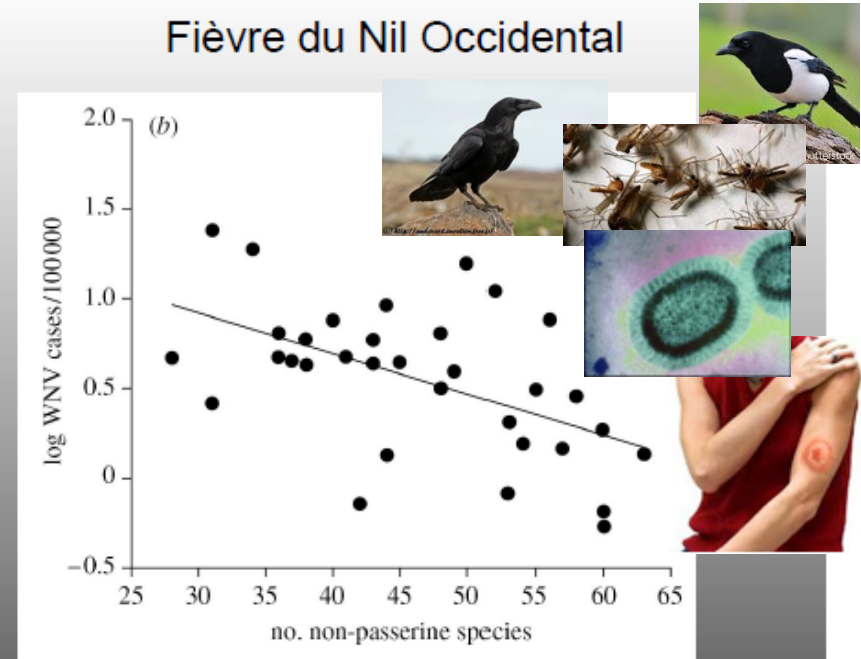




Multiplication du nombre d'exemples où cela fonctionne bien !



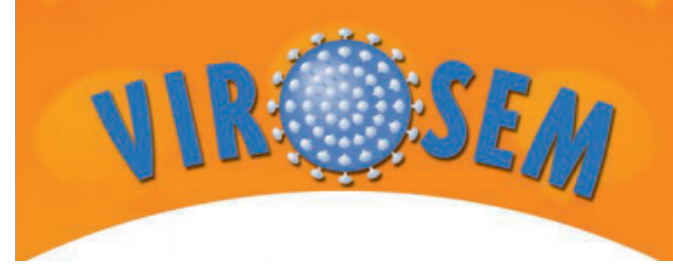
Facteur de dilution: 30



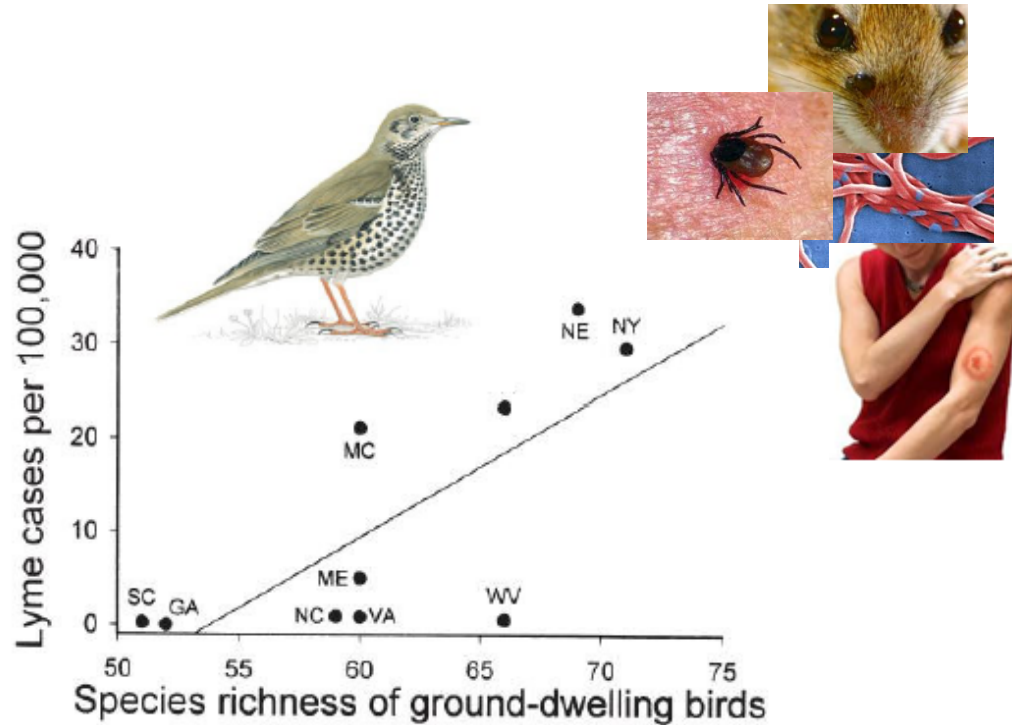
Facteur de dilution: 3

Pourquoi cette différence?

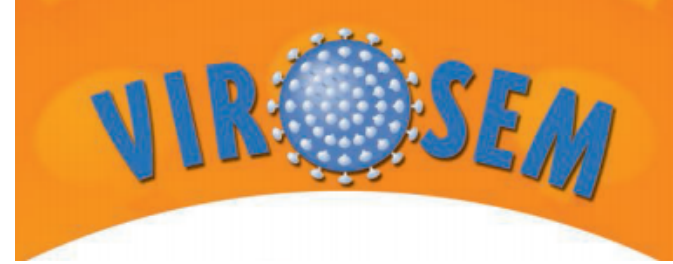
**XIV^{ème} Séminaire de Formation et d' Echanges
en Virologie Clinique, 18-20 septembre 2014,
Lyon, France**



Plusieurs autres exemples où cela ne fonctionne pas !



XIV^{ème} Séminaire de Formation et d' Echanges en Virologie Clinique, 18-20 septembre 2014, Lyon, France

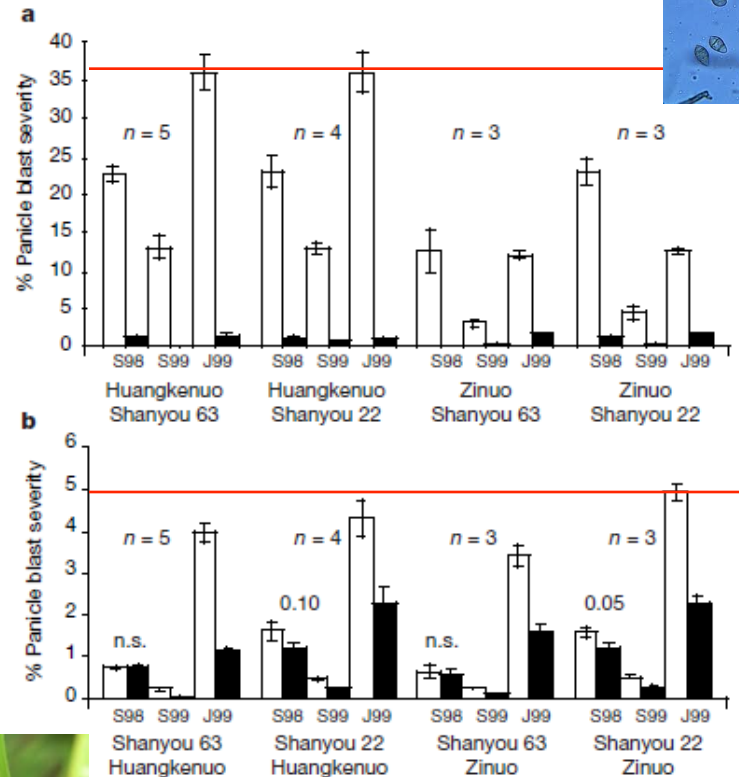
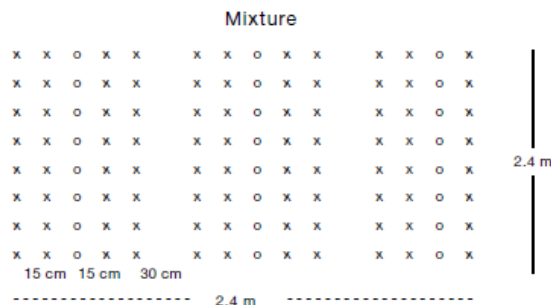
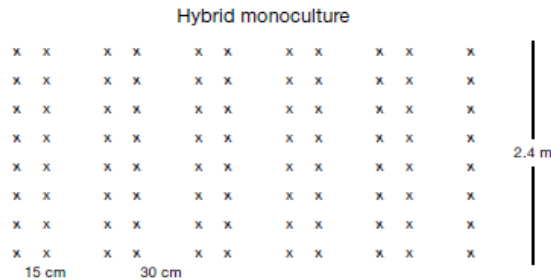
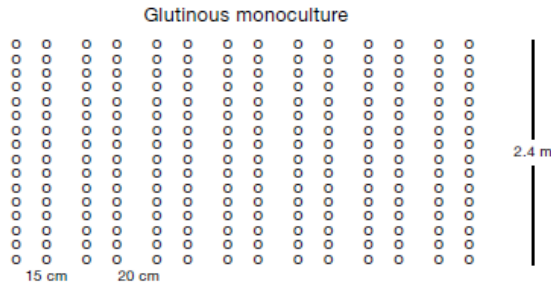


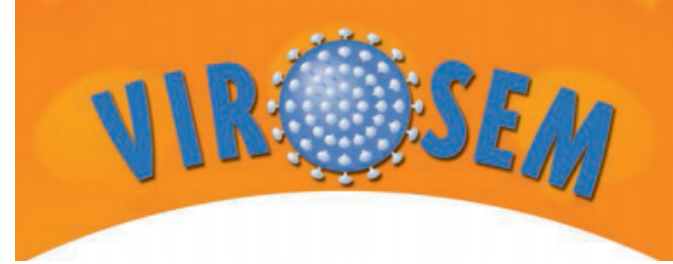
**Pour les plantes, ici différentes variétés de riz,
on observe le même phénomène**

disease control in rice

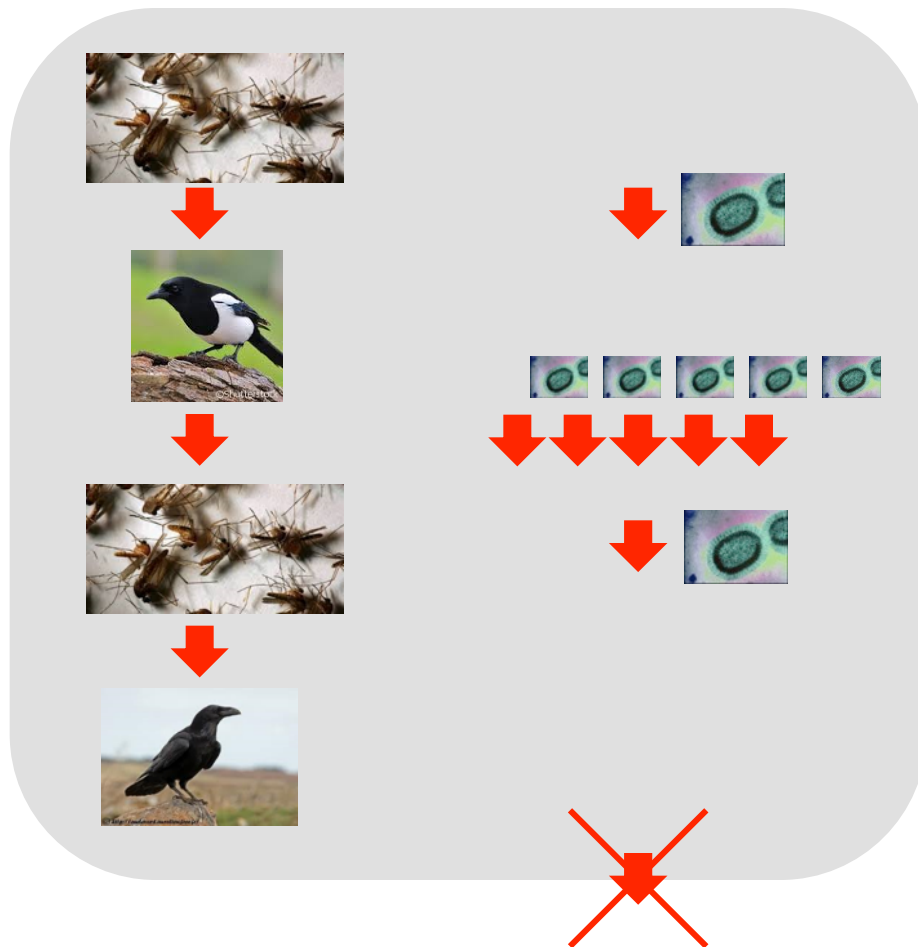
Yuyong Zhu¹, Hairu Chen¹, Jinghua Fan¹, Yanyue Wang¹, Yan Li¹,
Jianbing Chen¹, JinXiang Fan¹, Shisheng Yang², Lingping Hu³,
Hei Leung⁴, Tom W. Mew⁵, Paul S. Teng¹, Zonghua Wang¹
& Christopher C. Mundt¹

NATURE | VOL 406 | 17 AUGUST 2000 | www.nature.com



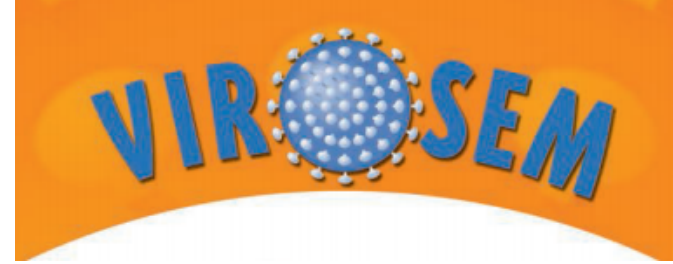


**Différentes espèces de vecteurs et/ou de réservoirs hôtes
présentent des compétences différentes dans la transmission**



Distribution théorique de
compétences des espèces réservoirs



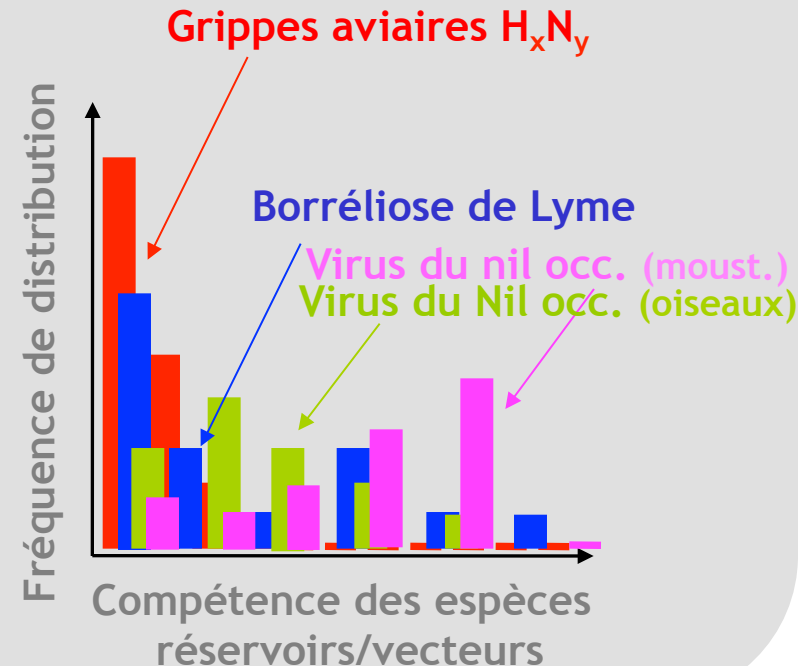


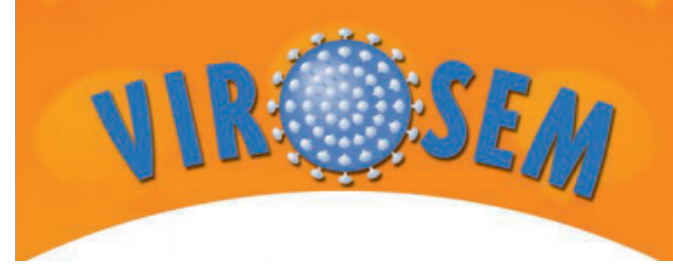
**Différentes espèces de vecteurs et/ou de réservoirs hôtes
présentent des compétences différentes dans la transmission**

Distribution théorique de
compétences des espèces réservoirs



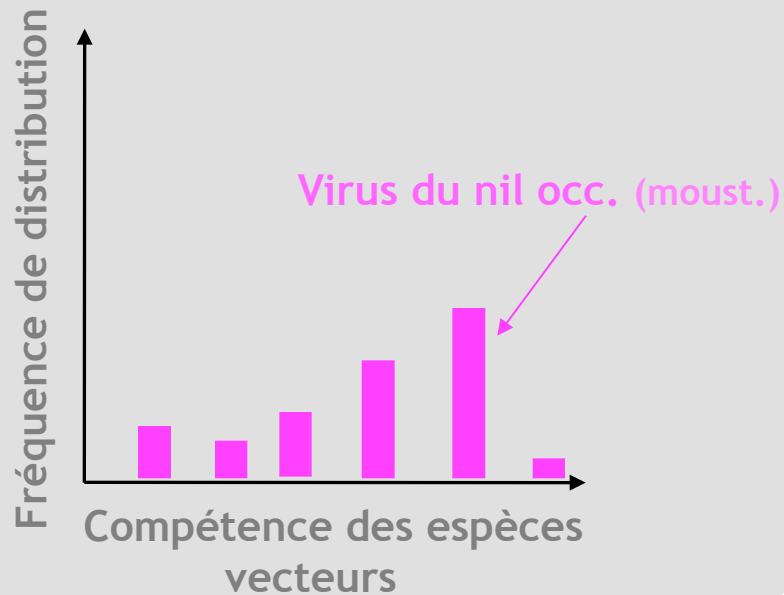
Ce que l'on observe réellement



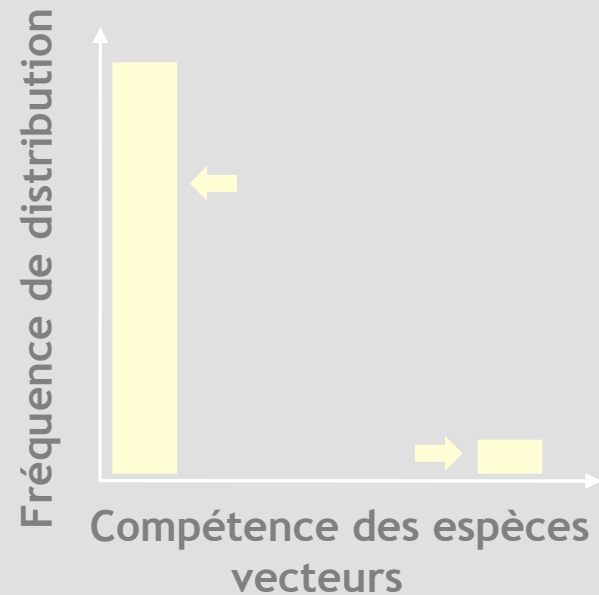


**Dans les systèmes naturels, on observe des distributions
variables de compétences**

Ce que l'on observe réellement

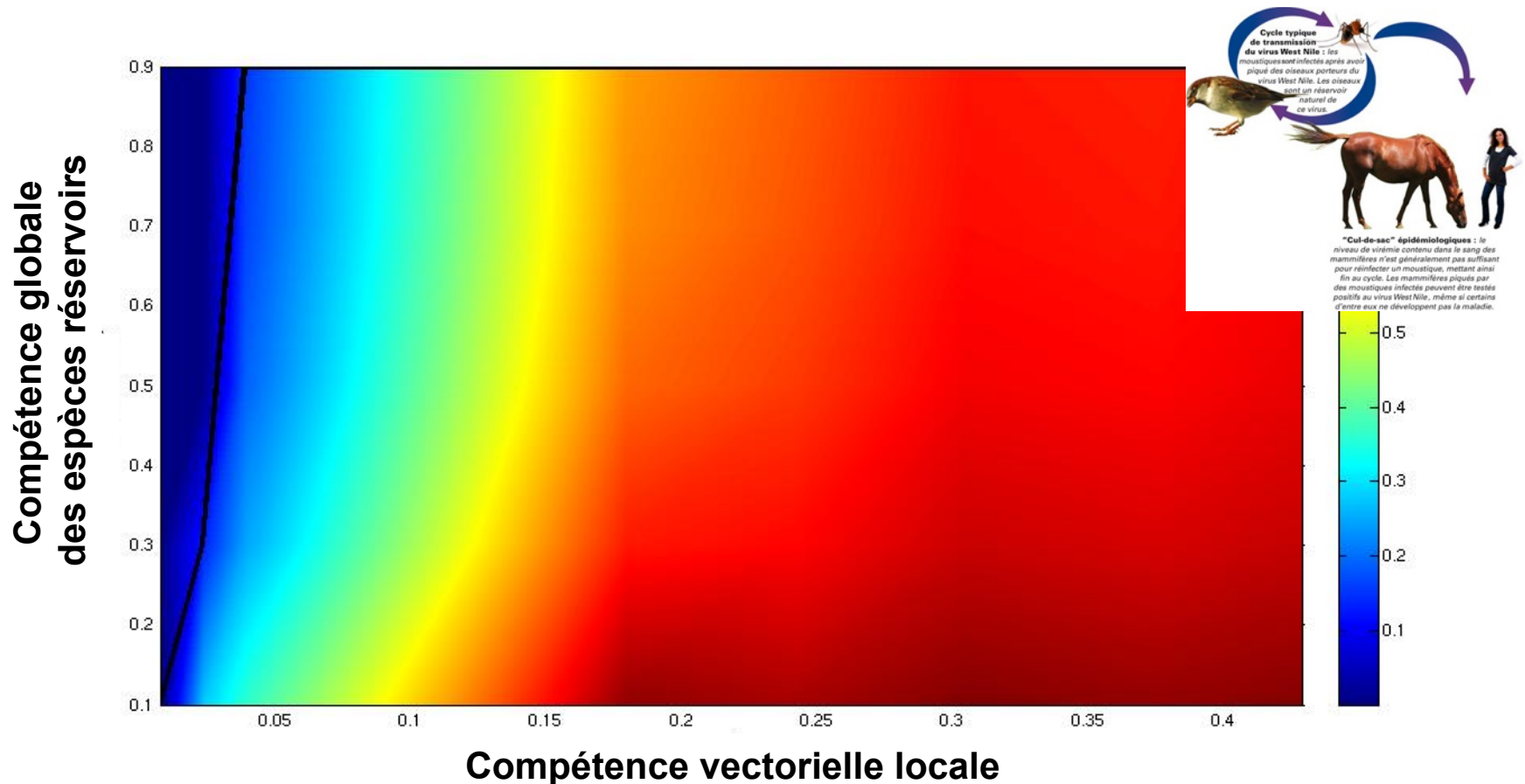


Ce que l'on accepte être !

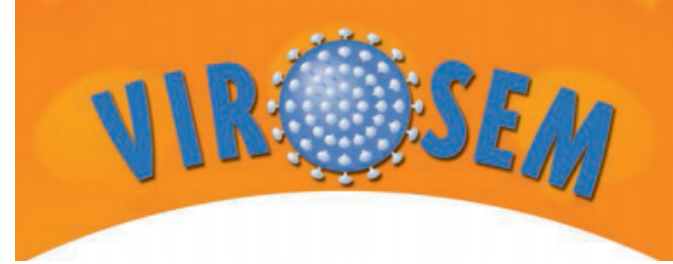




Une conséquence immédiate en est une variabilité importante des comportements épidémiologiques dans les communautés locales



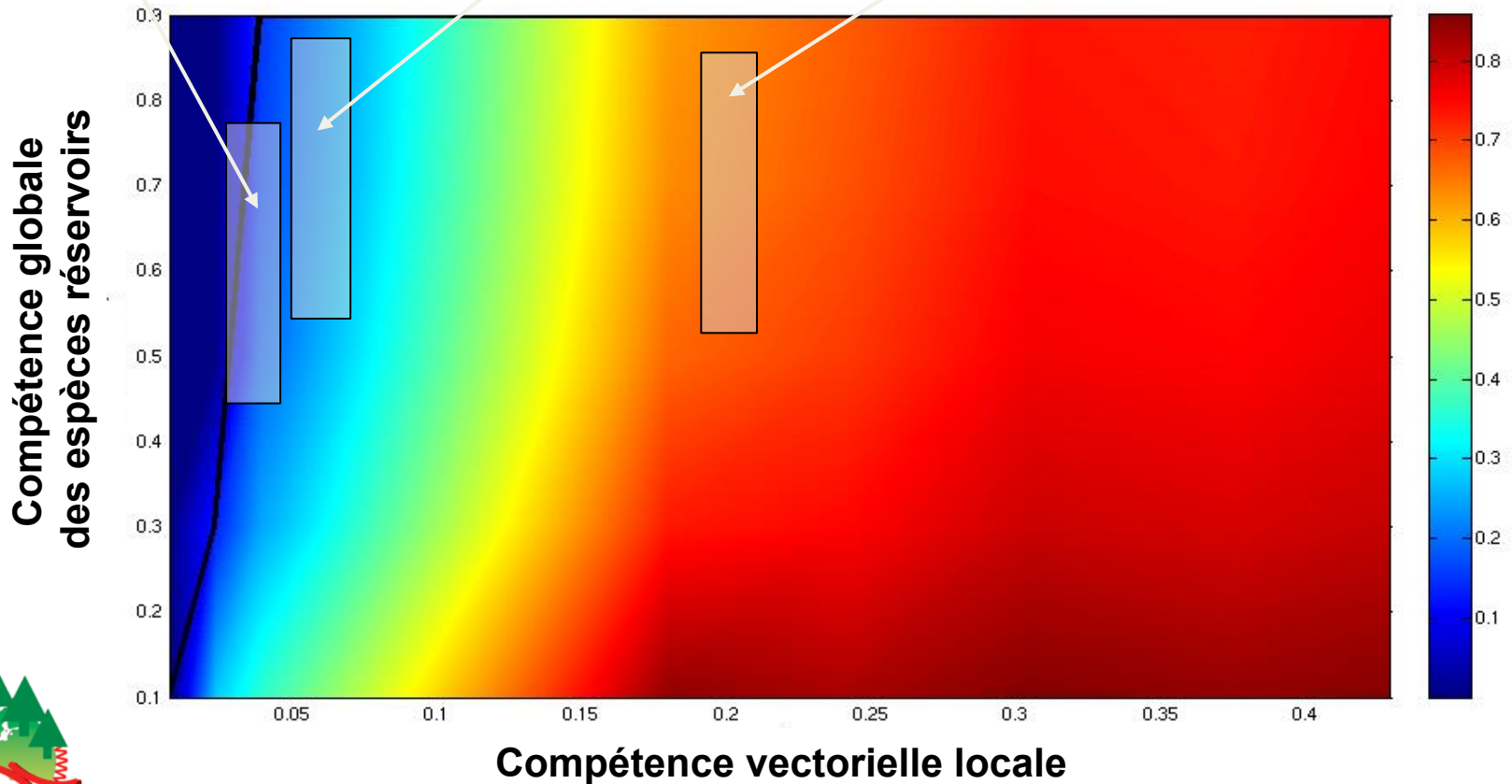
XIV^{ème} Séminaire de Formation et d' Echanges en Virologie Clinique, 18-20 septembre 2014, Lyon, France



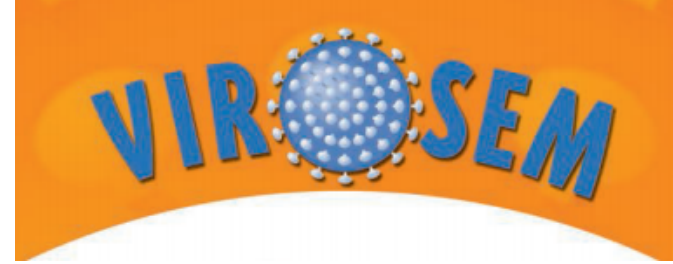
Virus du Nil occ. (Camargue)

Virus du Nil occ. (Louisiane)

Virus du Nil occ. (Californie)



XIV^{ème} Séminaire de Formation et d' Echanges en Virologie Clinique, 18-20 septembre 2014, Lyon, France

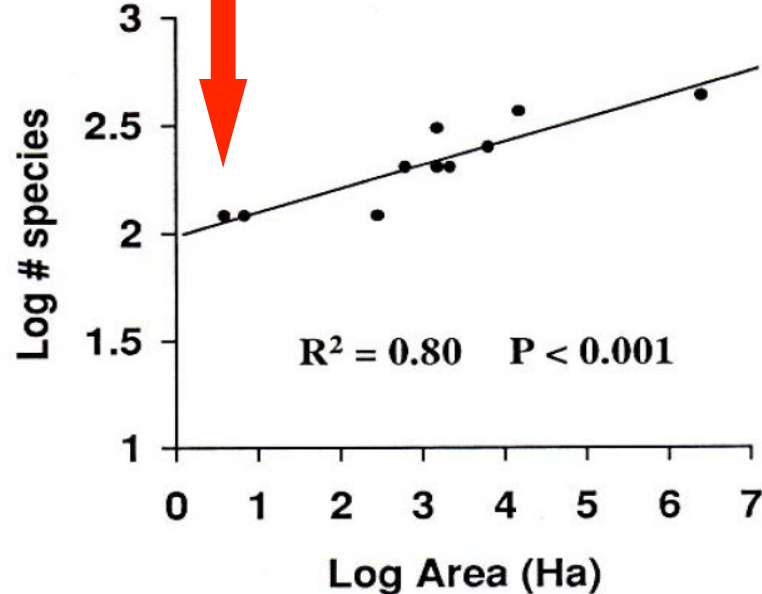


Ne pas négliger le rôle des prédateurs



DOI: 10.1371/journal.pmed.0030231.g002

Figure 2. Two Juvenile White-Footed Mice are Important Reservoirs for the Human Granulocytic Anaplasmosis. They thrive in low-diversity vertebrate



Espèces de
rongeurs granivores
manquantes



Espèces de
prédateurs
manquantes



OPEN ACCESS Freely available online

PLOS MEDICINE

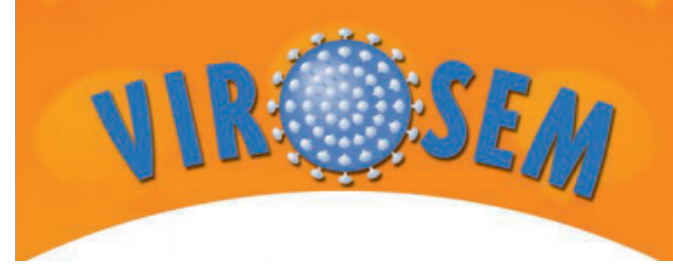
Essay

**Sacred Cows and Sympathetic Squirrels:
The Importance of Biological Diversity
to Human Health**

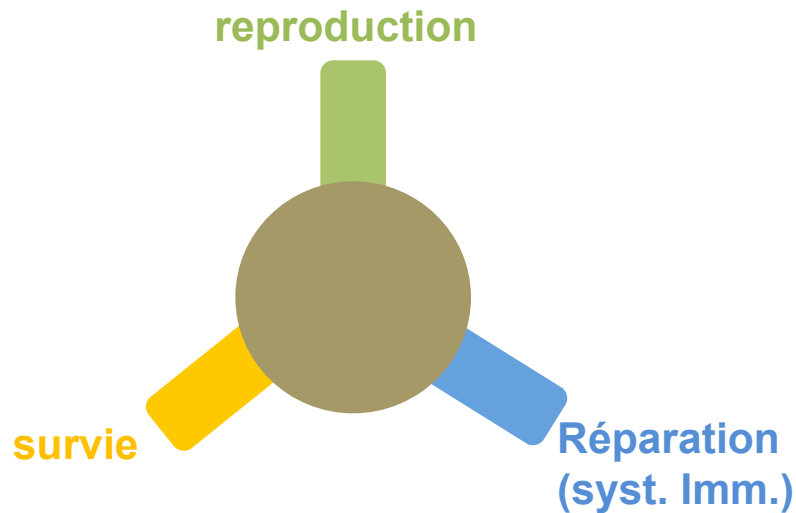
Andy Dobson*, Isabella Cattadori, Robert D. Holt, Richard S. Ostfeld, Felicia Keeling, Kristie Krishbaum, Jason R. Rohr, Sarah E.

PLOS Medicine | www.plosmedicine.org

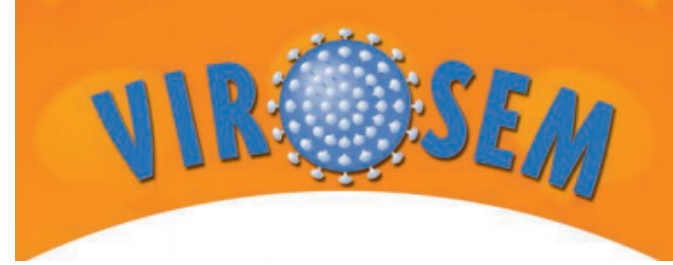
**XIV^{ème} Séminaire de Formation et d' Echanges
en Virologie Clinique, 18-20 septembre 2014,
Lyon, France**



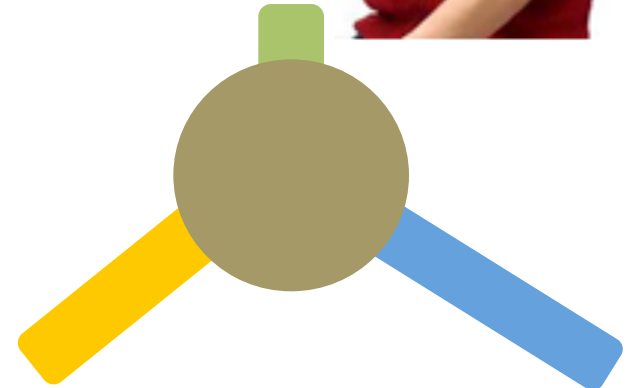
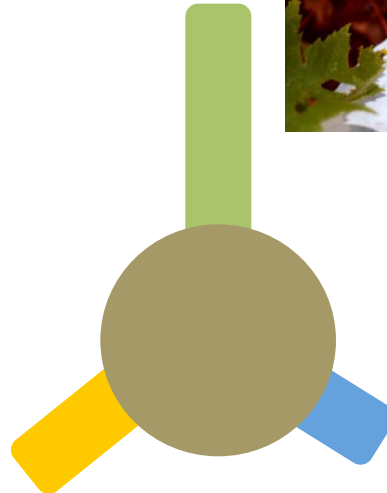
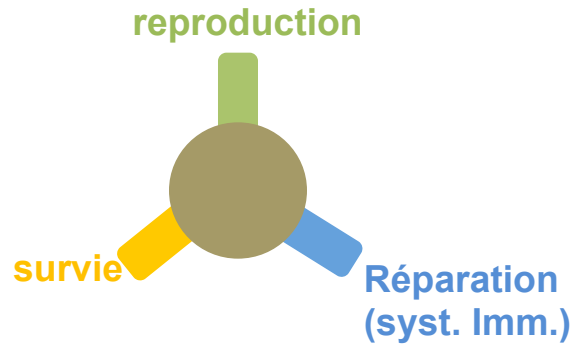
**Les espèces allouent de l'énergie différenciellement entre trois
fonctions principales. I -**



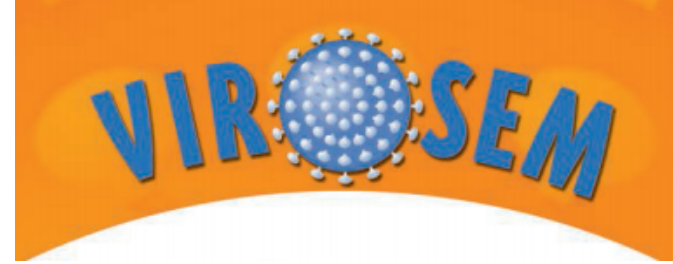
XIV^{ème} Séminaire de Formation et d' Echanges en Virologie Clinique, 18-20 septembre 2014, Lyon, France



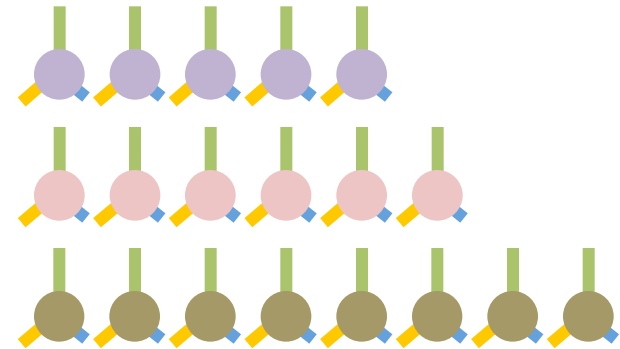
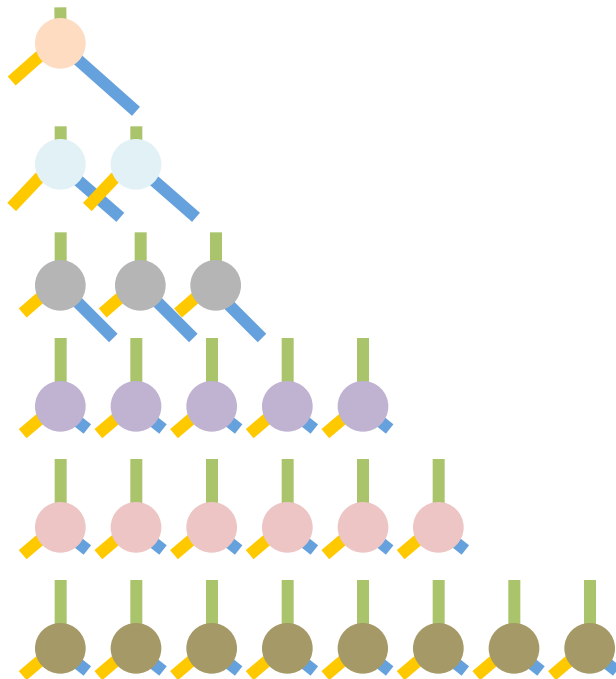
**Les espèces allouent de l'énergie différenciellement entre trois
fonctions principales. II -**



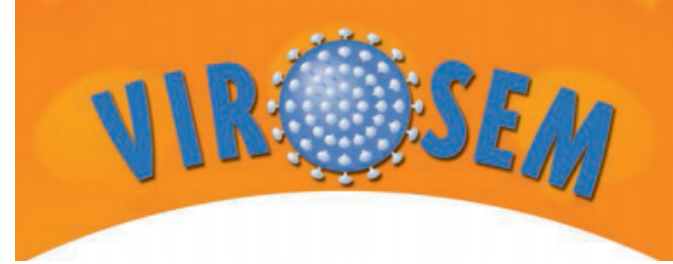
**XIV^{ème} Séminaire de Formation et d' Echanges
en Virologie Clinique, 18-20 septembre 2014,
Lyon, France**



Les espèces à fort taux de reproduction et à résilience importante investissent moins dans leur système immunitaire que les espèces plus spécialistes. III -



Les systèmes anthropisés accumulent des espèces généralistes, investissant peu dans le système immunitaire, et donc très permissives aux agents pathogènes

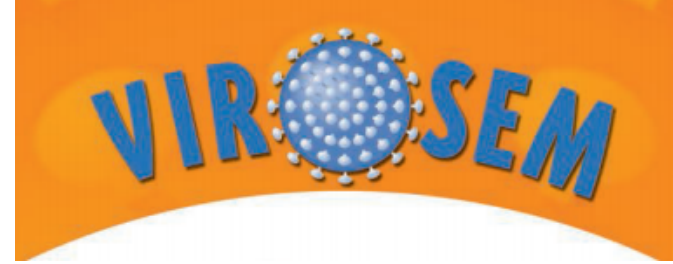


**Mieux exploiter et de manière plus optimale différentes formes de
résistance (et de résilience) en agriculture/agronomie**

Différents niveaux d'échelle et d'intégration à appréhender pour
mieux utiliser les relations diversité-transmission/infection du
niveau de l'individu (hôte) à celui de l'écosystème :

1. Résistance et diversité biologique (i.e. génétique) à
l'échelle des individus et d'une race/espèce (animale)
2. Résistance et diversité biologique à l'échelle de
communautés locales, inter-espèces
3. Résistance et diversité biologique à l'échelle régionale

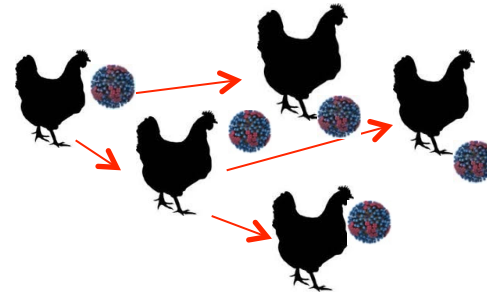




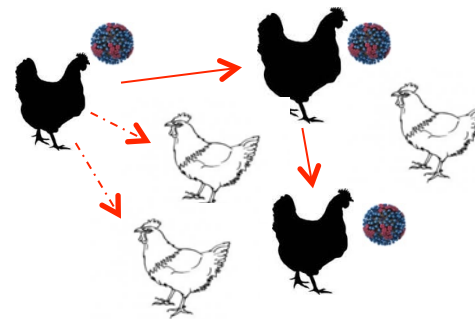
Races (hôtes), diversité génétique et production intensive. I -



**Densités très fortes, immuno-suppression,
sélection de souches sur des critères
de productivité**

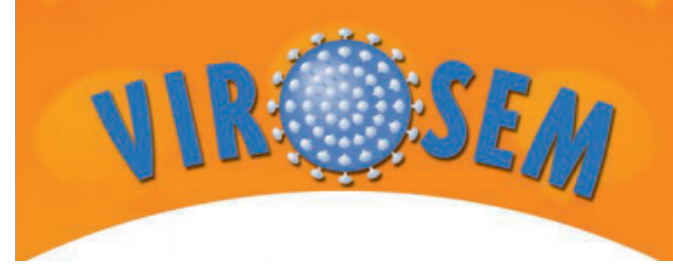


**= cocktail facilitant la
transmission**



**= ré-introduction de
diversité génétique
notamment visant
la résistance**

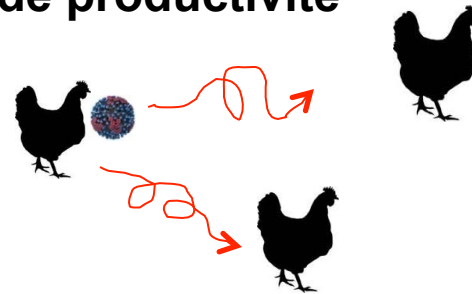
**engendre un coût de recherche, ré-introduction de gènes sauvages et
perte de qualités (gustative, reproductive etc...)**



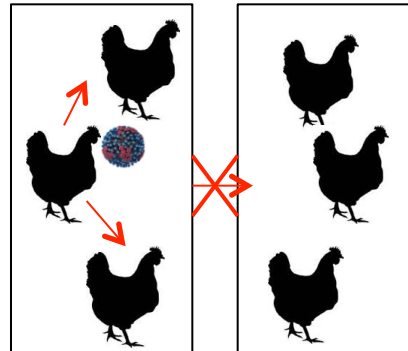
Races (hôtes), diversité génétique et production intensive. II -



**Densités très fortes, immuno-suppression,
sélection de souches sur des critères
de productivité**



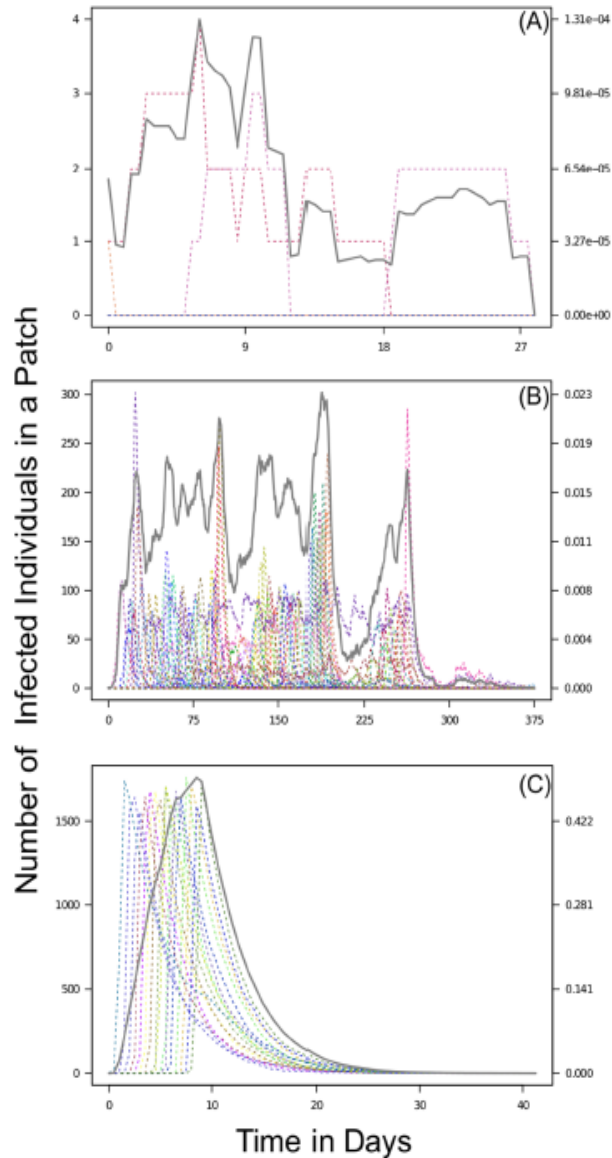
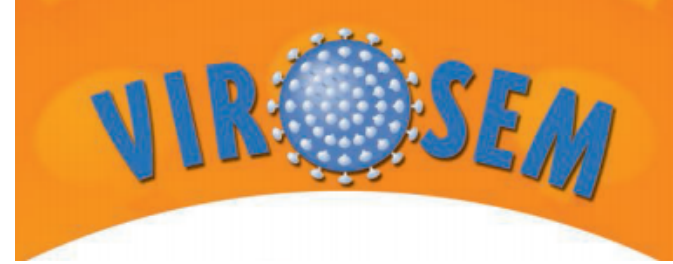
**= déconcentration et
contre-sélection
d'agents pathogènes**



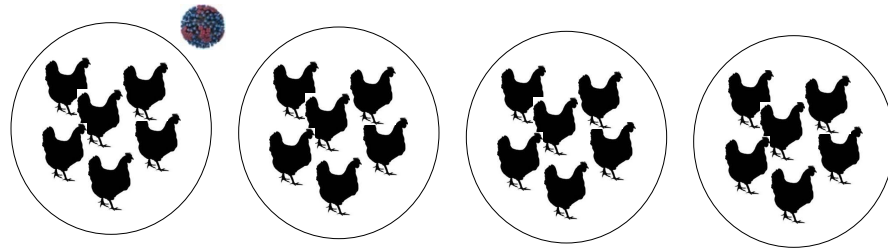
**= cloisonnement en
lots engendrant
des barrières
physiques à la...**

**engendre une perte de productivité, logistique difficile à organiser,
remise en cause de pratiques installées, plus de recherches sur les
coûts-bénéfices associés,...**

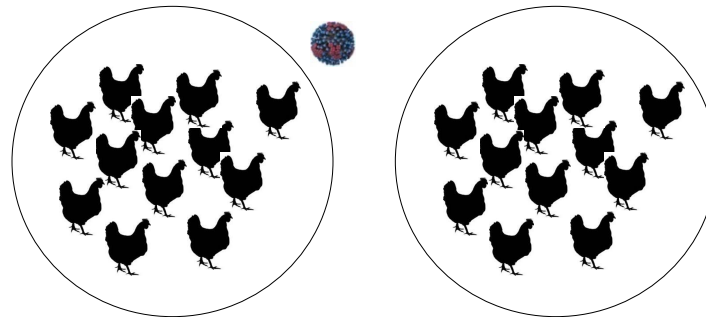
XIV^{ème} Séminaire de Formation et d' Echanges en Virologie Clinique, 18-20 septembre 2014, Lyon, France



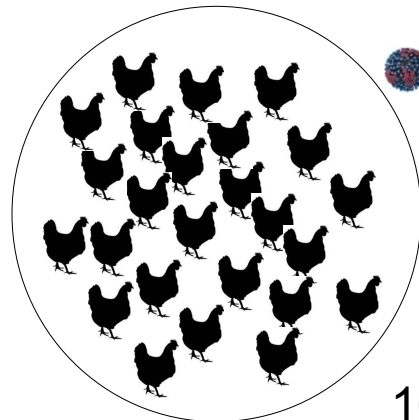
Global Metapopulation Prevalence



1280 × 25 individus



128 × 250 individus



16 × 2000 individus

Metapopulation Dynamics Enable Persistence of
Influenza A, Including A/H5N1, in Poultry

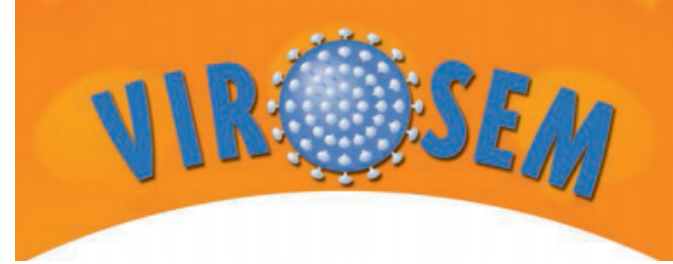
Parvez Rana Hossain^{1*}, Ryan Hargan^{2,3}, Delong Zhao⁴, Carmen Sofia Arriola⁵,
Armande Gonzalez⁵, Matthew Joshua Miller⁶, Xiangming Xiao⁷, Tom B. Smith^{2,3}, Jamie Holland Jones²,
Peter Daszak¹

PLOS ONE | www.plosone.org

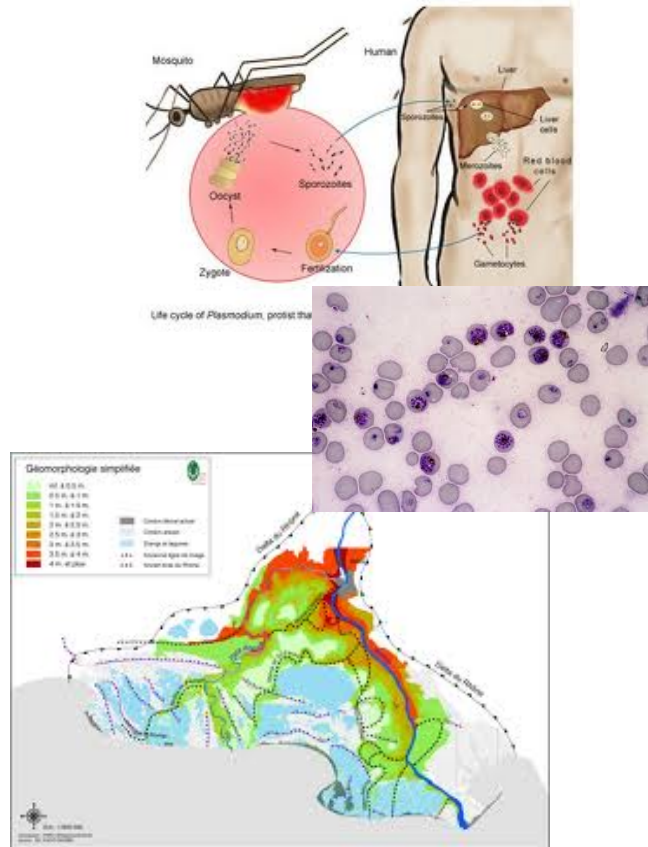
OPEN ACCESS Freely available online

PLOS ONE

XIV^{ème} Séminaire de Formation et d' Echanges en Virologie Clinique, 18-20 septembre 2014, Lyon, France

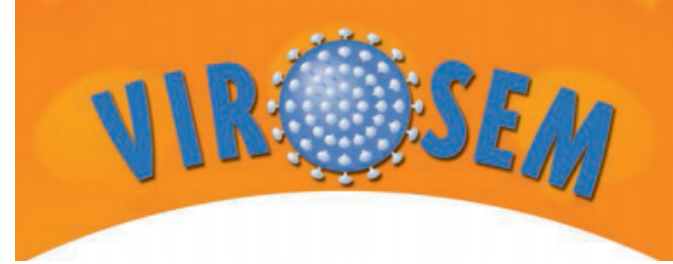


Utilisation ou piégeage par des individus d'espèces animales à compétence nulle dans la transmission infectieuse



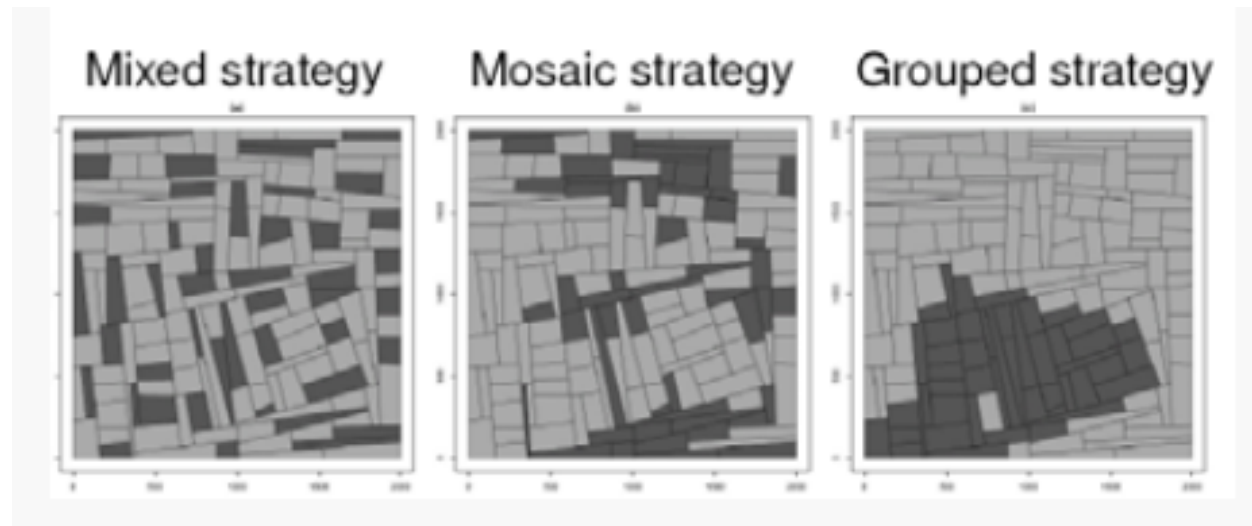
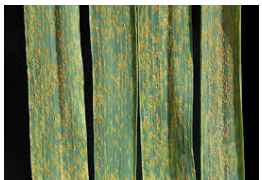
Zooprophylaxie maîtrisée

**mais n'est pas sans créer des problèmes (introduction d'espèces,
nécessité d'un vecteur généraliste, éthique,....)**



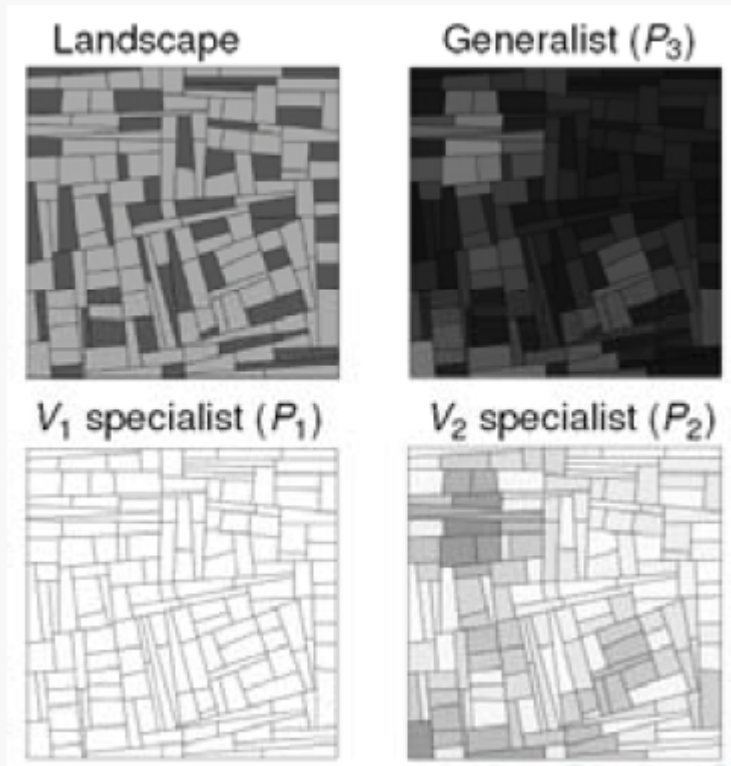
Organisation du paysage (landscape ecology) et transmission infectieuse. I -

- **Trois typologies de paysage**
- **Deux variétés d'agents pathogènes (2 souches spécialistes et 1 généraliste)**
- **Modélisation de la transmission par modèle épidémiologique**

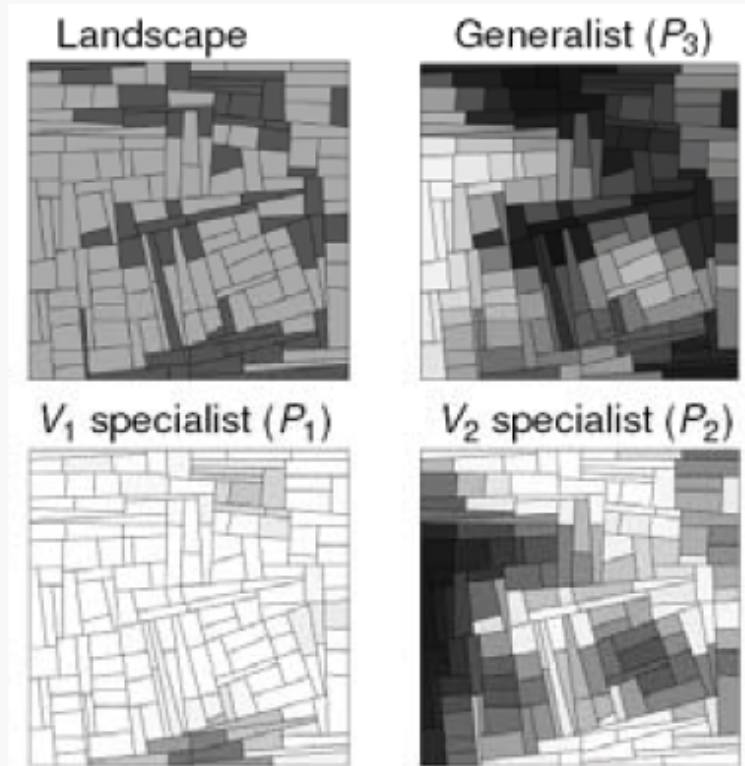


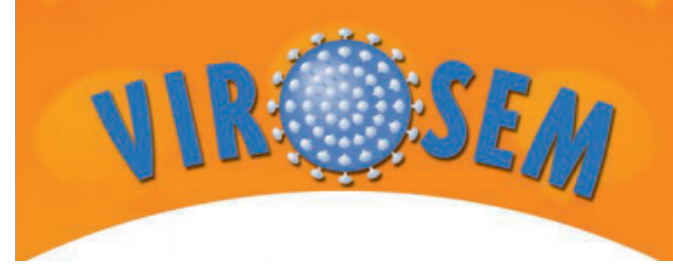
Organisation du paysage (landscape ecology) et transmission
infectieuse. II -

mixed landscape



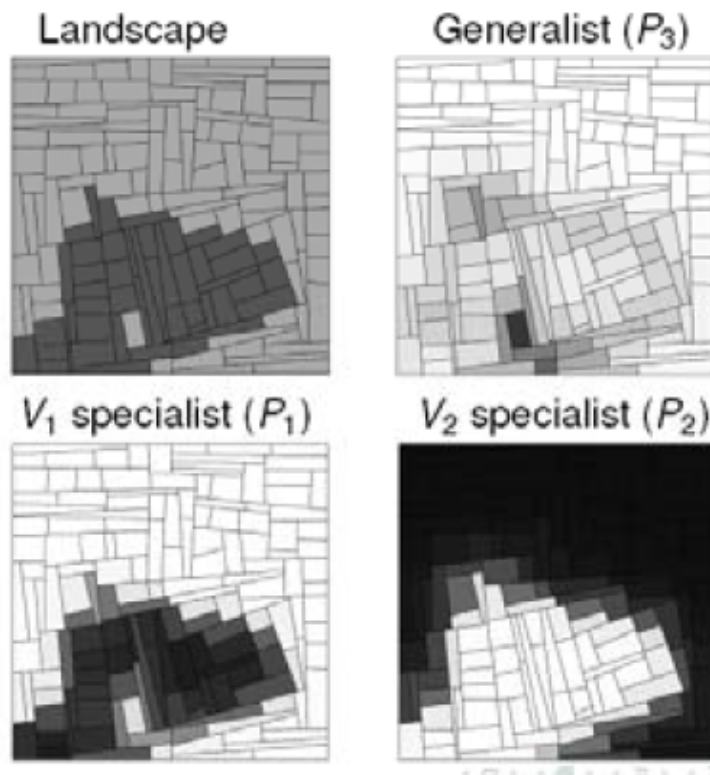
"mosaic" landscape





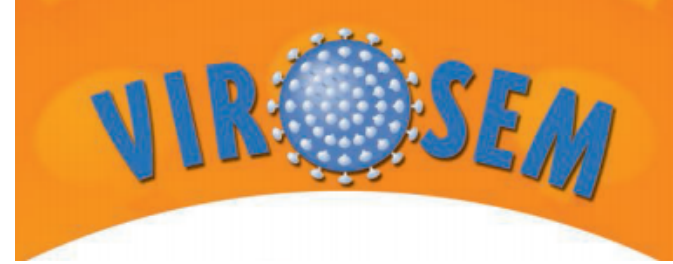
Organisation du paysage (landscape ecology) et transmission infectieuse. III -

grouped landscape



= une organisation du paysage en évitant les corridors et en maximisant le rôle des barrières naturelles enraye, ou diminue, une propagation épidémique

= applicabilité très probable au monde animal



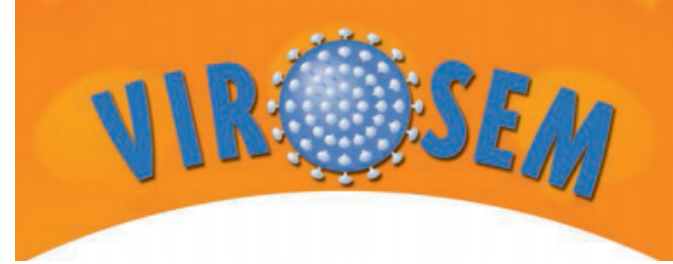
Messages à retenir

- **62% (MI) à 72% (MIE) humaines sont d'origine animale**
- **Dans les systèmes naturels une forte diversité biologique tend à diluer la transmission (travail en cours : 72% des situations)**
- **L'introduction de diversité biologique, et notamment en prédateurs, compétiteurs ou en hôtes-pièges peut diminuer la transmission de certaines infections mais peut poser des problèmes**
- **L'introduction de diversité génétique en dehors de ses aspects patrimoniaux est à développer**
- **L'utilisation de l'espace et de sa typologie est à mieux être développée**
- **L'uniformisation des paysage peut rendre des propagations épidémiques totalement imprédictibles et difficilement contrôlables**
- **Besoin de développer des approches systémiques et intégratives**
- **Nécessité d'enseigner et de communiquer autour de ces aspects (formations, éducation, communication vers les décideurs,...)**



**XIV^{ème} Séminaire de Formation et d' Echanges
en Virologie Clinique, 18-20 septembre 2014,
Lyon, France**

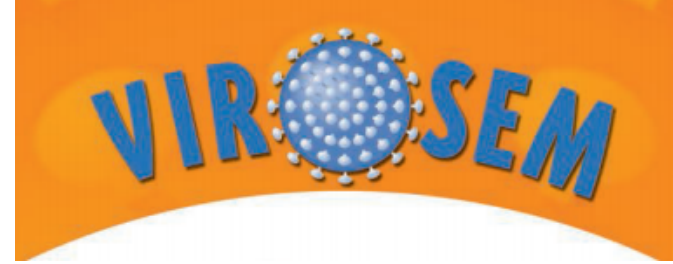




Remerciements

- **Séminaire VIROSEM et ses organisateurs**
- **Institut de Recherche pour le Développement**
- **Centre National de la Recherche Scientifique**
- **Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique**
- **LabEx CEBA-ANR**
- **Alliances ALLENI et AVIESAN**
- **Programme international DIVERSITAS**
- **CESAB-FRB, working-group BIODIS**



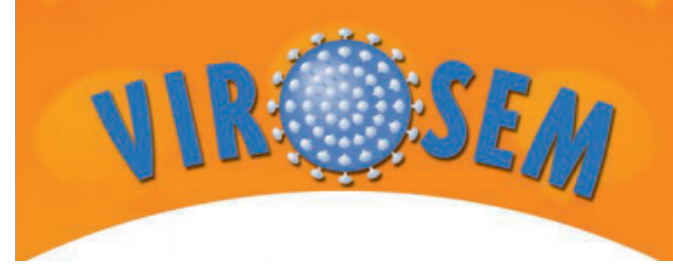


Changements environnementaux et maladies infectieuses émergentes

- ✓ Rapport interministériel Changement Climatique et Santé.
La Documentation française
- ✓ Rapport parlementaire Adaptation nationale au
Changement Climatique - partie Santé.
La Documentation française
- ✓ Rapport ministériel Maladies Infectieuses Emergentes :
Etat de la Situation et Perspectives
La Documentation française



XIV^{ème} Séminaire de Formation et d' Echanges en Virologie Clinique, 18-20 septembre 2014, Lyon, France



ANNUAL REVIEWS **Further**

Click here for quick links to Annual Reviews content online, including:

- Other articles in this volume
- Top cited articles
- Top downloaded articles
- Our comprehensive search

Changing Geographic Distributions of Human Pathogens

Katherine F. Smith¹ and Jean-François Guégan^{2,3}

¹Department of Ecology and Evolutionary Biology, Brown University, Providence, Rhode Island 02912; email: katherine_smith@brown.edu

²Centre IRD de Montpellier, UMR 2724 IRD-CNRS-University of Montpellier Sud-de-France, Montpellier 34095, France; email: jean-francois.guegan@ird.fr

³Interdisciplinary Center on Globalization and Infectious Diseases, French School of Public Health, Centre IRD de Montpellier, Montpellier, France

Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst. 2010. 41:231-50

Key Words

