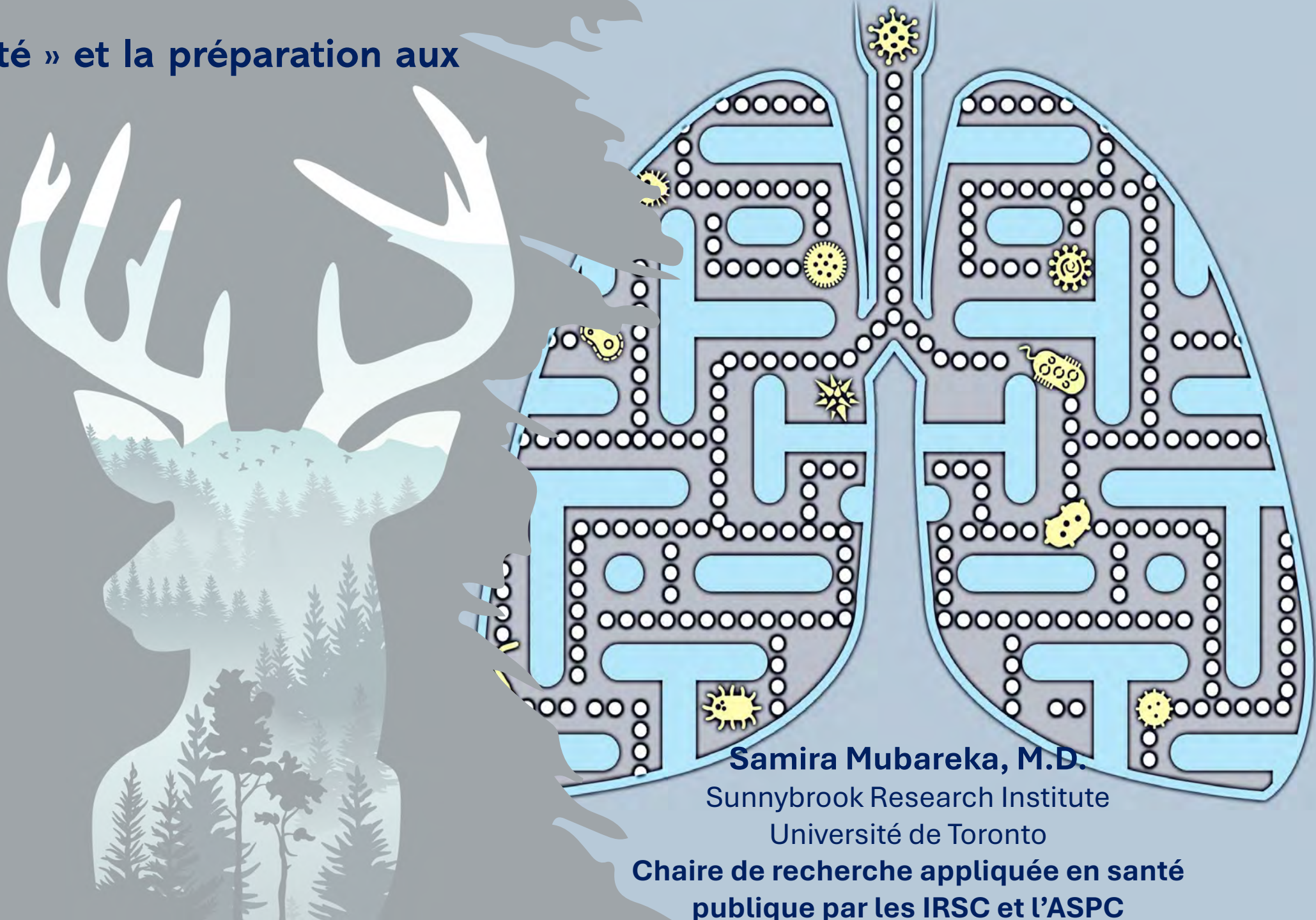


« Une seule santé » et la préparation aux pandémies



Samira Mubareka, M.D.

Sunnybrook Research Institute

Université de Toronto

**Chaire de recherche appliquée en santé
publique par les IRSC et l'ASPC**



1. Vue d'ensemble

2. Enseignements tirés de la précédente pandémie



3. Préparation de l'avenir





1. Vue d'ensemble

2. Enseignements tirés de la précédente pandémie



3. Préparation de l'avenir



Virus en émergence ou en résurgence



ZOONOSES

VIRUS RESPIRATOIRES		pH1N1 de 2009 IAHP SARS-CoV SARS-CoV-2 Hantavirus	pH1N1 de 2009 IAHP SARS-CoV SARS-CoV-2 SRMO Hantavirus
ARBOVIRUS		Virus du Nil occidental Virus Jamestown Canyon Arbovirus de Cache Valley Virus Snowshoe hare Encéphalite équine de l'Est	Dengue Zika Chikungunya Fièvre d'Oropouche Fièvre jaune Virus d'Usutu
VIRUS RESPONSABLES DES FIÈVRES HÉMORRAGIQUES			Ebola Marburg Lassa de Crimée-Congo Nipah Fièvre de la vallée du Rift
POXVIRUS		Mpox	Mpox
MALADIES ÉVITABLES PAR LA VACCINATION		Rougeole	Rougeole Polio

Plus de 50 virus ont « émergé » depuis 2000

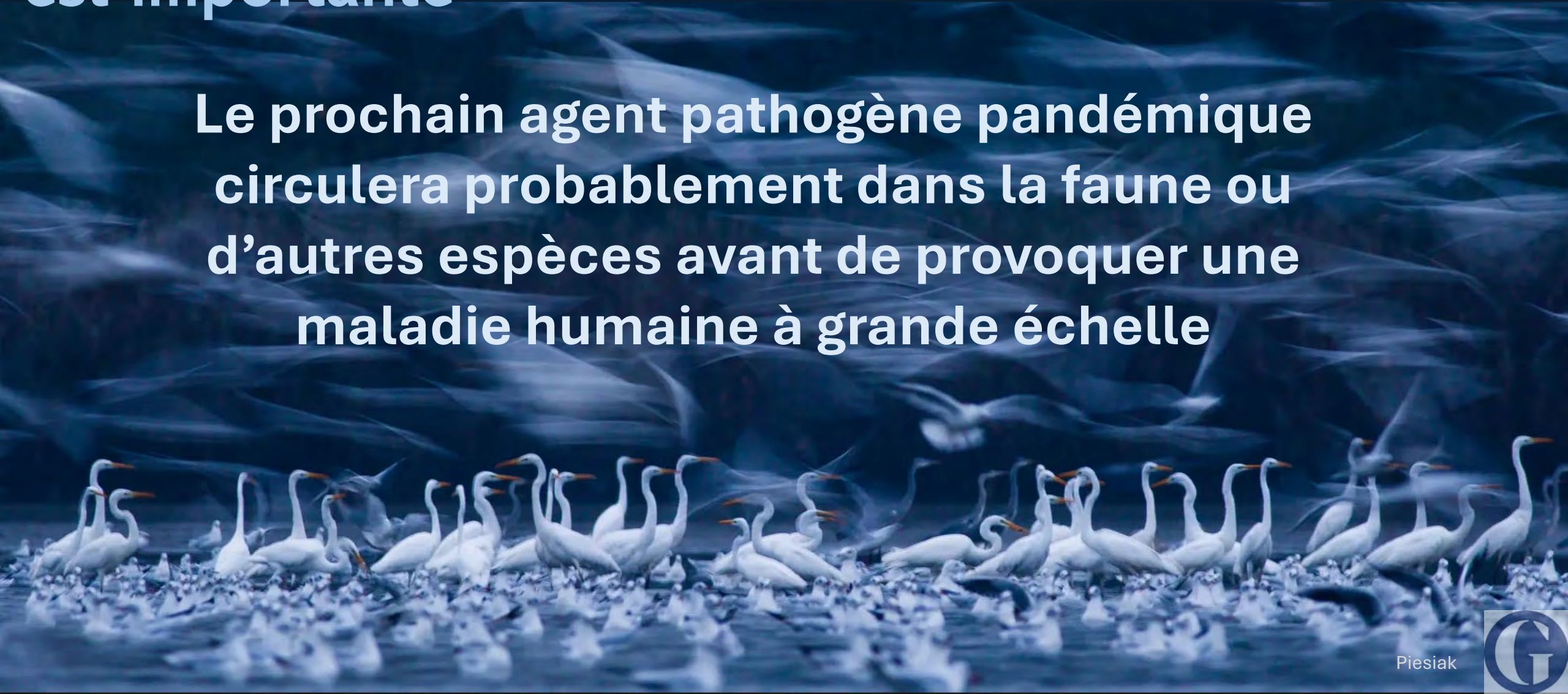
- Endémiques c. nouveaux
- Agents étiologiques des urgences sanitaires
 - Connus
 - Potentiels
 - Registres de risques

63,7 % des 212 virus découverts/signalés depuis 1900 sont zoonotiques/transmis par des arthropodes

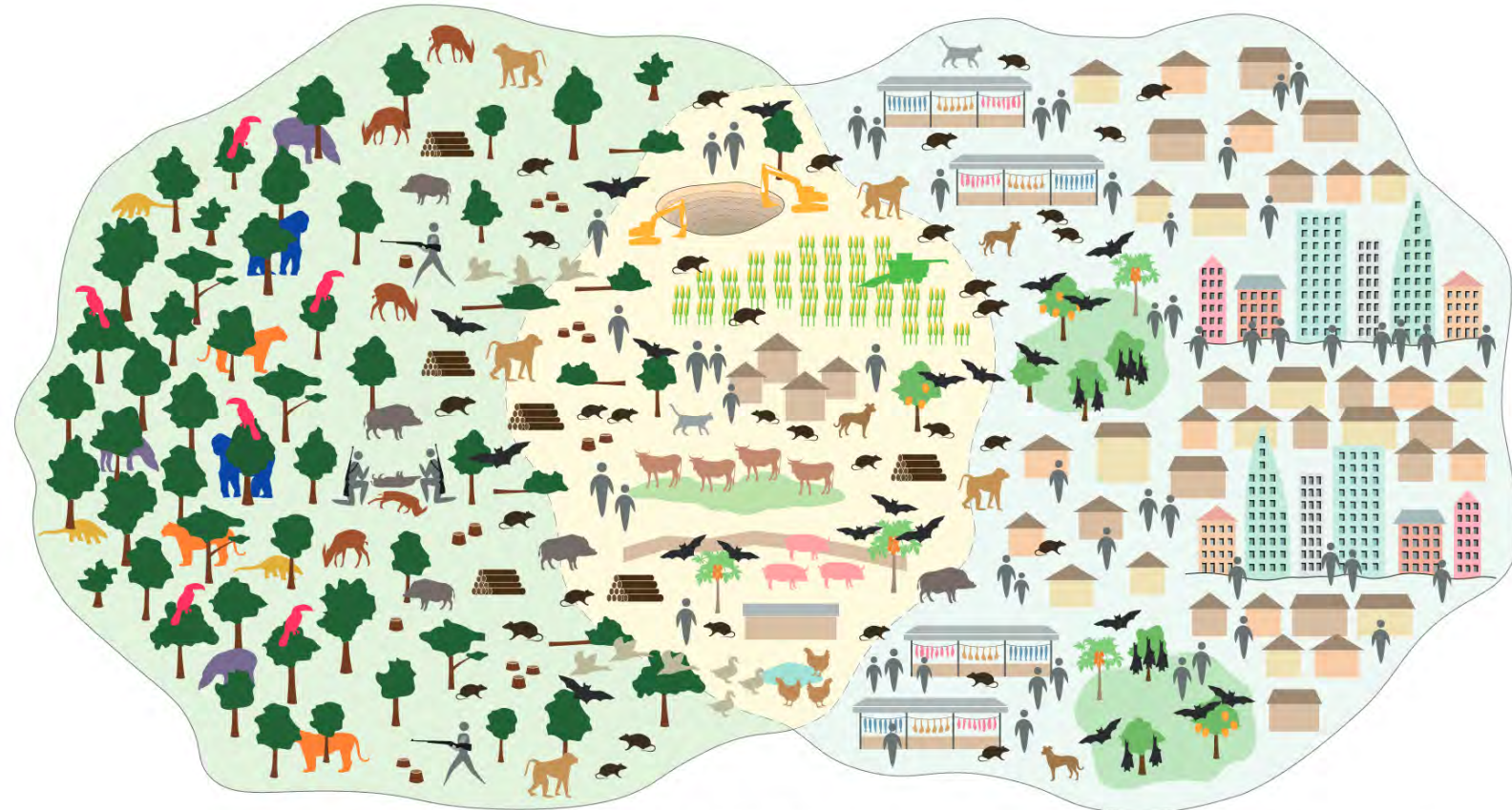


La santé des animaux et des écosystèmes est importante

**Le prochain agent pathogène pandémique
circulera probablement dans la faune ou
d'autres espèces avant de provoquer une
maladie humaine à grande échelle**



Facteurs socioécologiques de la transmission d'agents pathogènes interespèces : saut d'espèce induit par l'utilisation des terres



PRISTINE FOREST

- Penetration by illegal loggers and hunters leads to habitat degradation, the reduction of large fauna and the proliferation of rodent, bat, bird and primate species which can act as disease reservoirs

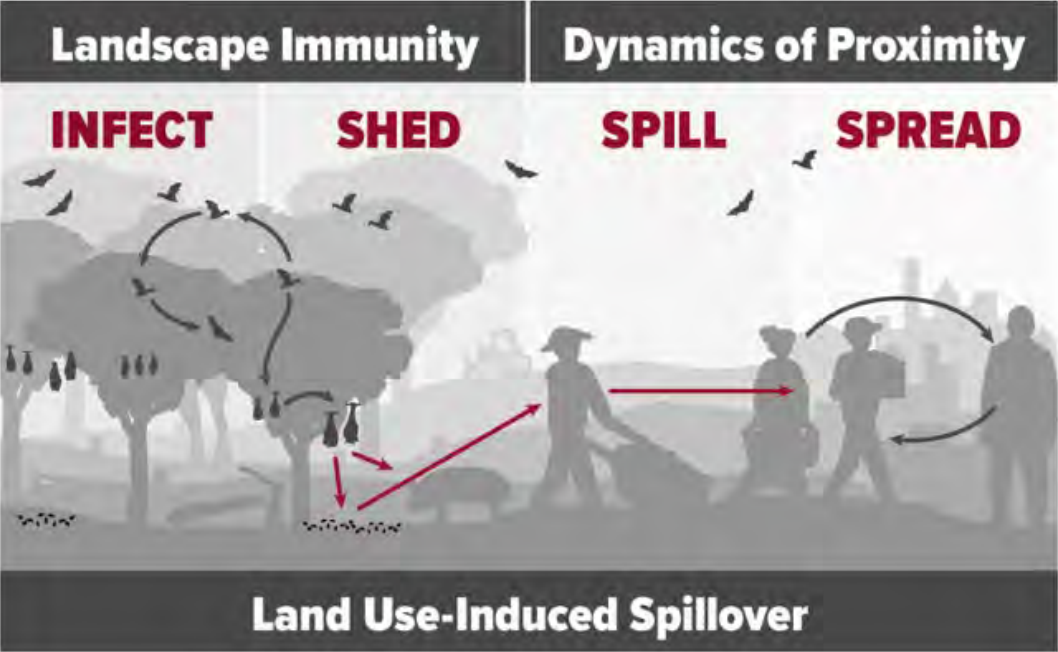
ECOTONE

- Human activities, especially livestock farming and feedstock cultivation, cause deforestation and bring wild animals in contact with humans and domestic animals
- Sylvatic pathogens are no longer controlled by environmental stochasticity

URBAN / PERI-URBAN

- As wild habitats are degraded, wild animals enter urban areas in search of food
- Crowding and food deprivation may increase wildlife susceptibility to pathogen infection and shedding

Préserver la santé grâce à l'immunité, des cellules humaines et animales aux écosystèmes



Animal ecology, population biology, biogeography, behavioural ecology, landscape ecology, agricultural sciences

Disease ecology, animal epidemiology, infectious disease dynamics, immunology, microbiology, veterinary medicine

Microbiology, disease ecology, vector ecology, epidemiology, spatial ecology, infectious disease dynamics

Human epidemiology, medical anthropology, vector ecology, social sciences, behavioural ecology, infectious disease dynamics

Microbiology, innate and adaptive immunology, cell biology of pathogen–host interactions, pathology, genetics, evolutionary biology

Reservoir host distribution

Reservoir host density

Pathogen prevalence

Infection intensity

Pathogen release from reservoir host

Pathogen survival and spread

Human exposure

Structural barriers

Innate immune response and molecular compatibility

Replication and dissemination cycles completed

Spillover



1. Vue d'ensemble

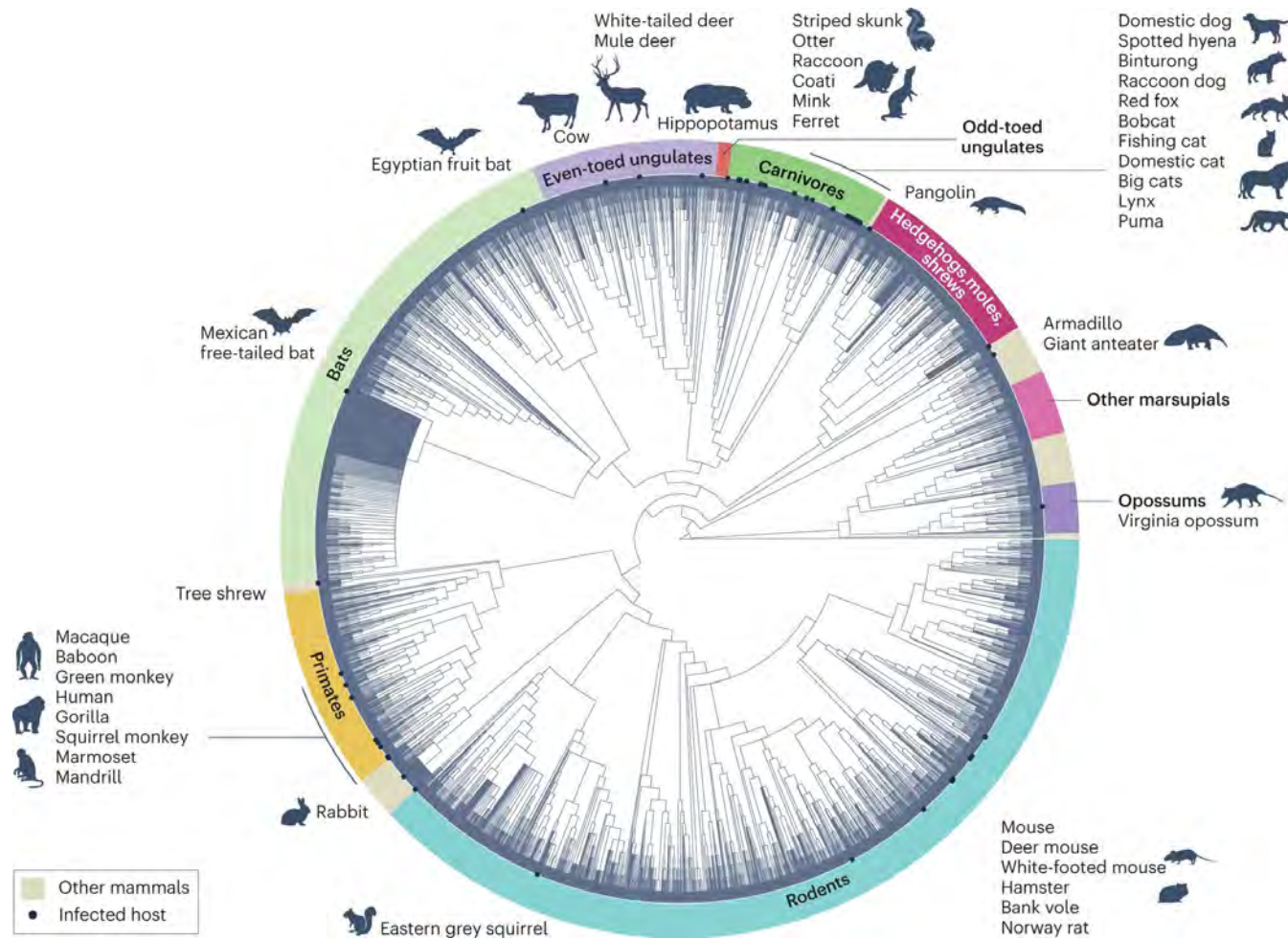
2. Enseignements tirés de la précédente pandémie



3. Préparation de l'avenir



Saut d'espèce entre humains et autres animaux



nature ecology & evolution

[Explore content](#) [About the journal](#) [Publish with us](#)

[nature](#) > [nature ecology & evolution](#) > [comment](#) > [article](#)

Comment | Published: 25 May 2023

Coordinated surveillance is essential to monitor and mitigate the evolutionary impacts of SARS-CoV-2 spillover and circulation in animal hosts

[Suresh V. Kuchipudi](#) , [Cedric Tan](#), [Lucy van Dorp](#), [Maureen Lichtveld](#), [Bradley Pickering](#), [Jeff Bowman](#), [Samira Mubareka](#) & [Francois Balloux](#) 

[Nature Ecology & Evolution](#) **7**, 956–959 (2023) | [Cite this article](#)

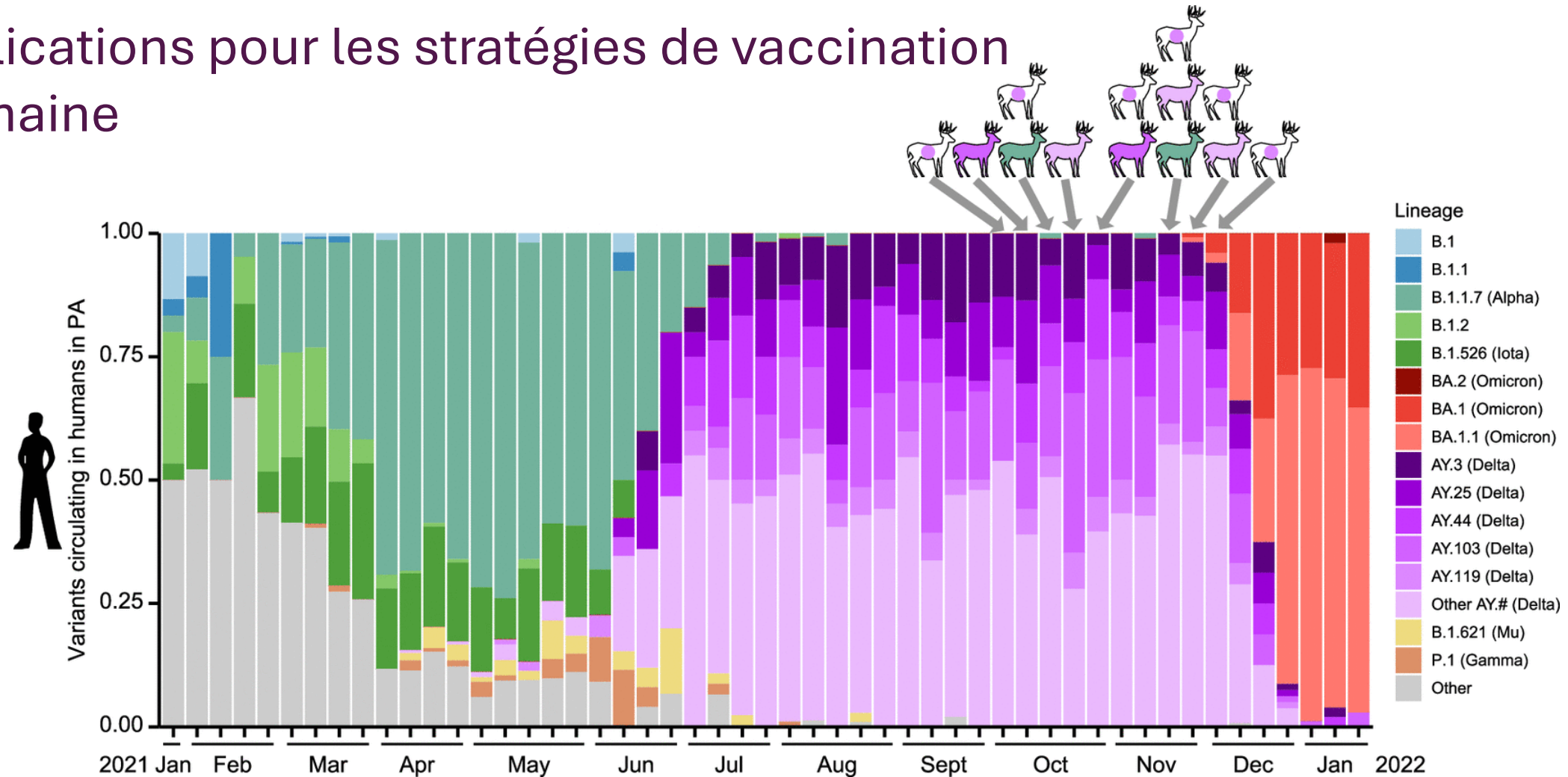
18 acides
aminés clés **sur**
20 dans
l'ensemble du
domaine

4 résidus critiques sur 5 correspondent

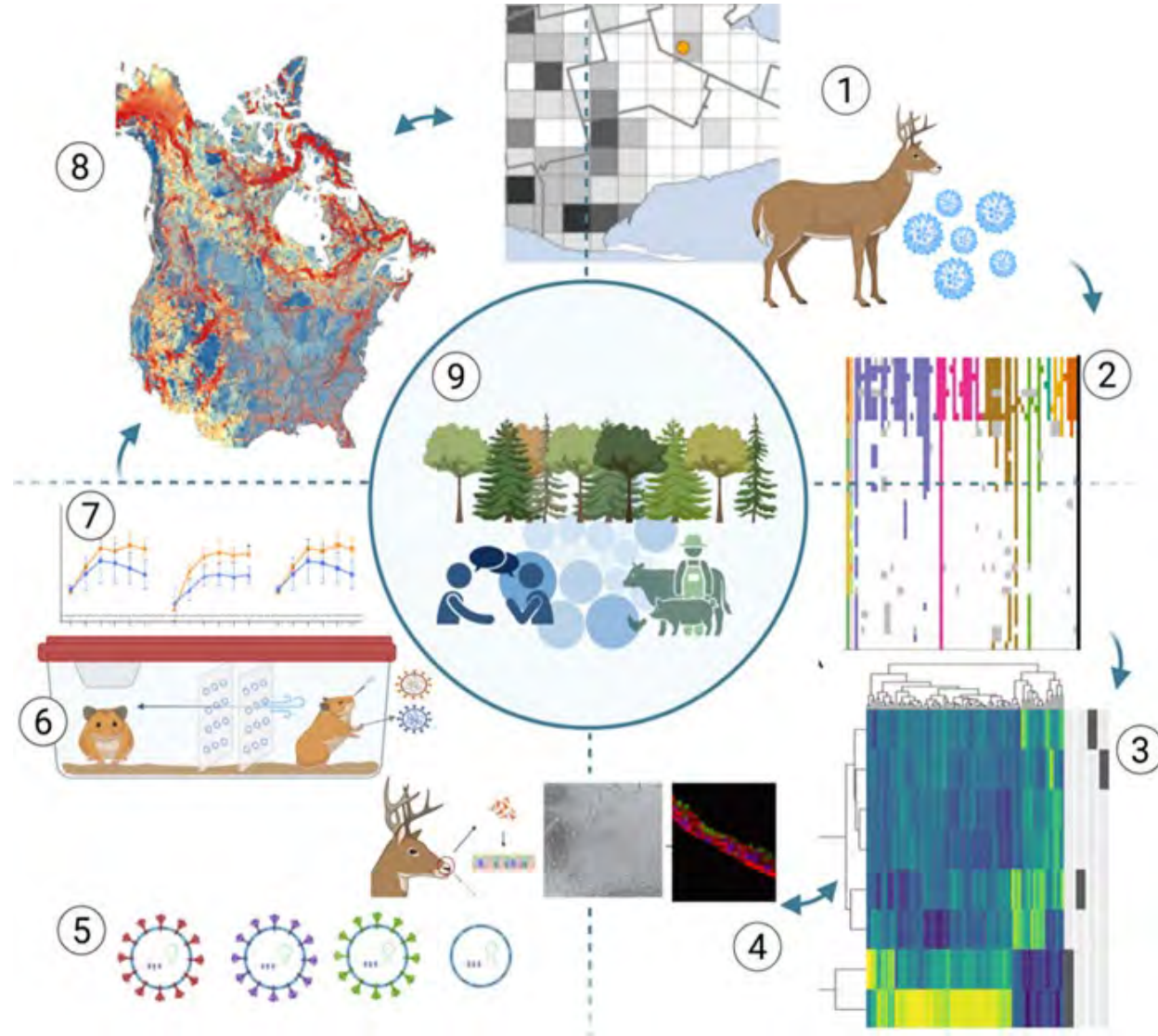
Persistence de variants préoccupants chez le cerf



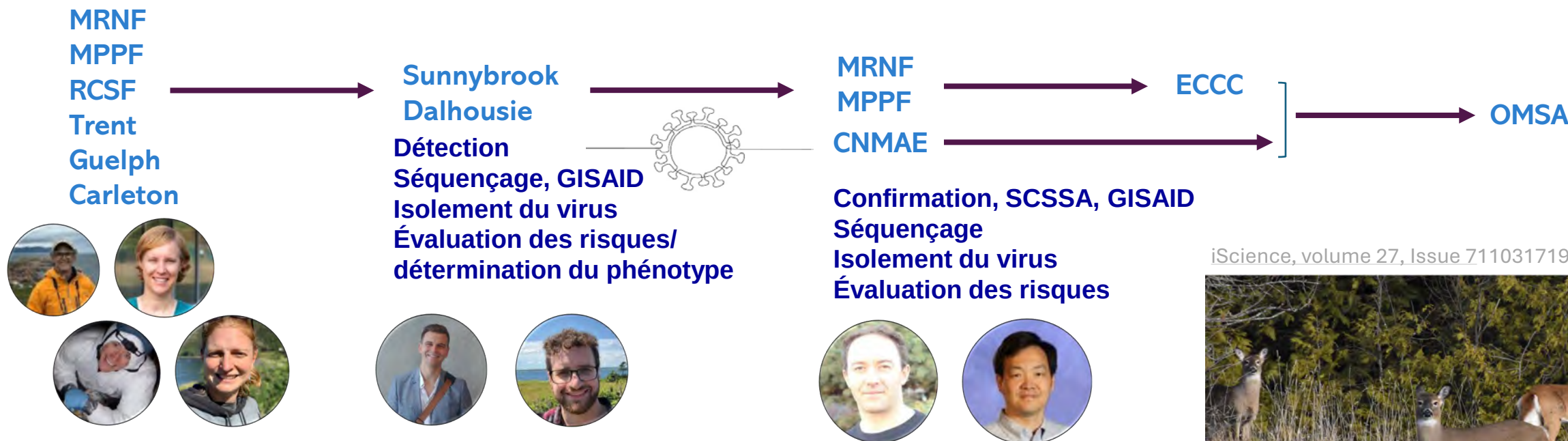
Implications pour les stratégies de vaccination humaine



Wild EPI, une approche multidisciplinaire



Wild EPI, une collaboration multidisciplinaire



iScience, volume 27, Issue 711031719 juillet 2024



Backstory

The Wildlife Emerging Pathogens Initiative: Wild EPI and One Health

Yaejin Lee,^{1,2} Simon Jeeves,³ Lauren Crawshaw,⁴ Jonathon Kotwa,¹ Bradley Pickering,^{5,6} Samira Mubareka,^{1,2,*} Claire Jardine,^{3,7} and Jeff Bowman^{4,8,*}

MRNF : Ministère des Richesses naturelles et des Forêts (Ont.)

MFFP : Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (Qc)

RCSF : Réseau canadien pour la santé de la faune

CNMAE : Centre national des maladies animales exotiques

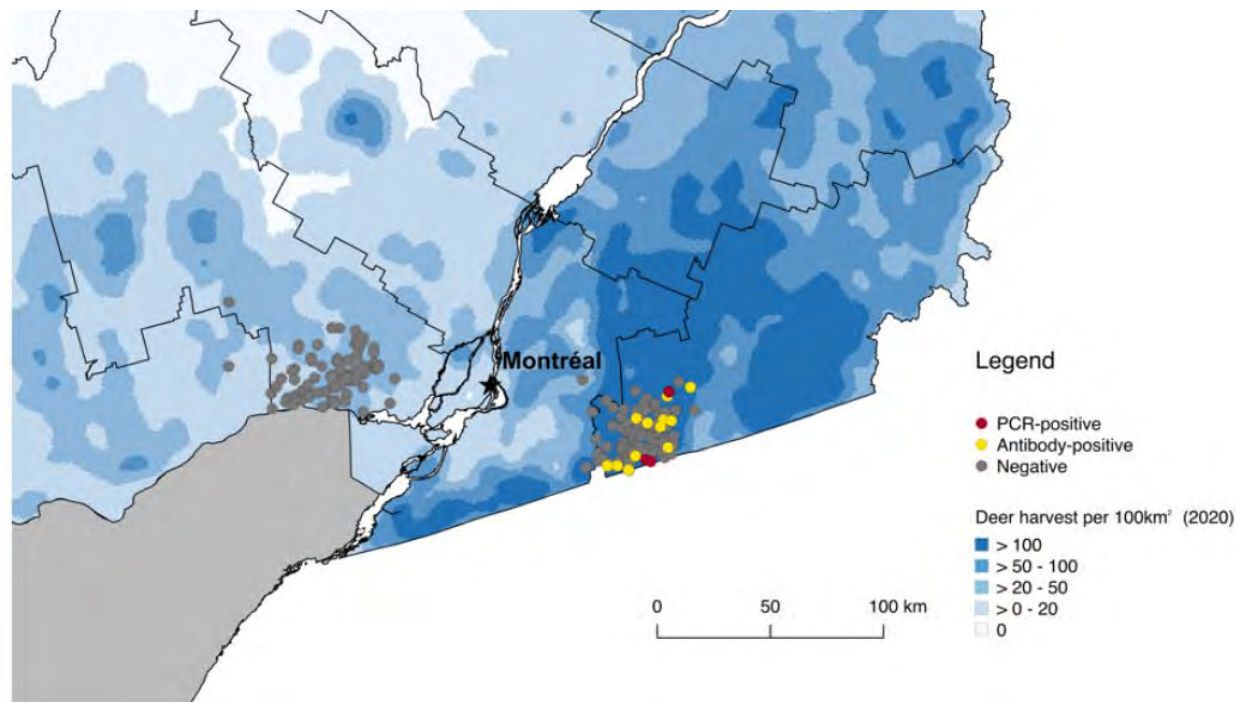
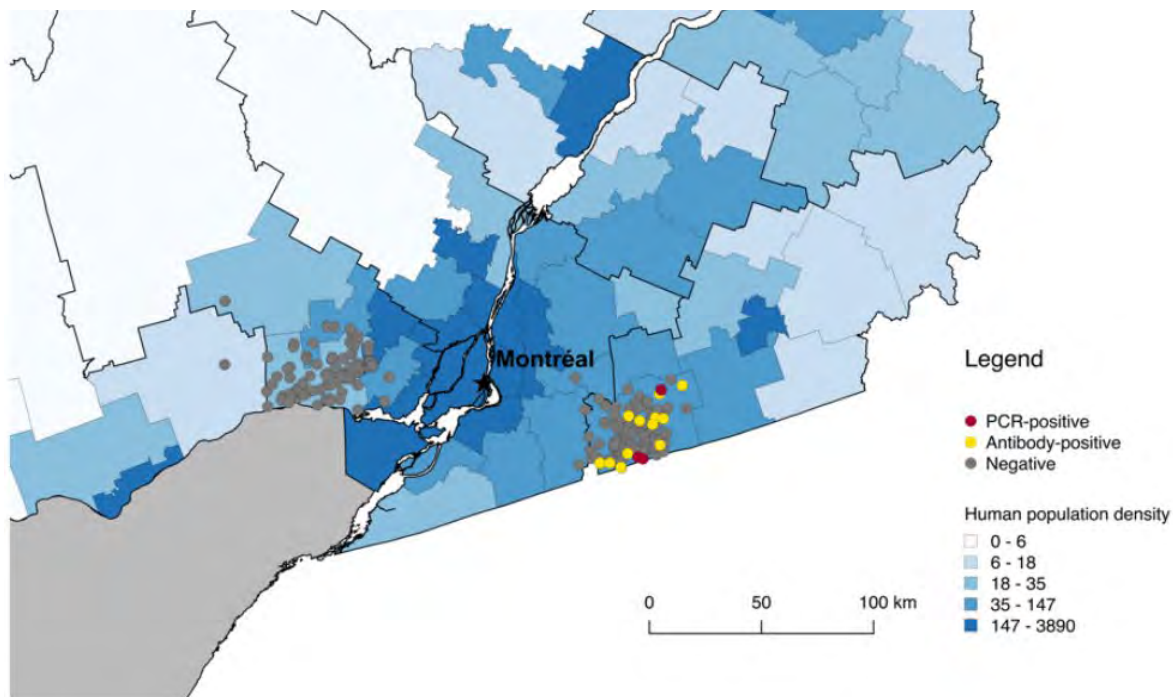
ECCC : Environnement et Changement climatique Canada

OMSA : Organisation mondiale de la santé animale

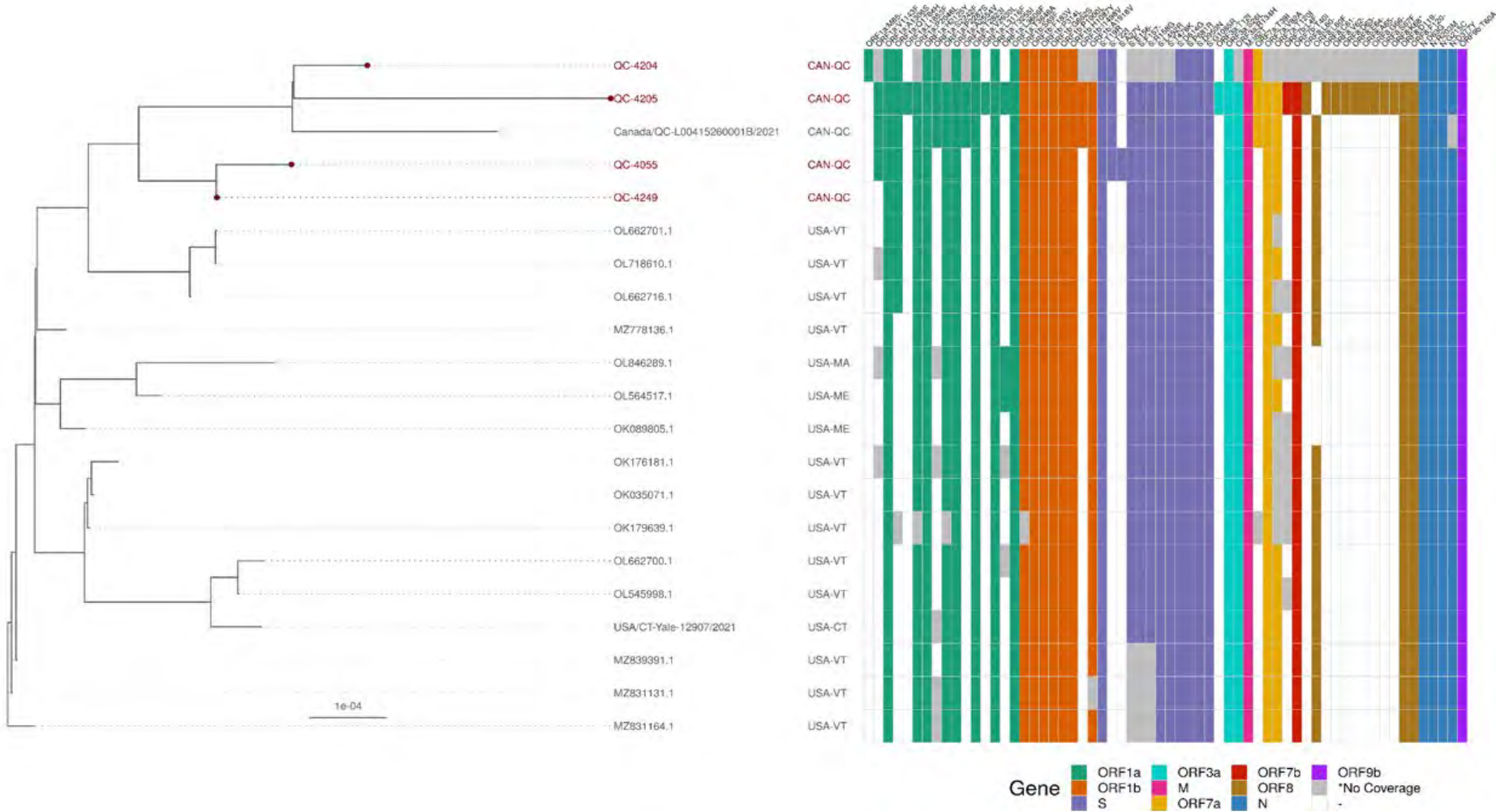
GISAID : Global Initiative on Sharing Avian Influenza Data

SCSSA : Système canadien de surveillance de la santé animale <https://cahss.ca/cahss-tools/sars-cov-2-dashboard?l=>

Détection du SARS-CoV-2 chez le cerf, Qc

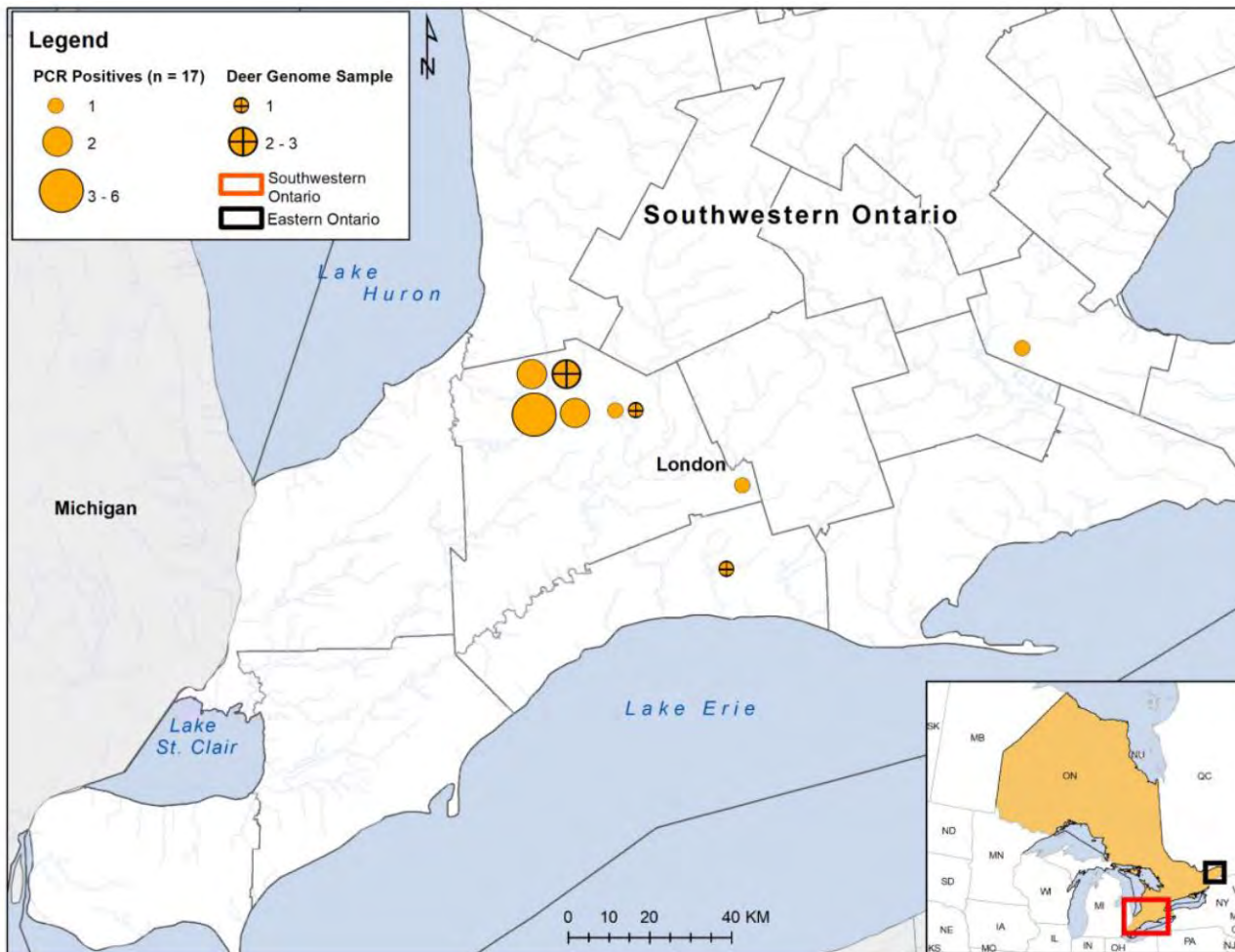


Détection du SARS-CoV-2 chez le cerf, Qc



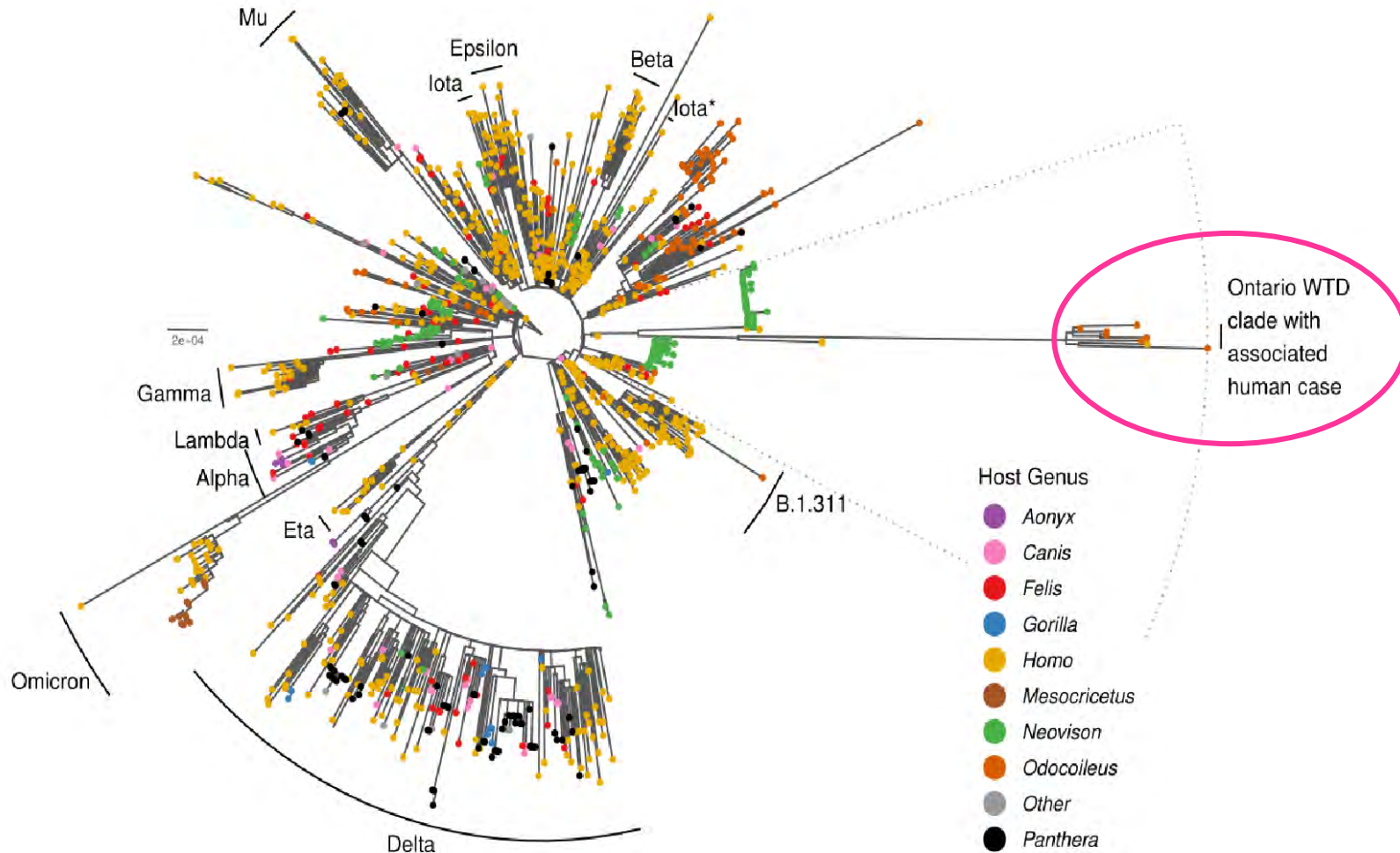
- Le variant préoccupant Delta du SARS-CoV-2 a été détecté chez des cerfs au Québec, dans la région de l’Estrie.
- Il est le plus proche génétiquement du SARS-CoV-2 trouvé chez des humains dans le Vermont.

SARS-CoV-2 détecté chez le cerf, Ont.



- 300 cerfs abattus par des chasseurs, échantillonnés en nov.-déc. 2021 dans le sud-ouest (83 %) et l'est (17 %) de l'Ontario
- 94 % d'adultes, 45 % de femelles
- 213 frottis nasaux, 294 ganglions lymphatiques rétropharyngiens
- 5 frottis nasaux et 16 ganglions lymphatiques rétropharyngiens ont été confirmés positifs; toute la RNaseP a été confirmée négative
- **Dans l'ensemble, l'ARN du SARS-CoV-2 a été détecté dans 21 échantillons représentant 17 animaux**

Des grappes de SARS-CoV-2 d'origine cervidienne très divergentes, associées à un virus d'origine humaine



- 5 génomes de SARS-CoV-2 d'origine cervidienne de haute qualité + 1 humain (GISAID)
- **Clade très divergent au sein de la lignée PANGO B.1**
- 76 mutations nucléotidiques conservées par rapport à l'ancêtre et 49 par rapport à leur ancêtre commun le plus proche
- Les parents les plus proches sont un humain et des virus du vison provenant du Michigan
- Preuves génomiques et épigénétiques en faveur d'un regroupement monophylétique
- **Aucune preuve de transmission ultérieure chez l'humain**

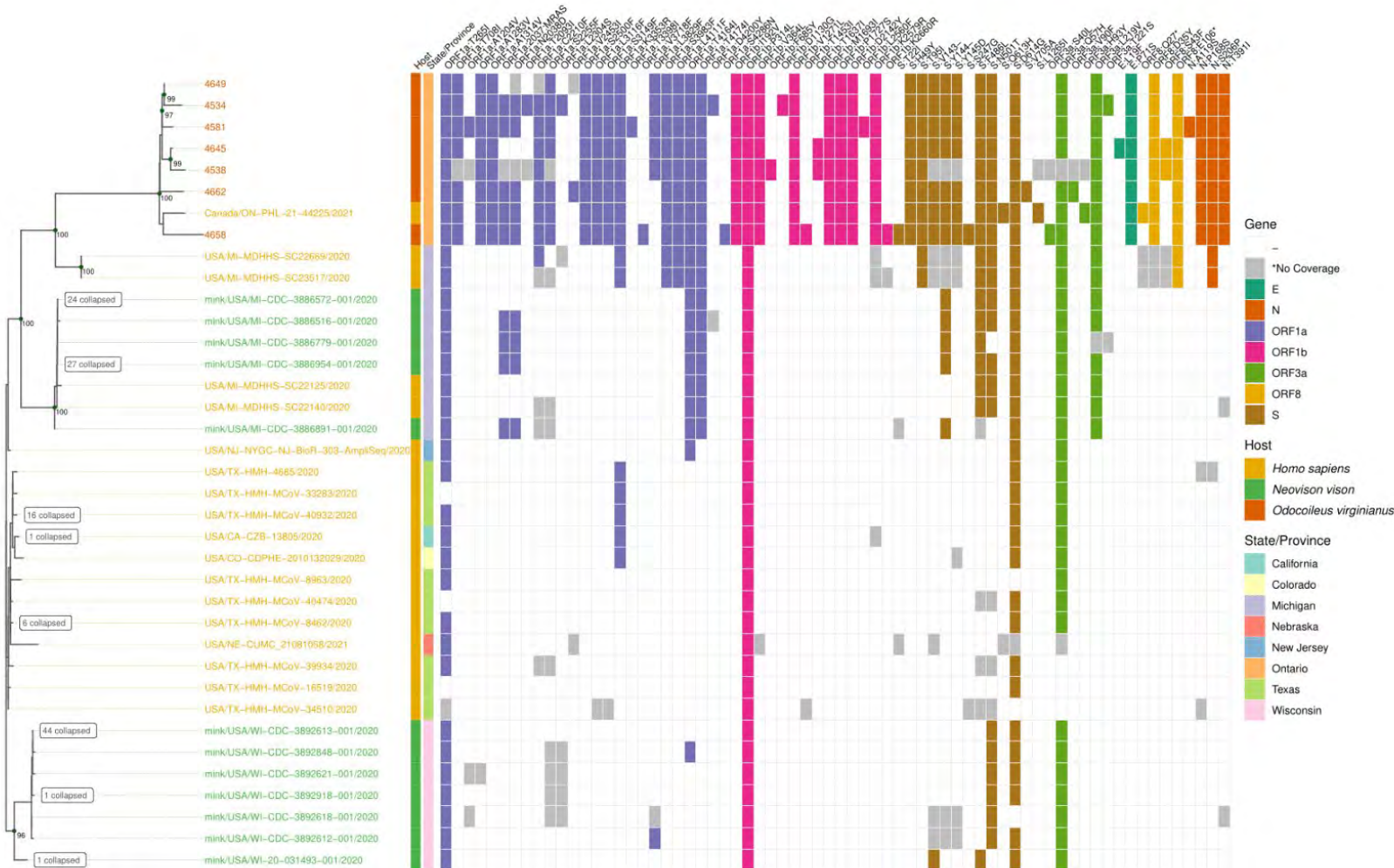
Attribution de lignée B1.641 et analyse des polymorphismes mononucléotidiques (SNP)



Protéines non structurales Protéines structurales

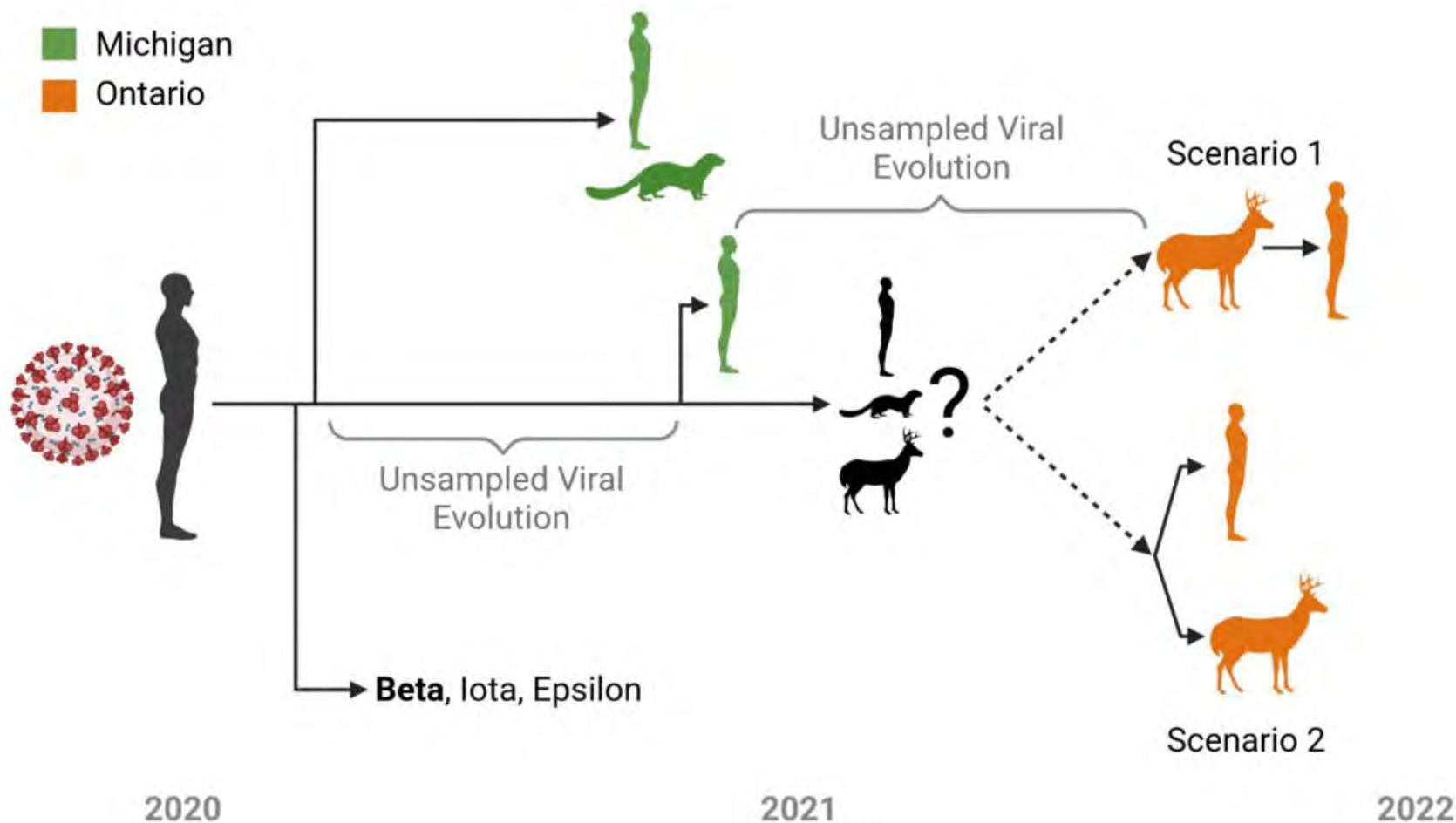
• Mutations trouvées précédemment chez le cerf :

- S:613H et ORF8:Q27* (échantillon humain uniquement)
- S:T22I; également présent dans le virus de type Delta chez des cerfs du Québec
- 5 mutations conservées n'ont pas été observées précédemment chez le cerf de Virginie et sont rares (n=32, dont 31 visons du Michigan, États-Unis)





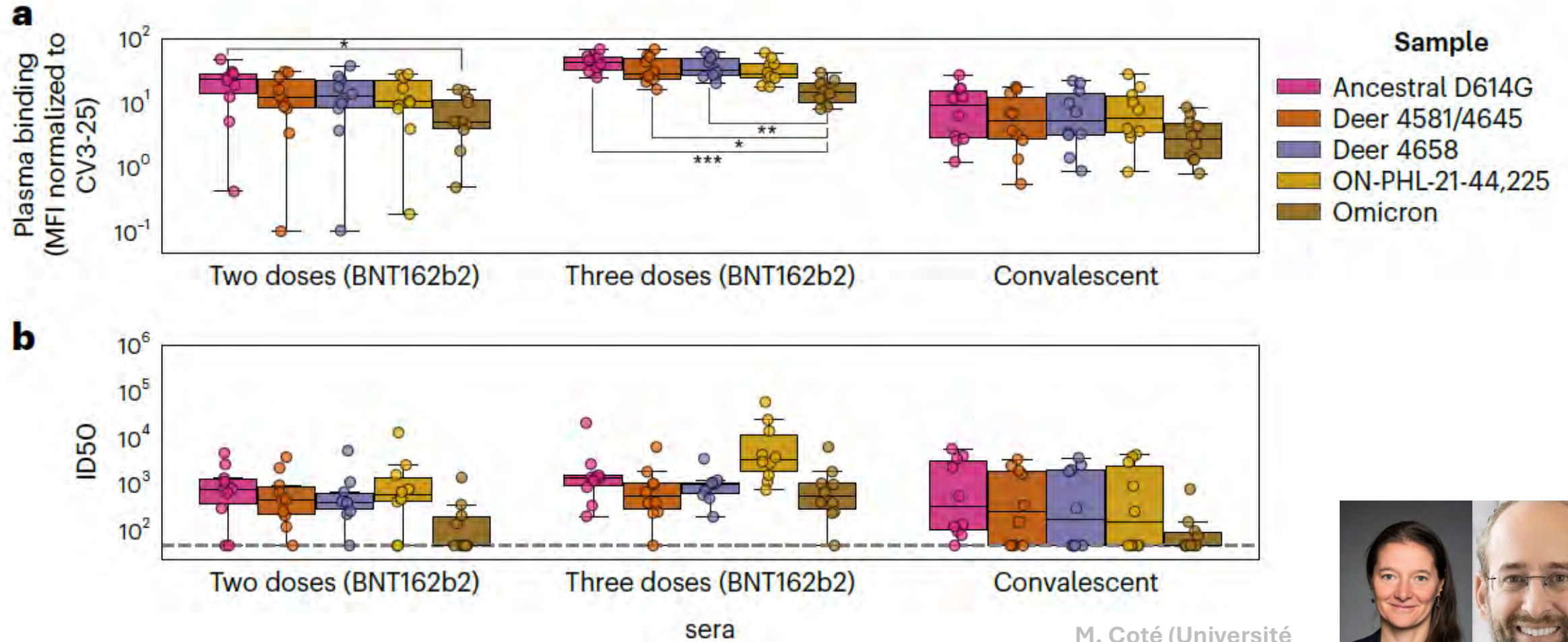
Scénarios de transmission potentiels; sous-échantillonnage important



- dN/dS plus faible pour le clade de cerfs de Virginie de l'Ontario — **sélection neutre**; moins de pression de sélection immunitaire, accumulation lente à travers le génome sur une longue période?
- Nombre de mutations proportionnel à la longueur des gènes : ORF1ab (54,1 attendues contre 51 observées) et Spike (9,7 attendues contre 9 observées).



Aucune preuve de diminution de la neutralisation par les anticorps



M. Côté (Université d'Ottawa)
A. Finzi (CRCHUM)

Aucune preuve d'augmentation de la réplication virale chez l'humain dans les systèmes *in vitro*



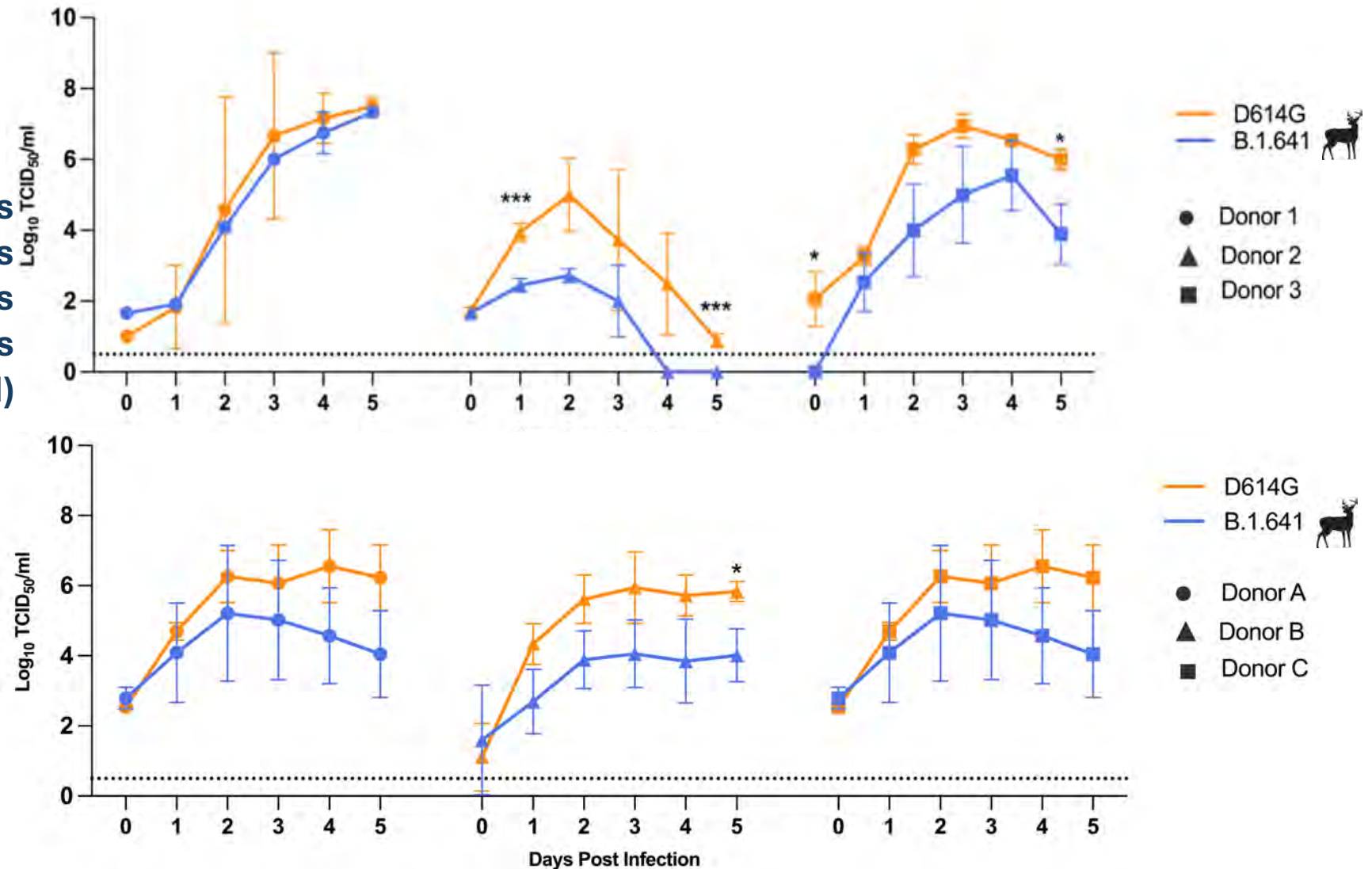
Cellules
épithéliales
nasales
humaines
(CENH)



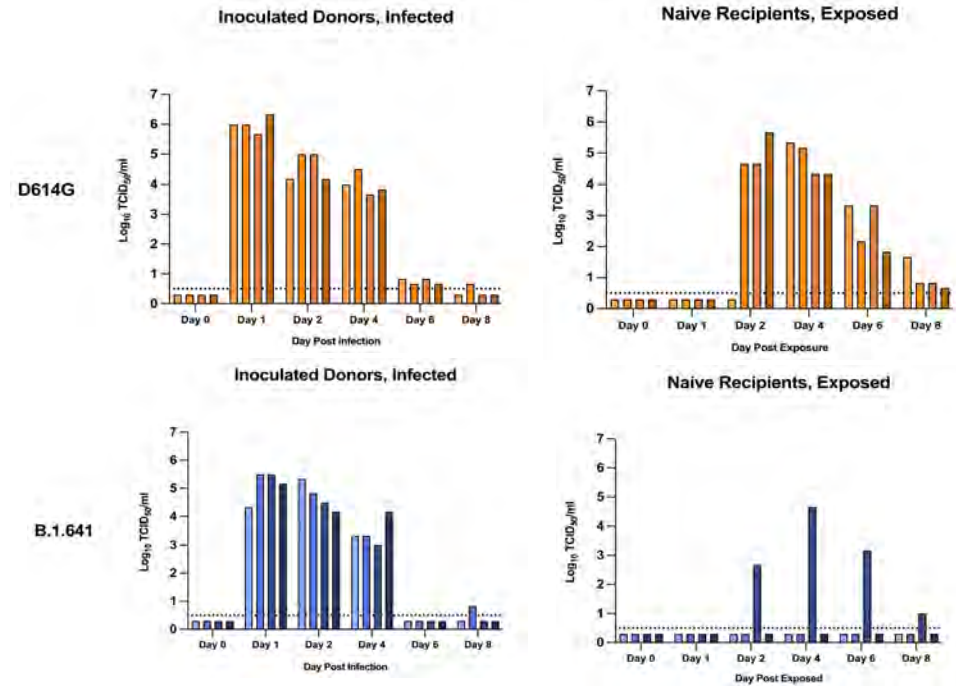
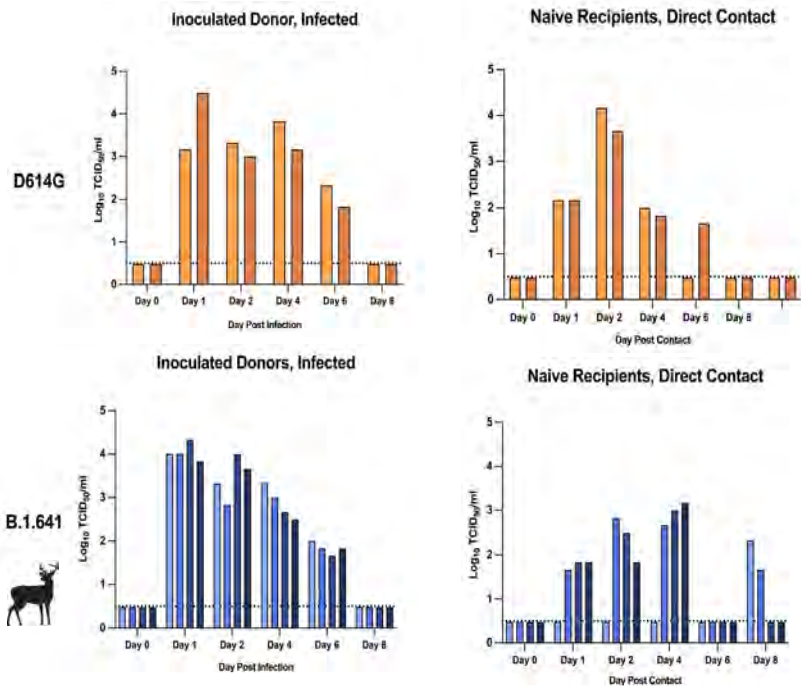
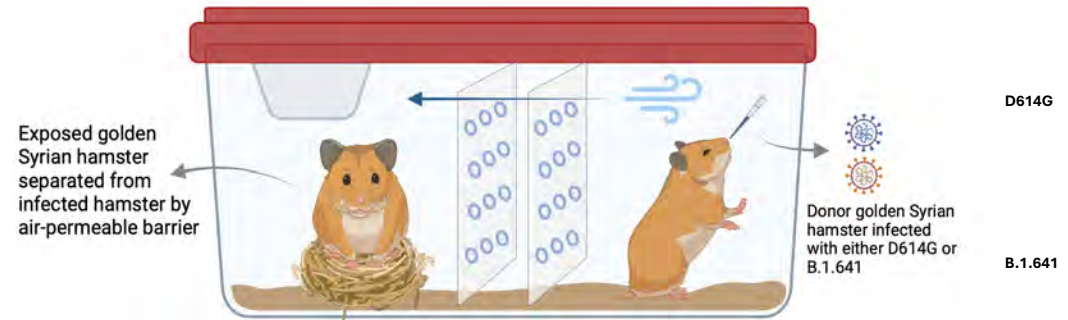
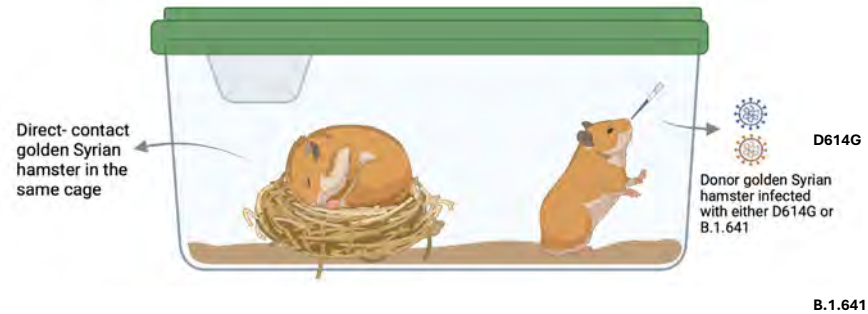
Organoïdes
pulmonaires



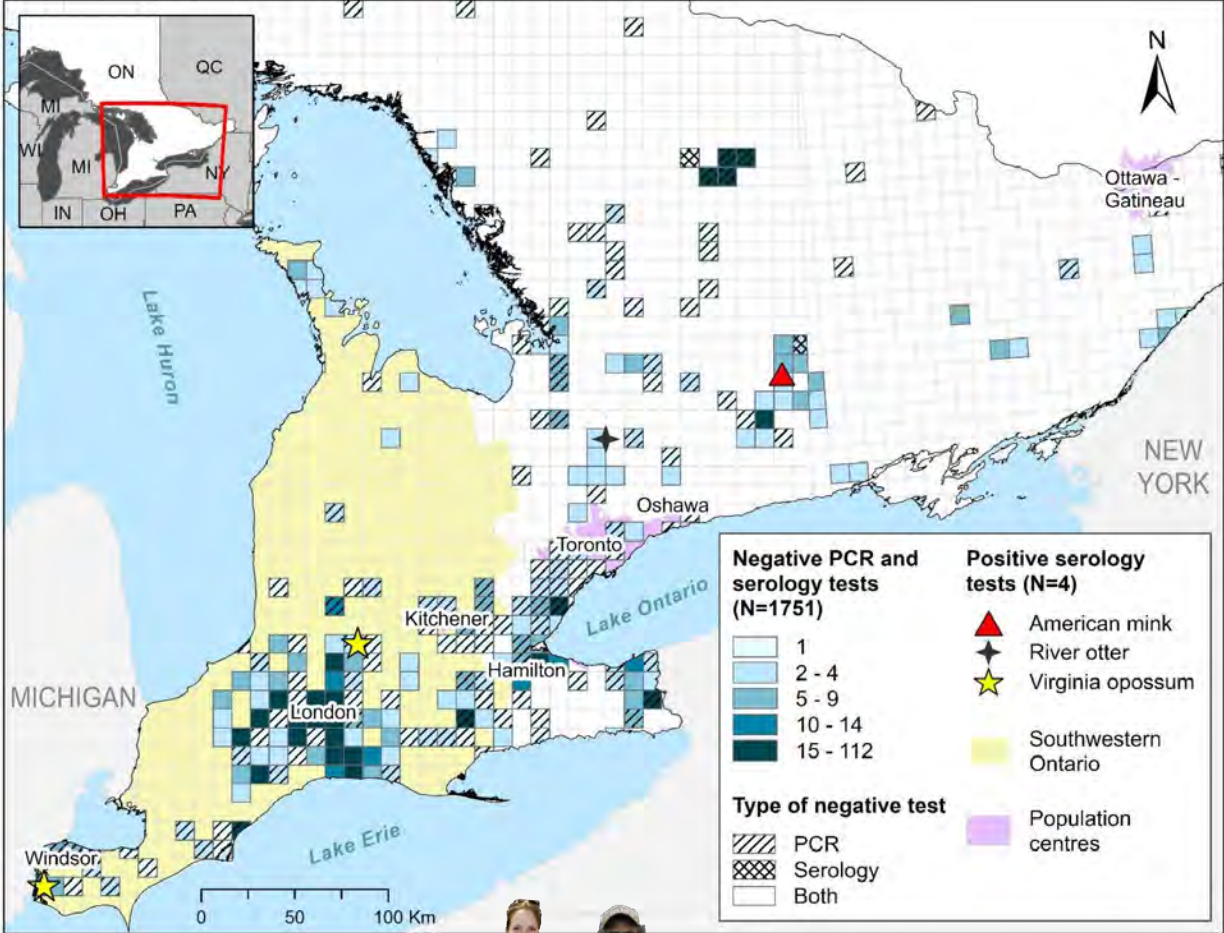
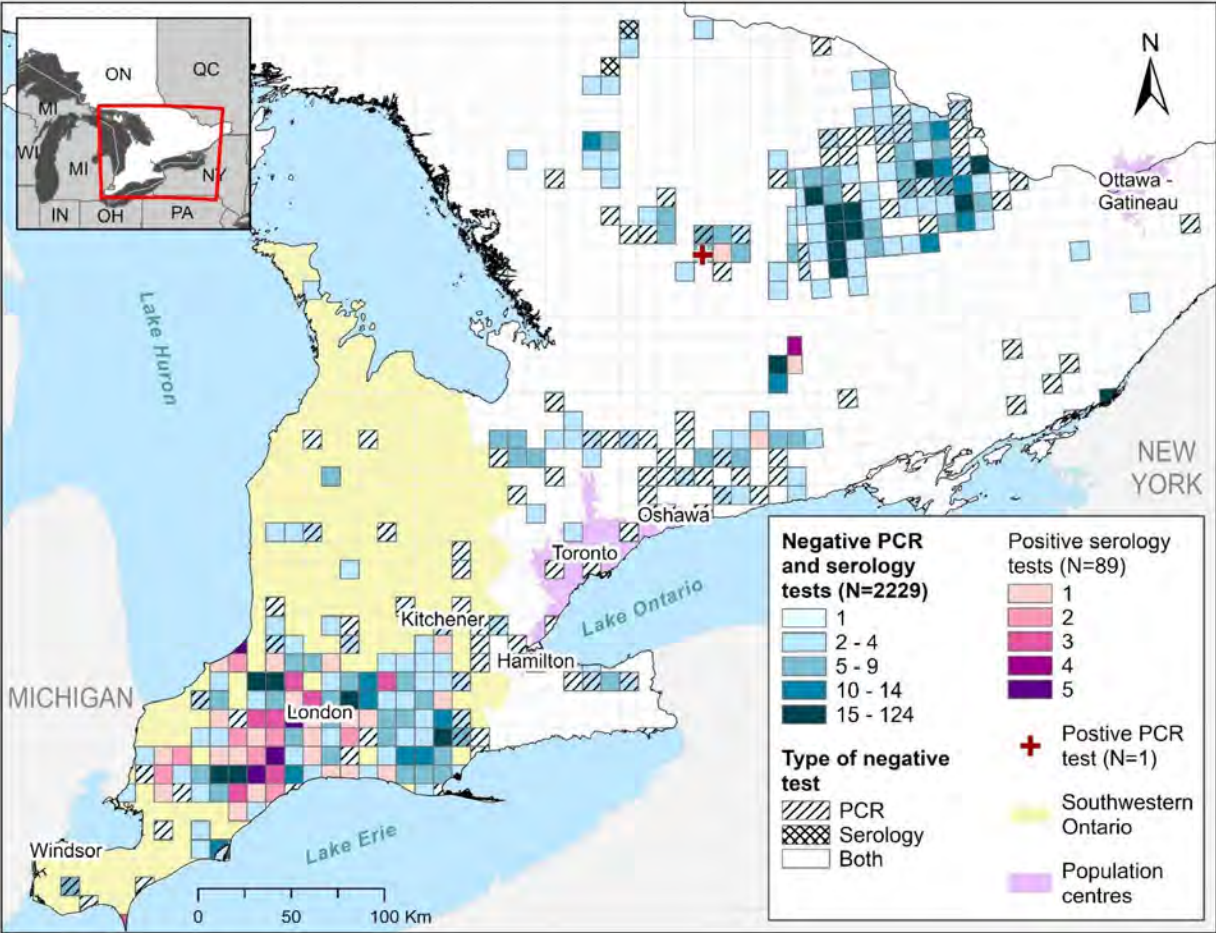
Y. Lee, J. Corredor
T. Moraes (Hosp Sick Children)
H. Zhang (Unity Health)



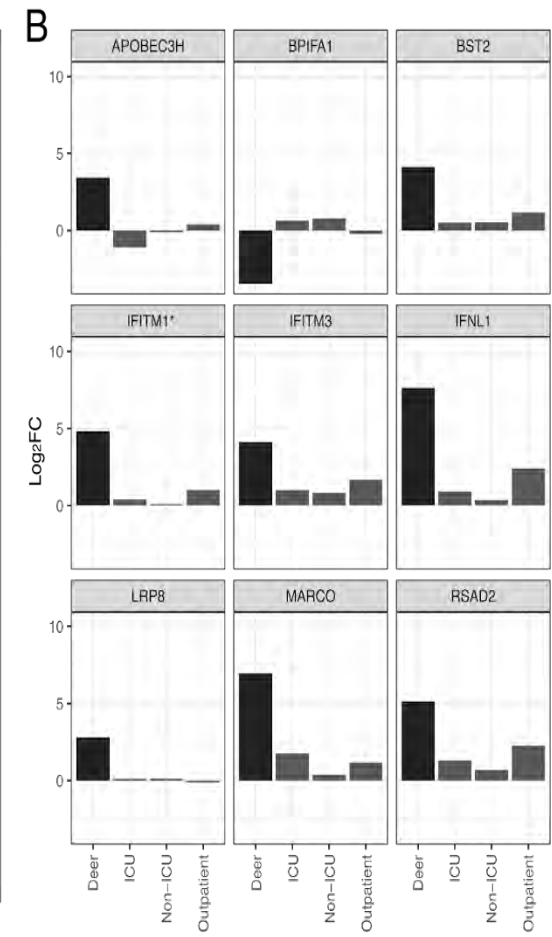
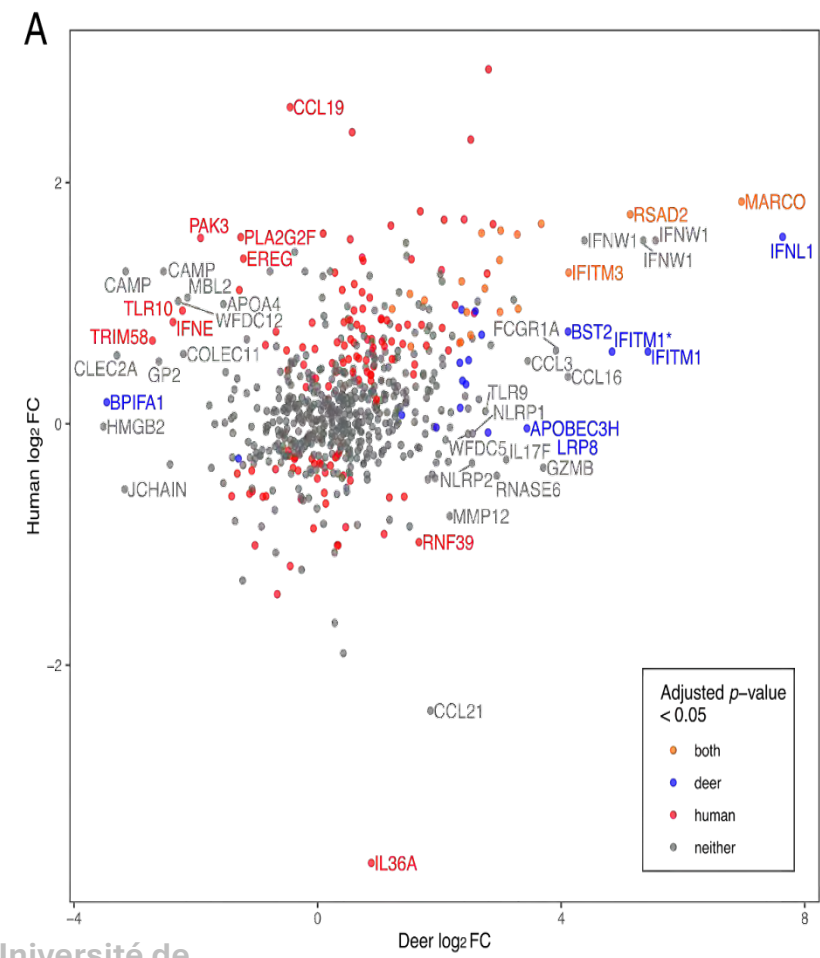
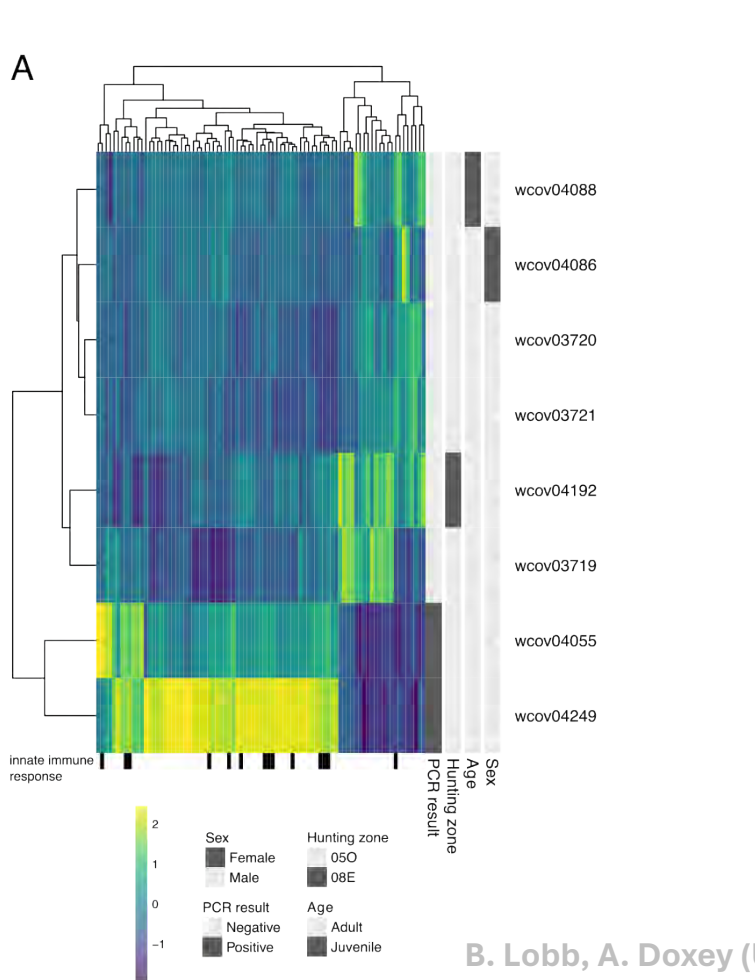
Aucune preuve d'augmentation de la transmission du SARS-CoV-2 d'origine cervidienne



Surveillance du SARS-CoV-2 chez les mammifères Ont., 2020-2024



Que pouvons-nous apprendre de la réponse de l'hôte chez le cerf?



B. Lobb, A. Doxey (Université de Waterloo)
 A. Banete, J. Kotwa (SRI)
 A. Banerjee (VIDO-InterVac)



Tirer parti des programmes existants relatifs à la santé de la faune



Culture de cellules épithéliales nasales de cerf (ENC) à l'interface air-liquide (ALI)

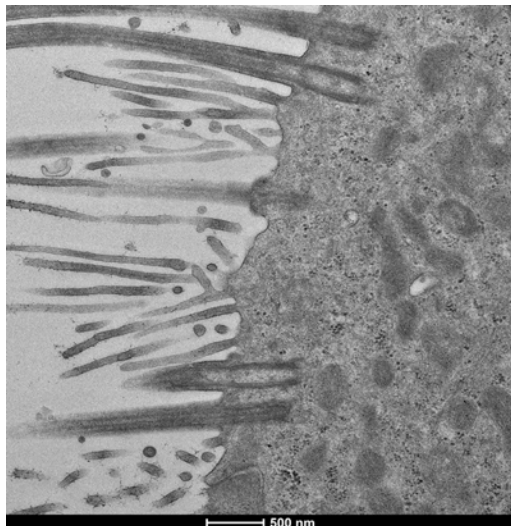


S. Aicher

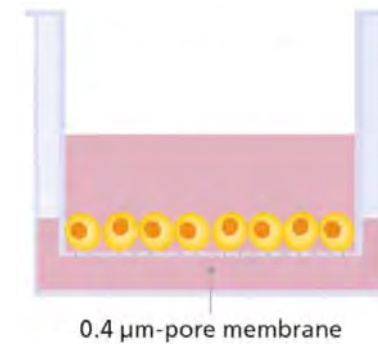
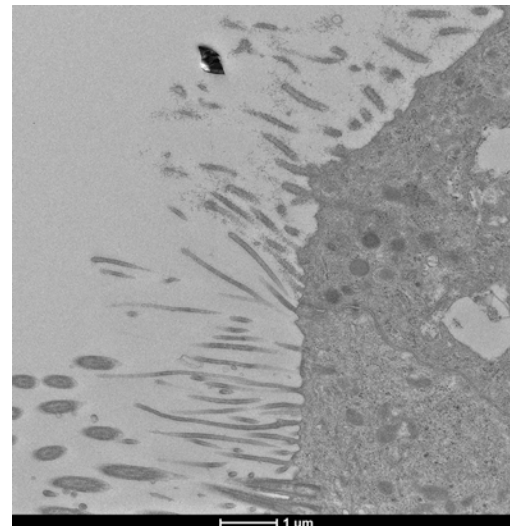


L. Crawshaw et J. Bowman, MRN

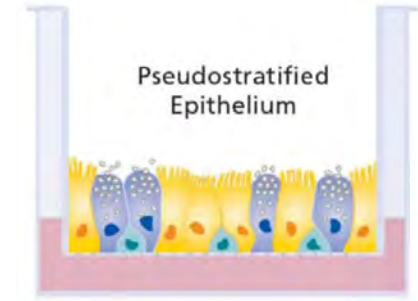
Cerf



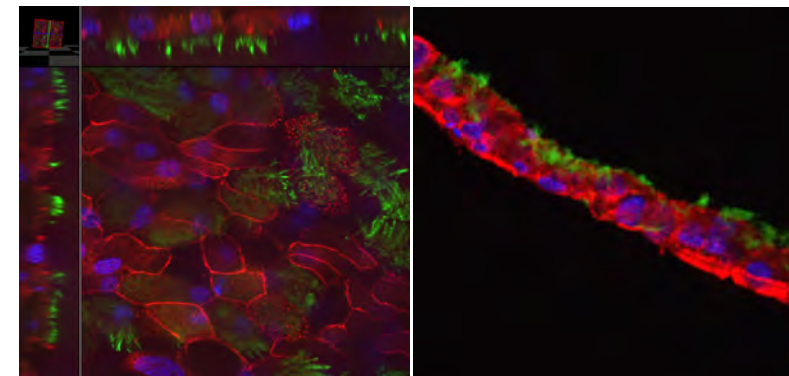
Humain



**Ensemencement et
expansion
ENC primaires**

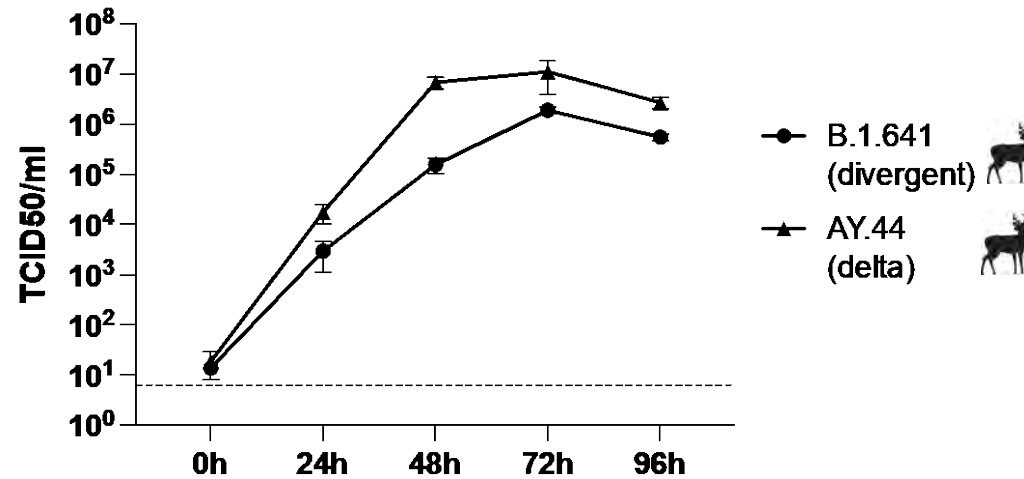


Différenciation



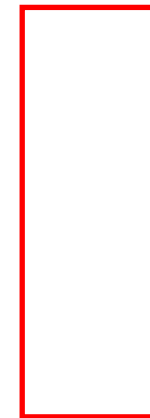
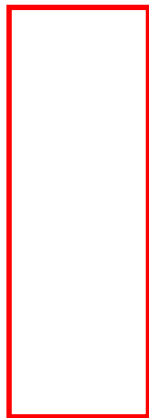
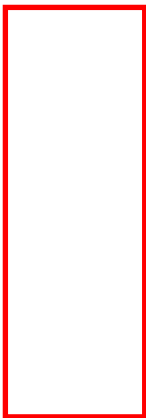
SI Zo-1 β-tubuline Dapi

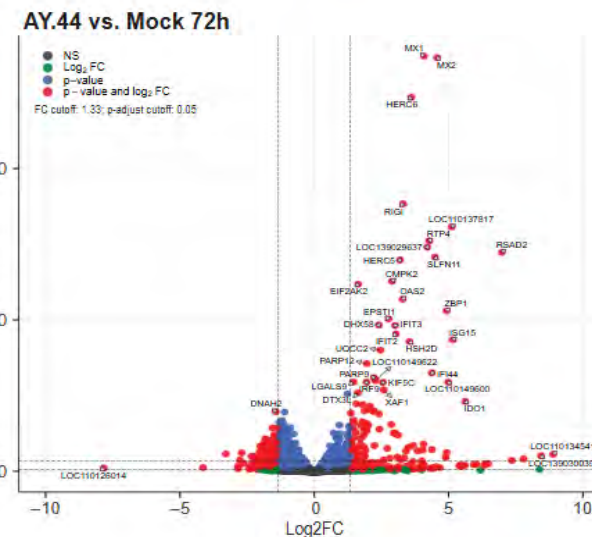
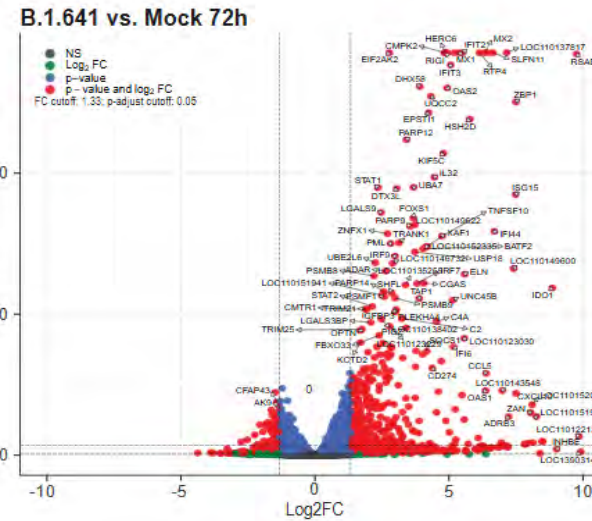
Infection des ENC et induction de la réponse à l'interféron (IFN)



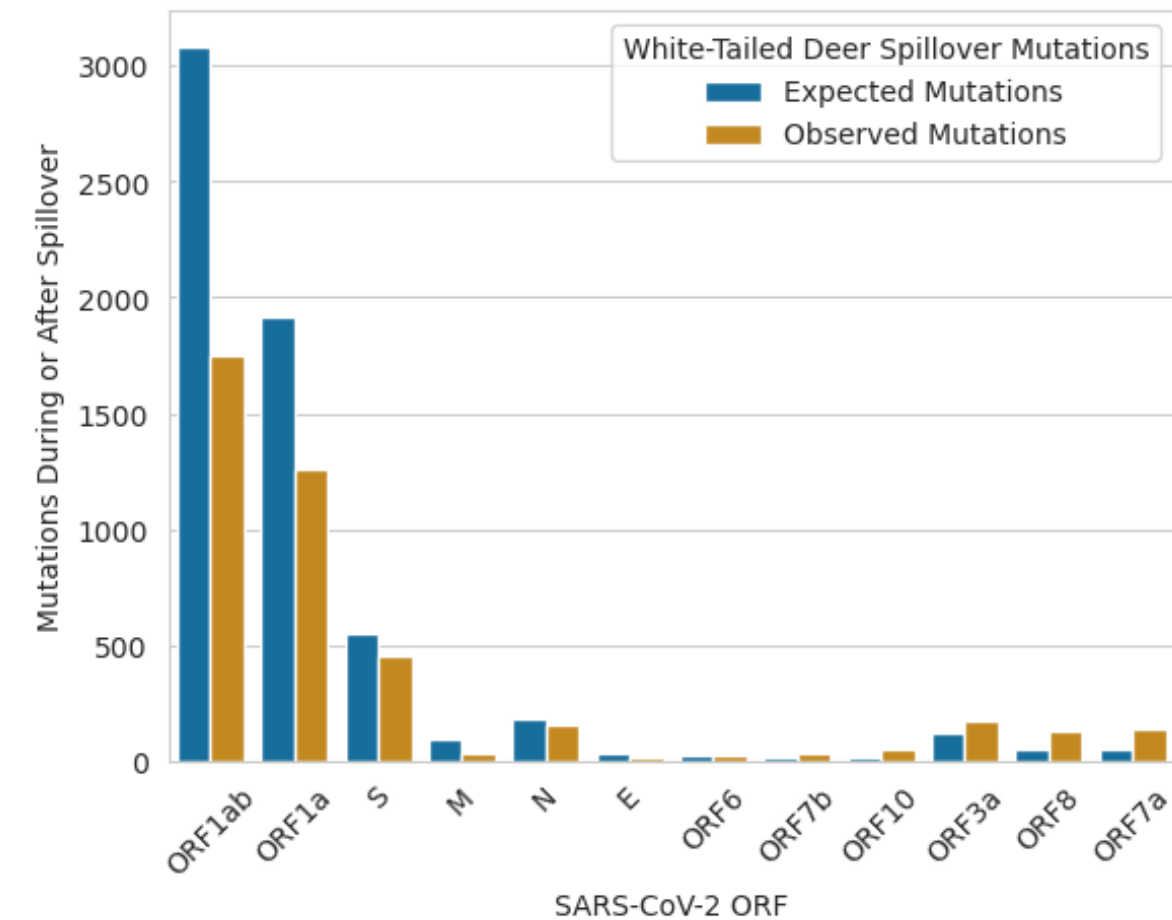
B.1.641 (divergent)

AY.44 (Delta)

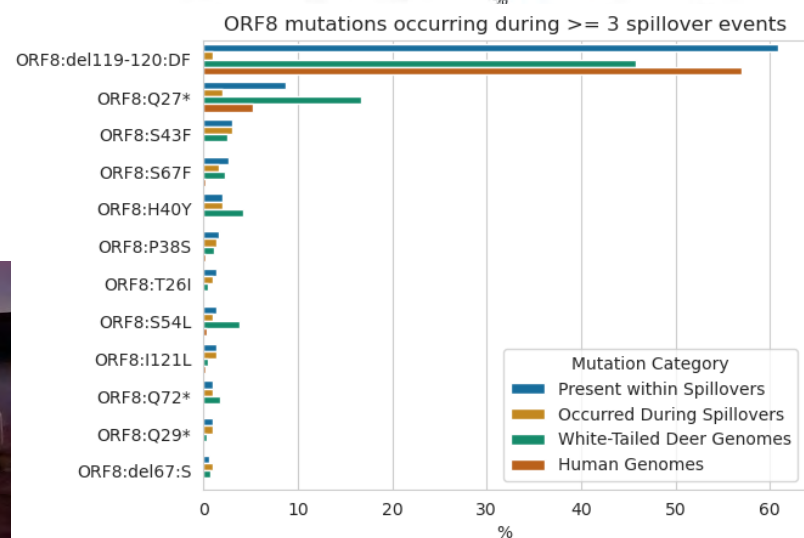
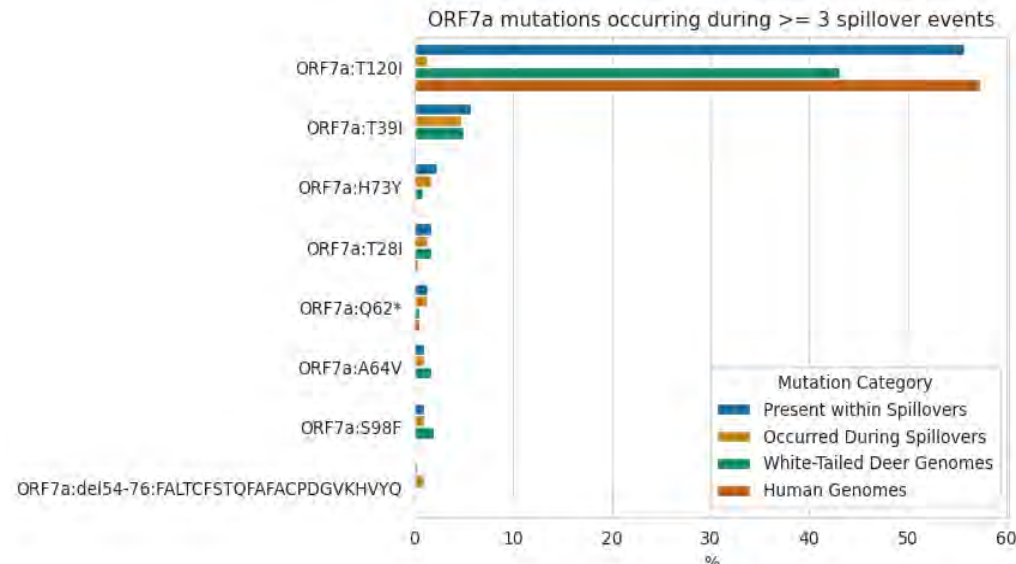




Mutations ORF7a et ORF8 sous-représentées dans les génomes viraux liés au cerf de Virginie



Fin Maguire (Université Dalhousie)





- Le SARS-CoV-2 a circulé parmi les cerfs de Virginie, en divergeant d'une lignée ancestrale; aucune preuve ne permet de confirmer son potentiel en tant que variant préoccupant.
- Les cerfs de Virginie pourraient être immunotolérants.
- Des questions subsistent concernant la réponse de l'hôte et l'évolution virale; il est important de comprendre le potentiel de réservoirs secondaires chez la faune.
- La recherche transdisciplinaire est essentielle pour assurer une réponse rapide et une bonne préparation en matière de recherche.
- Une main-d'œuvre bien formée et compétente, des relations clés et des infrastructures doivent toutes être conservées pour répondre efficacement aux menaces sanitaires.

Aperçu



1. Vue d'ensemble

2. Enseignements tirés de la précédente pandémie



3. Préparation de l'avenir



Piste d'action 2 : réduire les risques dus aux épidémies et pandémies zoonotiques en émergence et réémergence



2.1.1 Rechercher et évaluer les risques liés aux facteurs, aux processus et aux voies de transmission des maladies zoonotiques; caractériser les écosystèmes et les systèmes de santé intacts et résilients, ainsi que leur effet sur la prévention des maladies



2.1.3 Déterminer les facteurs et les indicateurs de surveillance de leurs effets sur les zoonoses, y compris ceux susceptibles d'entraîner une augmentation des interactions ou des perturbations de la dynamique naturelle entre l'hôte et l'agent pathogène



2.1.4 Élaborer un cadre d'indicateurs « Une seule santé » pour surveiller la santé des humains, de la faune, des animaux domestiques, des vecteurs et l'environnement, y compris dans des écosystèmes et systèmes de santé intacts et résilients



2.2.2 Intégrer l'aménagement du territoire dans l'évaluation des risques pour la santé et la biodiversité, et inversement



2.2.3 Établir des normes pour la gestion des processus écosystémiques afin de renforcer la résilience, notamment en normalisant la prévention de la dégradation des habitats et la protection de la biodiversité

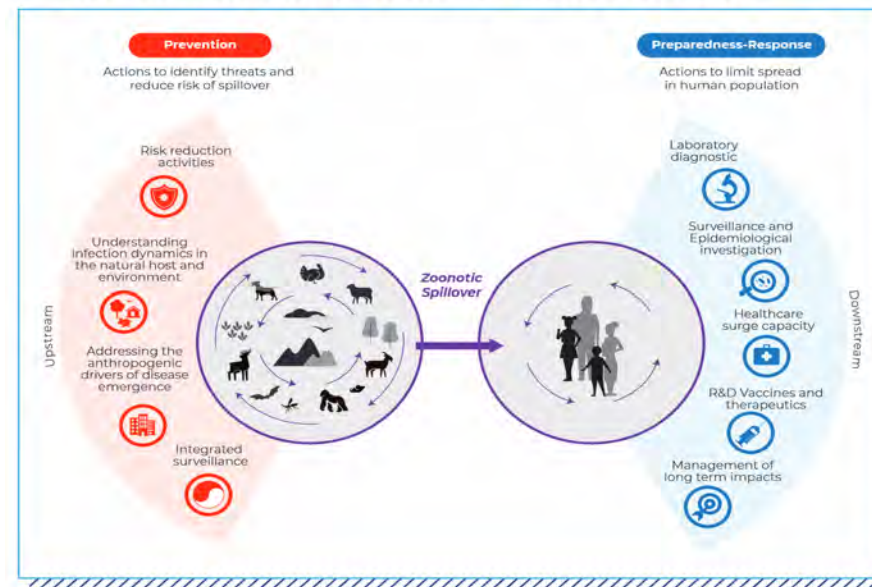


2.2.4 Collaborer avec les communautés locales, y compris les peuples autochtones, afin de trouver des solutions durables, fondées sur la nature le cas échéant, pour renforcer la préparation et la résilience des communautés

Action 2.1. Comprendre les facteurs d'émergence, de transmission et de propagation d'agents pathogènes zoonotiques

Action 2.2. Définir et hiérarchiser les interventions visant à prévenir l'émergence, la transmission et la propagation des zoonoses

FIGURE 1. PREVENTION OF ZOOBOTIC SPILLOVER TO HUMANS



Strengthening A One Health Approach to Emerging Zoonoses

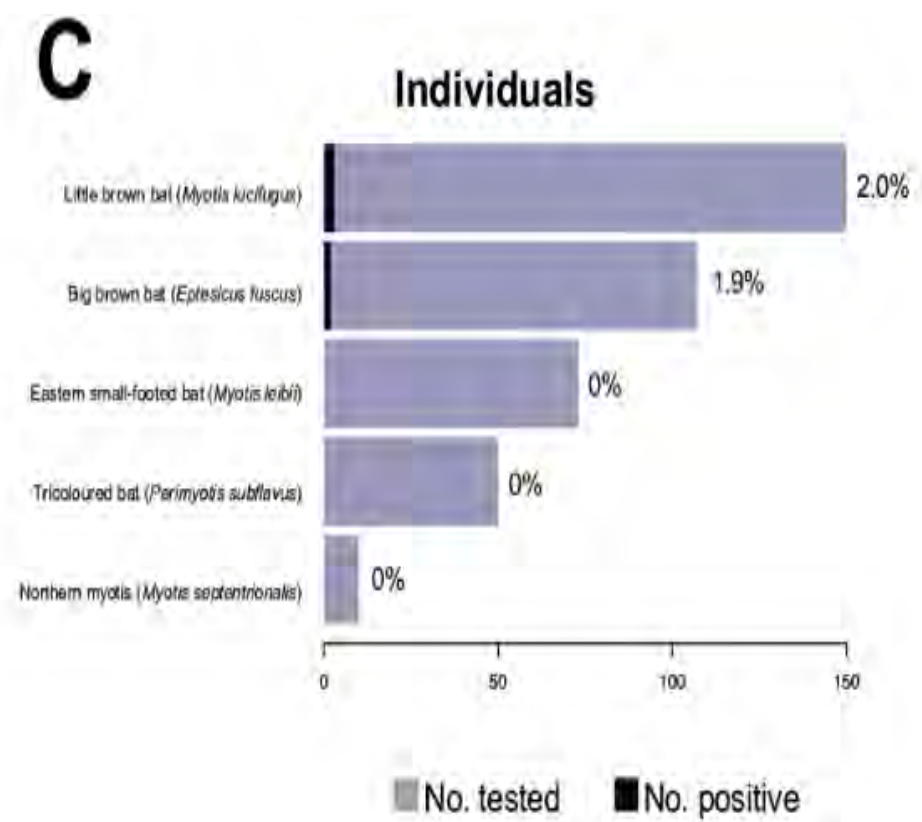
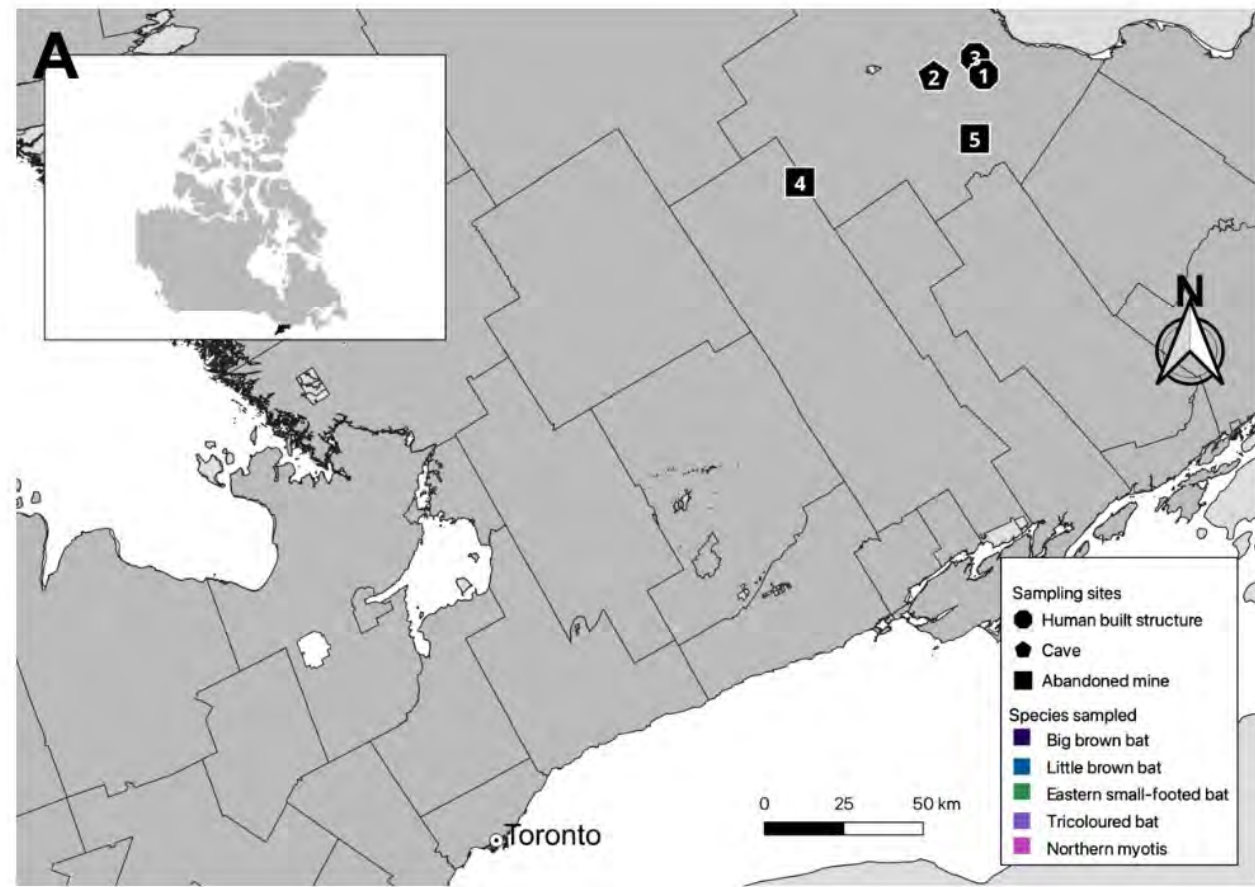
June 2022



An RSC Policy Briefing

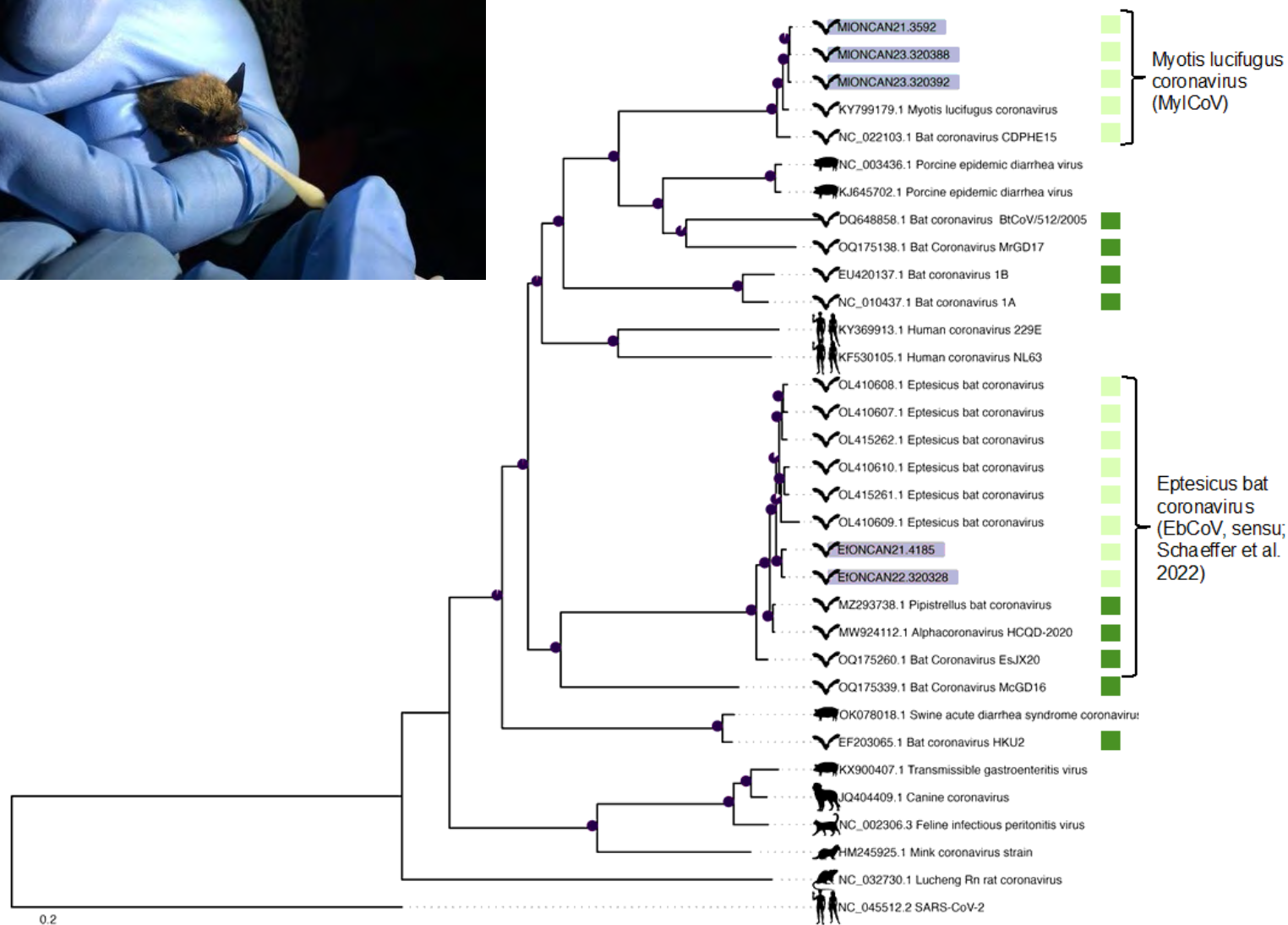


Alpha-CoV chez les chauves-souris endémiques dans l'est de l'Ontario



J. Kotwa (Sunnybrook)
C. Davy (Carleton)

Alpha-CoV dérivés de *Eptesicus fuscus* et de *Myotis lucifugus*



Myotis lucifugus
coronavirus
(MylCoV)

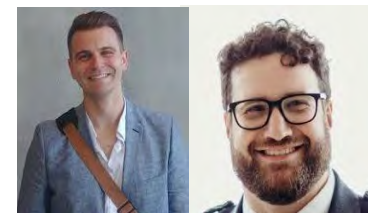
98 % d'identité entre les alpha-CoV dérivés de *M. lucifugus* identifiés en Ontario

S est identique à 94 % à celle de MylCoV provenant du Manitoba et à 74 % à celle de MylCoV provenant du Colorado

Eptesicus bat
coronavirus
(EbCoV, sensu;
Schaeffer et al.
2022)

98 % d'identité entre les alpha-CoV dérivés de *E. fuscus* identifiés en Ontario

J. Kotwa
F. Maguire (Université
Dalhousie)

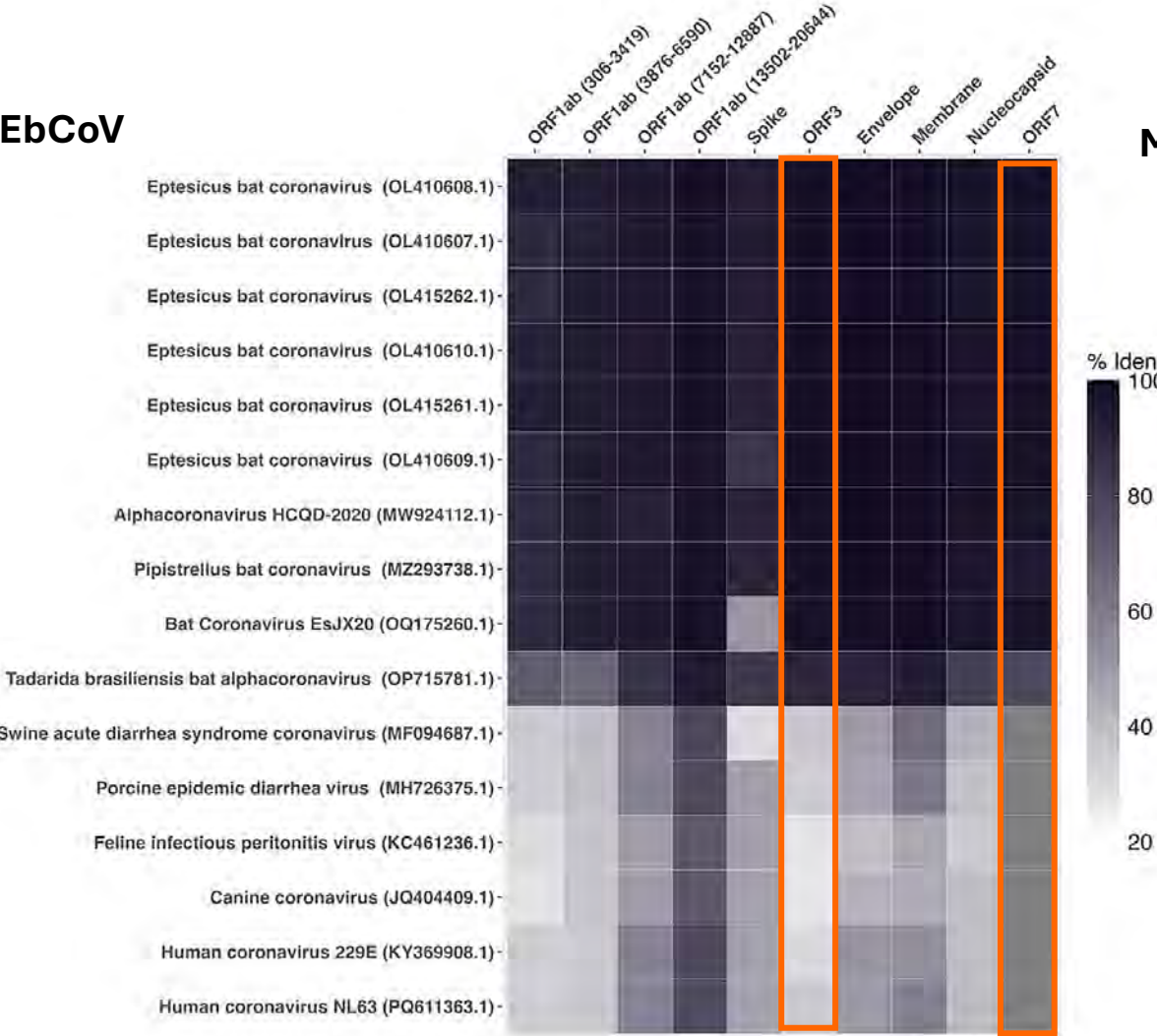


npj Viruses volume 3, numéro de l'article : 38
(2025)

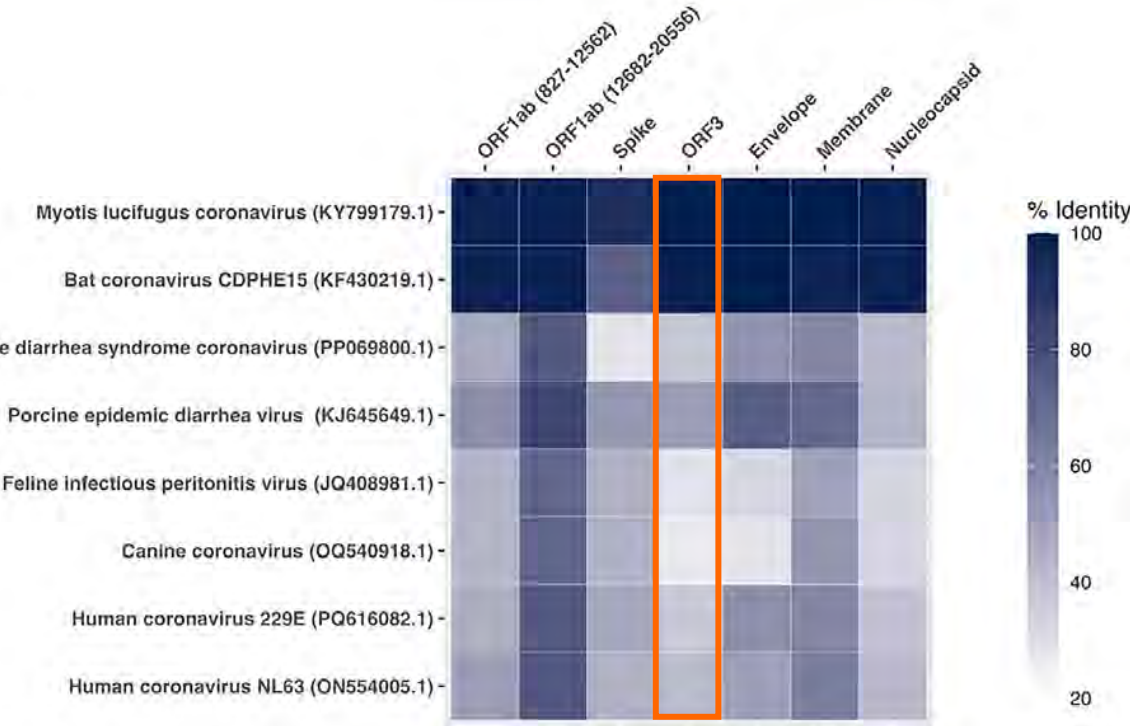
Comparaisons par paires des acides aminés d'EbCoV et de MylCoV



EbCoV



MylCoV

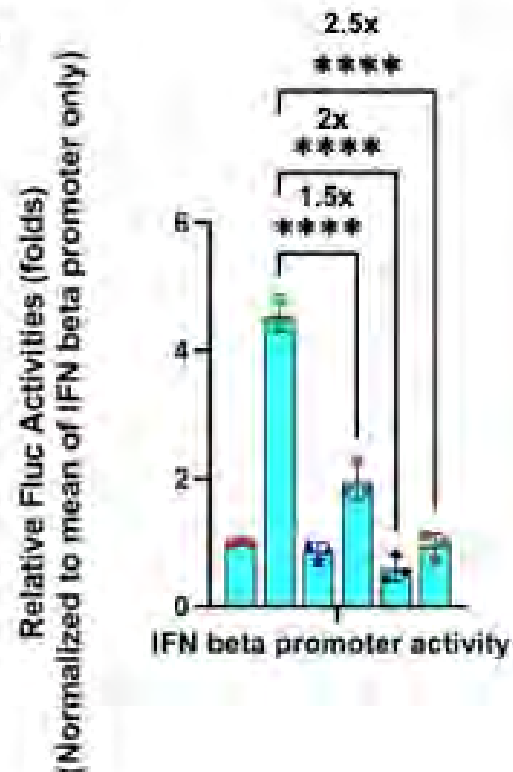




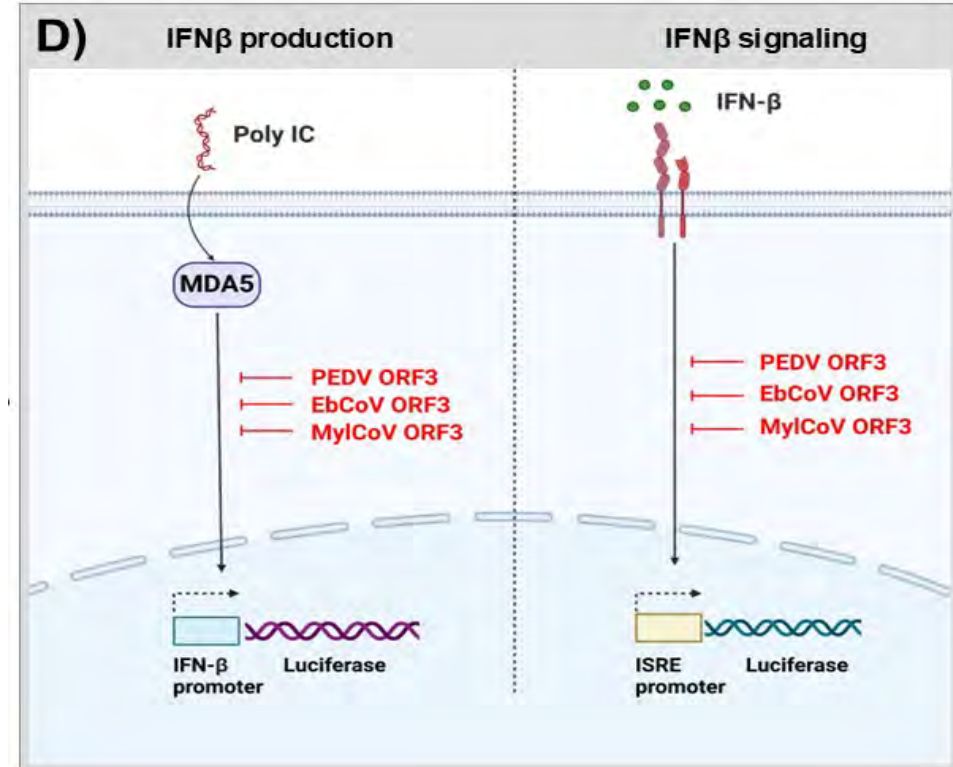
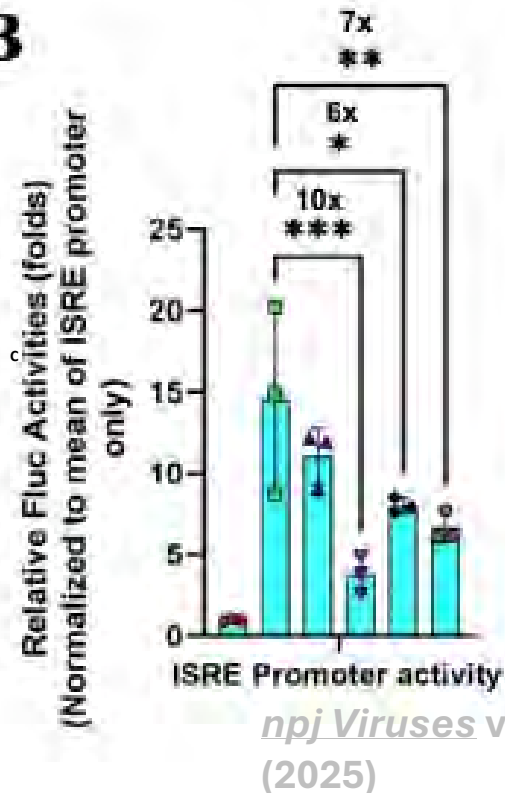
Chez EbCoV et MylCoV, l'ORF3 inhibe les réponses aux IFN de type 1

- IFN β or ISRE promoter only
- IFN β or ISRE promoter + pcDNA3.1 (with poly IC or IFN β)
- ▲ IFN β or ISRE promoter + pcDNA3.1 (no poly IC or IFN β)
- ▼ IFN β or ISRE promoter + PEDV ORF3 (with poly IC or IFN β)
- ◆ IFN β or ISRE promoter + EbCoV ORF3 (with poly IC or IFN β)
- IFN β or ISRE promoter + MylCoV ORF3 (with poly IC or IFN β)

A



B



Arkadeb Bhuinya (VIDO-InterVac)
Arinjay Banerjee (VIDO-InterVac)



npj Viruses volume 3, numéro de l'article : 38
(2025)



- **Les coronavirus de chauves-souris sont endémiques en Ontario et spécifiques à l'espèce hôte.**
- **Ils possèdent des protéines accessoires susceptibles d'antagoniser les interférons (IFN).**



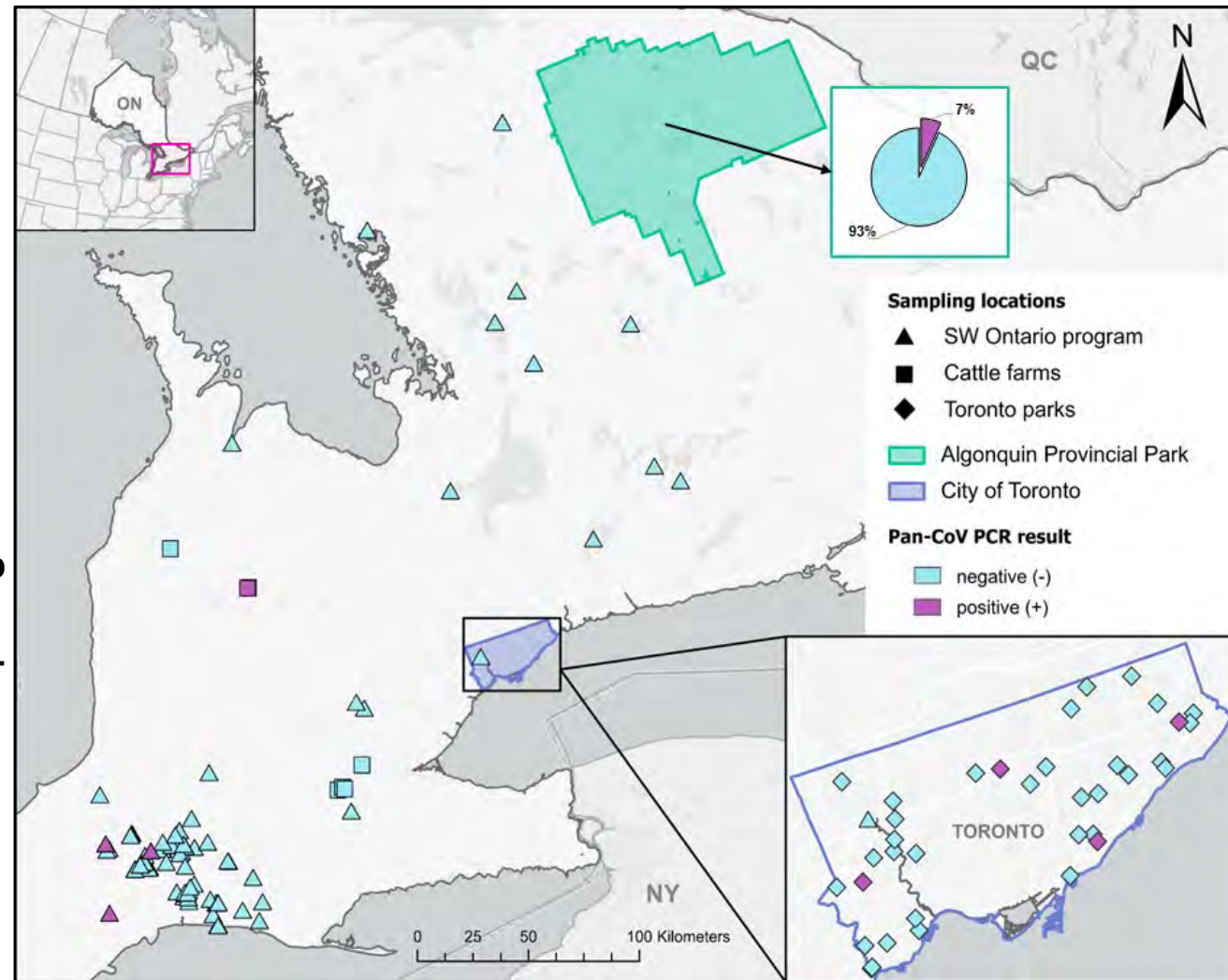




Bétacoronavirus endémiques détectés chez *Peromyscus* et d'autres petits mammifères de l'Ontario



- N=980
- 3,4 % *P. leucopus* +
- 4,9 % *P. maniculatus* +
- 45 séquences partielles de RdRp
- 14 génomes viraux complets, 69-100 % de complétude



J. Kotwa
C. Jardine (Université de Guelph)
S. Jeeves (Université de Guelph)
J. Bowman (MRN)

Quatre grappes de bêtacoronavirus dérivés de petits mammifères en Ontario (RdRp partielle)

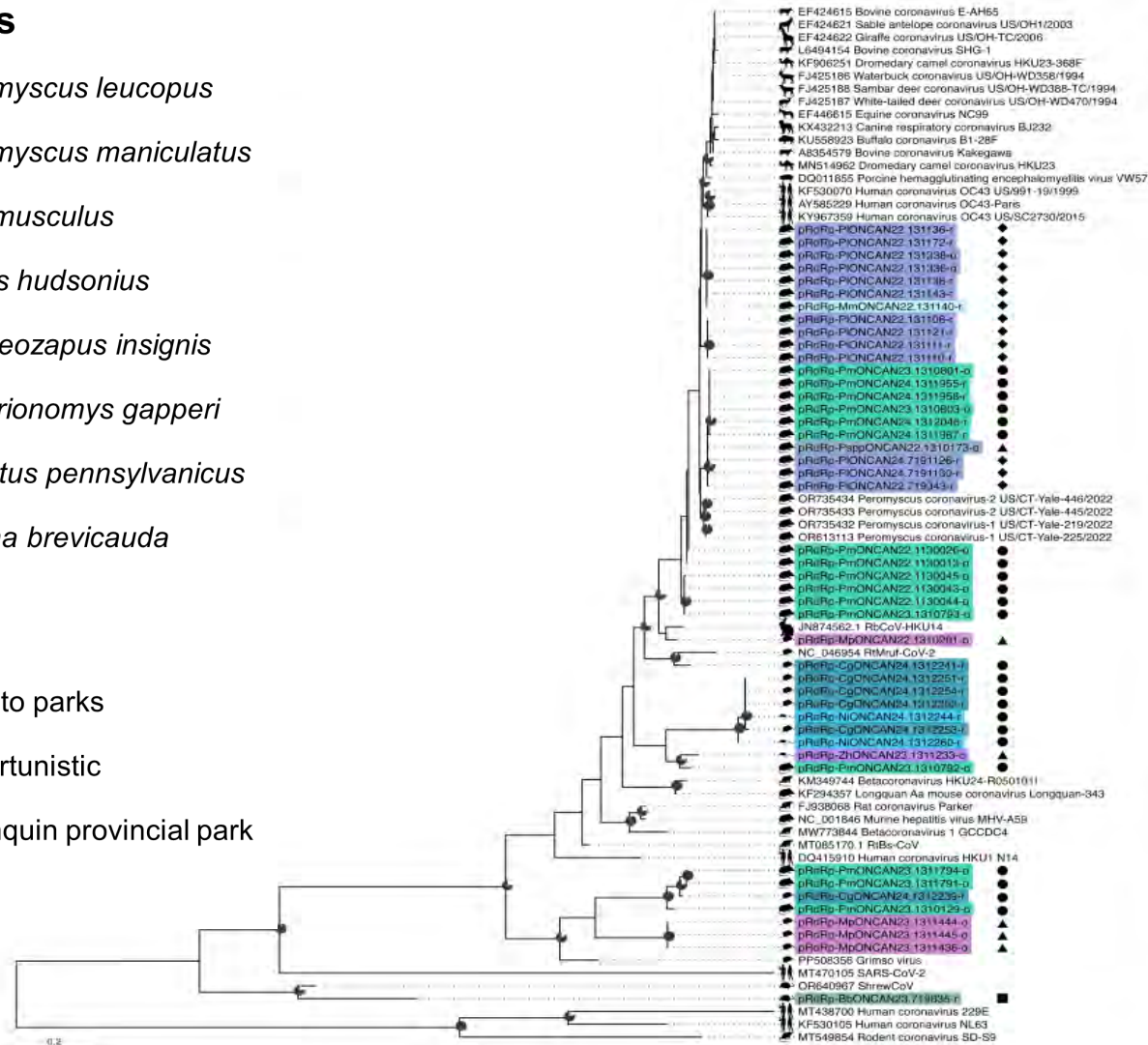


Species

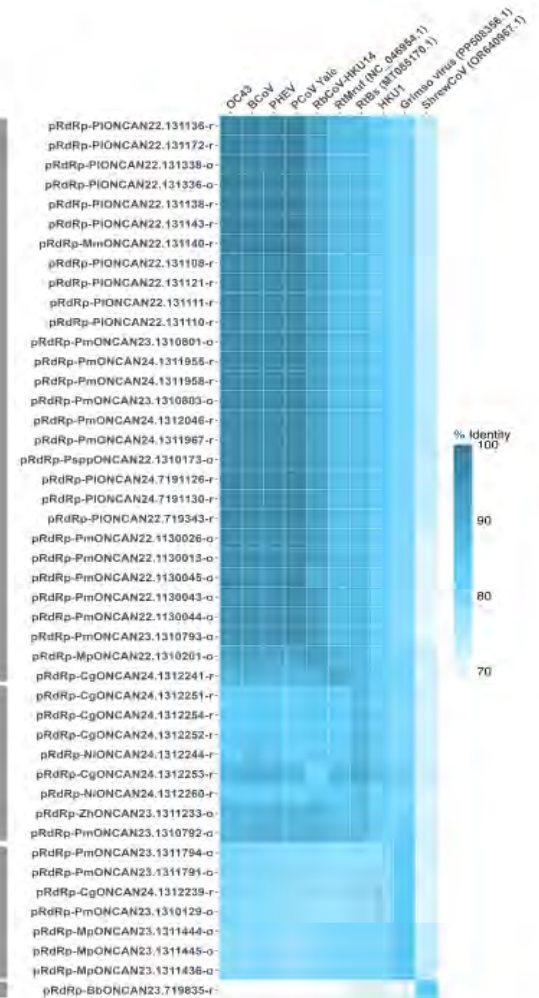
- Peromyscus leucopus*
- Peromyscus maniculatus*
- Mus musculus*
- Zapus hudsonius*
- Napaeozapus insignis*
- Clethrionomys gapperi*
- Microtus pennsylvanicus*
- Blarina brevicauda*

Source

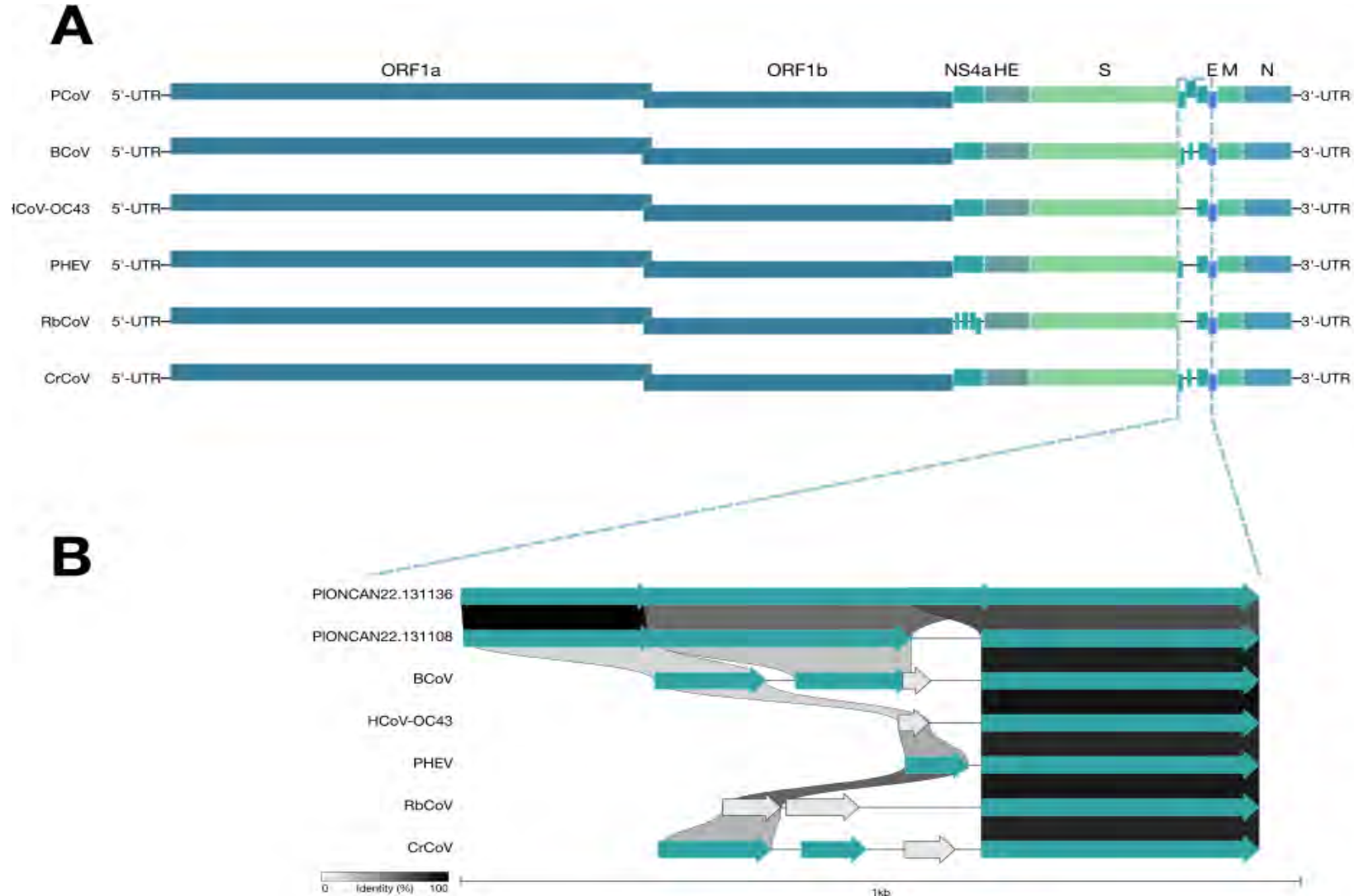
- Toronto parks
- Opportunistic
- Algonquin provincial park
- Farm



B



Organisation du génome PCoV





- ***Peromyscus* et d'autres coronavirus des petits mammifères sont endémiques en Ontario.**
- **Ils possèdent des protéines accessoires distinctes.**





The Time to Act is Now

Report of the Expert Panel for the
Review of the Federal Approach
to Pandemic Science Advice and
Research Coordination



Health
Canada

Santé
Canada

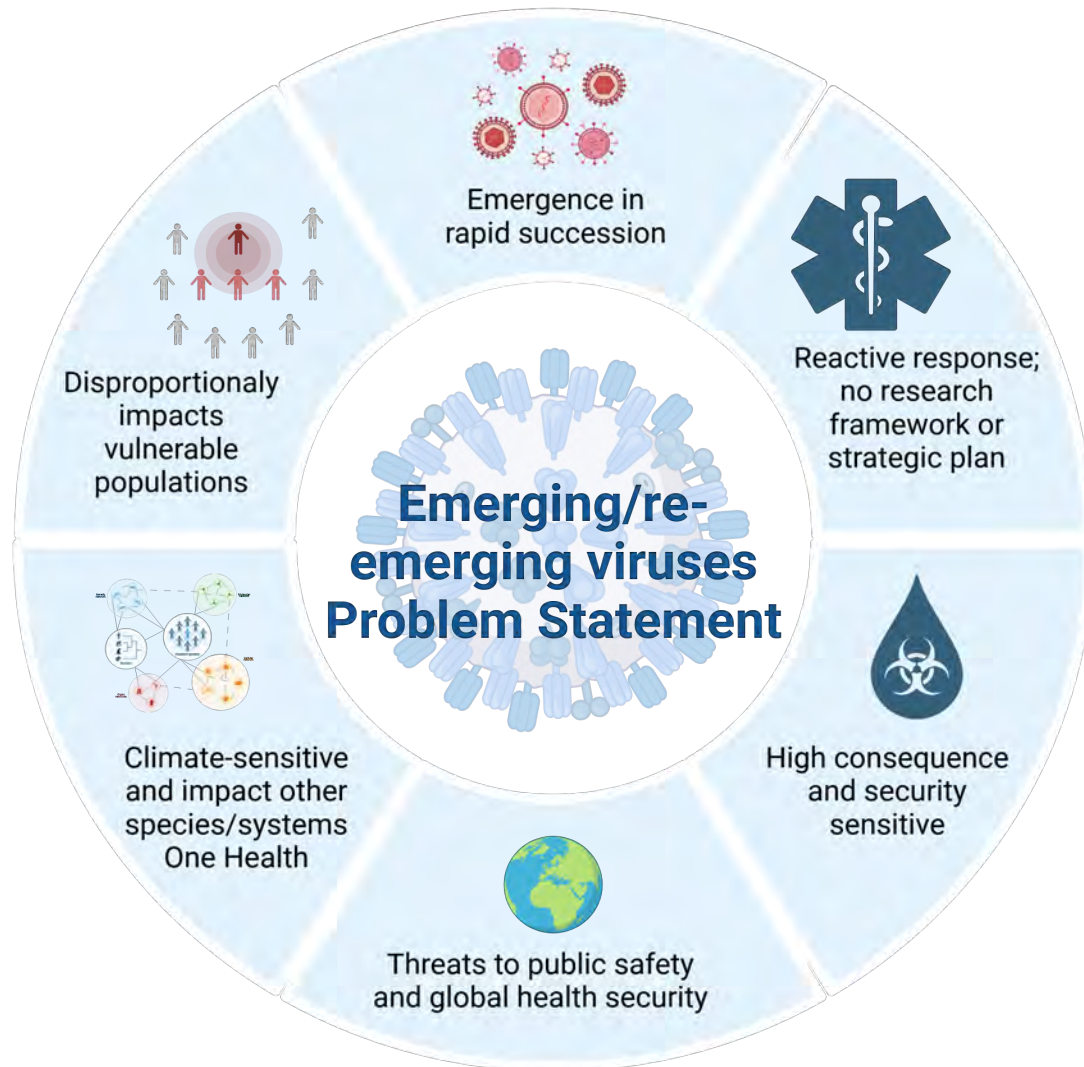
Canada



*Le message clé de ce rapport est que **le Canada doit prendre d'autres mesures maintenant s'il veut être bien préparé aux futures urgences sanitaires.** Le moment est venu de renforcer la collaboration sans précédent et les mesures prises pendant la pandémie de COVID-19 et d'agir sur les enseignements importants tirés de cette crise et des précédentes flambées de maladies infectieuses.*

***Cela nécessite de mieux surveiller et comprendre** les maladies infectieuses les plus importantes et les autres risques sanitaires auxquels le pays est confronté et de mieux **communiquer** à ce sujet.*

Pourquoi le Canada a besoin d'un plan stratégique pour les virus en émergence et en résurgence



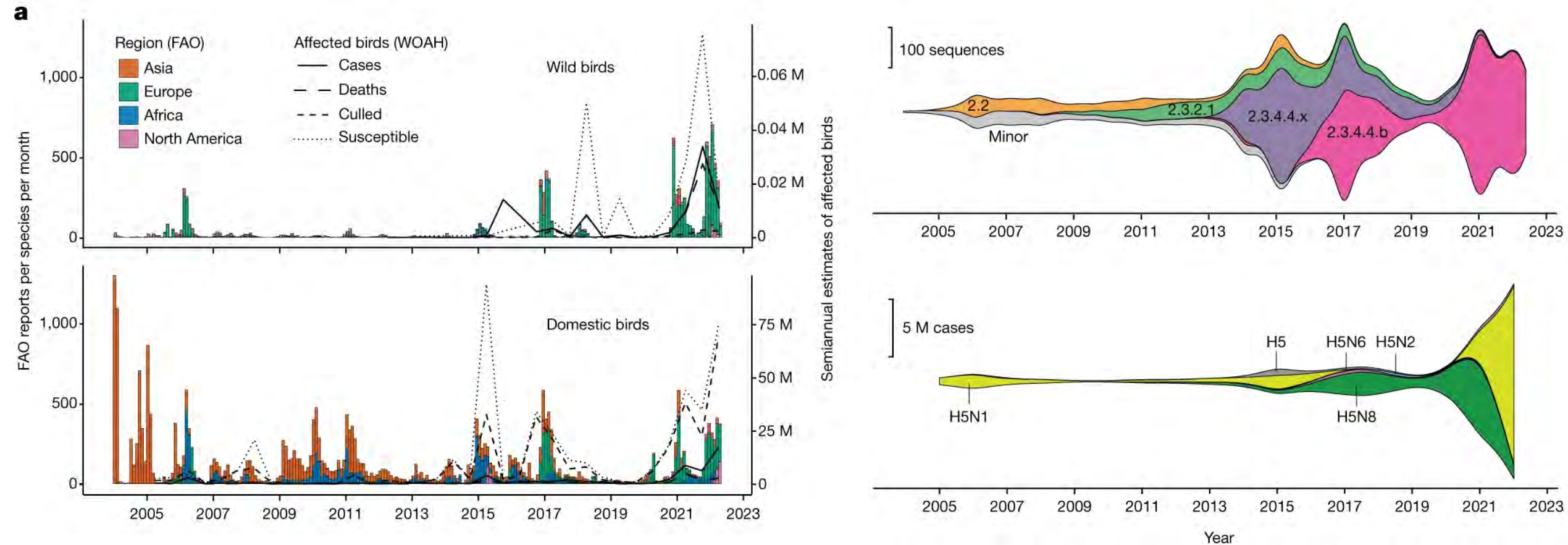
1. Préparation et réponse aux pandémies et flambées nationales et internationales
2. Enregistrement des risques
3. Infrastructures critiques
4. Réponse à des formes croisées de polycrises
5. Excellence scientifique et leadership mondial
6. Expertise en la matière, transfert et mobilisation des connaissances
7. Collaborations de recherche fructueuses et compétitives
8. Recherche participative

Pourquoi le Canada a besoin d'un plan stratégique pour les virus en émergence et en résurgence

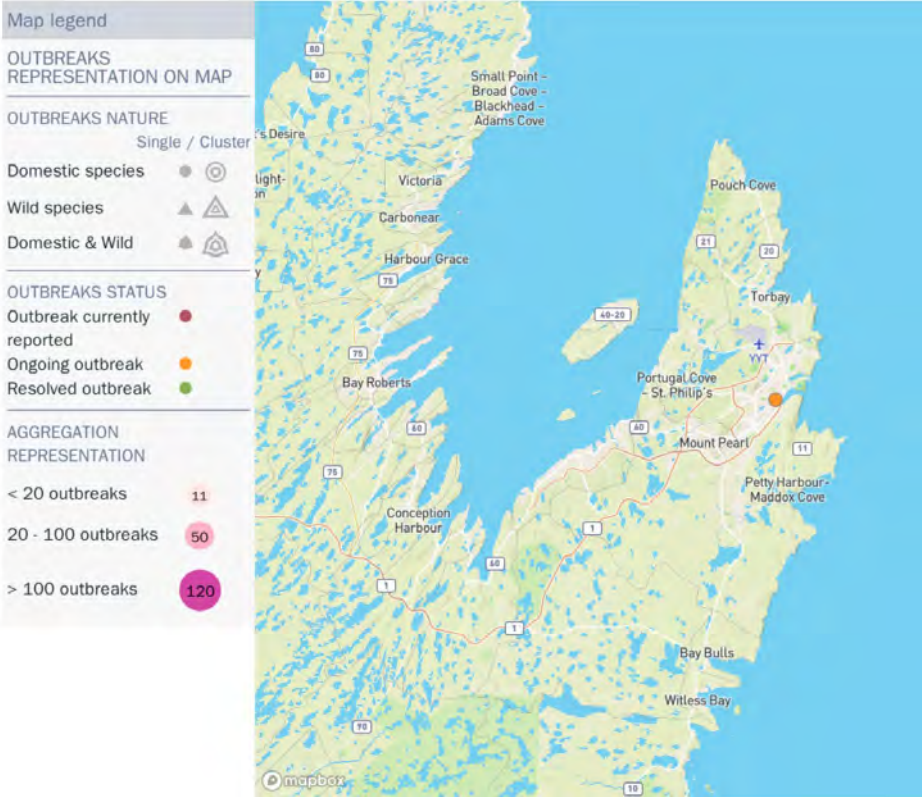


- Protection de la sécurité sanitaire et de la sécurité publique
- Collaboration scientifique, découverte et promotion de solutions innovantes
- Recrutement et maintien en poste de la main-d'œuvre
- Renforcement de la position du Canada sur la scène internationale et de sa capacité à contribuer à la réponse internationale
 - Diplomatie douce
 - Leadership international
- Mise en œuvre des recommandations formulées dans les rapports clés (Naylor, Walport)
 - Enregistrement des risques
 - Apport de conseils scientifiques
 - Promotion de la stratégie en science de l'ASPC; *Intégrer la science dans les urgences de santé publique*
- Capacité à satisfaire les attentes définies dans les outils et les instruments intergouvernementaux
 - Accord sur les pandémies
 - Plan d'action quadripartite « Une seule santé », piste d'action 2
 - PREZODE
- Mise à profit des grands investissements dans les infrastructures, notamment les installations CL3

Épidémiologie, génomique et écologie de l'IAHP



Émergence dans les Amériques



Mortalities of harbour seals in the St. Lawrence Estuary in Quebec associated with infections by a highly pathogenic H5N1 avian influenza virus

BY CAROLYN BLUSHKE · 2022-07-12

Like 28

Tweet



Over the last few weeks, the Réseau québécois d'urgence pour les mammifères marins has reported an unusually high number of dead or sick harbour seals in the St. Lawrence Estuary. In fact, the number of harbour seals found dead so far

SHARE



First case of highly pathogenic H5N1 avian influenza virus infection in a black bear

BY CAROLYN BLUSHKE · 2022-08-30

Like 790

Tweet



An adult female black bear exhibiting unusual behaviour was reported by visitors in June at Forillon National Park in the Gaspésie region, Quebec. This bear was exhibiting strange behaviour early in the day on June 14. It wandered between vehicles, went down to the

SHARE



Influenza A (H5N1) virus detected in Wild Foxes (Vulpes vulpes) in Ontario

BY CAROLYN BLUSHKE · 2022-05-04

Like 1K

Tweet



Working with our partners at the Canadian Food Inspection Agency (CFIA) and the Animal Health Laboratory, the CWHC ON/NU diagnosed influenza A (H5N1) in 2 wild fox kits in Ontario, on May 2, 2022. These cases represent the first detections of highly pathogenic

cwhc-rsf.ca



Immediate notification

22/12/2021

The event is ongoing. Weekly follow-up reports will be submitted.

Sender	Country/territory	Report ID
Delegate of Canada	Canada	IN_153046
Report reference	Event status	Self-declaration
CAN-2021-HPAI-001	On-going	No

Domestic dog tests positive for avian influenza in Canada

From: Canadian Food Inspection Agency

Statement

April 4, 2023 - Ottawa, Ontario

Today, the Canadian Food Inspection Agency and the Public Health Agency of Canada issued the following joint statement:

The Canadian Food Inspection Agency's (CFIA) National Centre for Foreign Animal Disease, confirmed on April 1, 2023, that a domestic dog in Oshawa, Ontario has tested positive for highly pathogenic avian influenza (HPAI).

pathogène

HPAI H5N1 clade 2.3.4.4b
genotype B3.9 and Minor51

Reassortment

Unknown host

HPAI H5N1 clade 2.3.4.4b
genotype B3.13

Avian species

Spread pathways

(B3.9) A/MN/TS/23-037501-001/2023
(H5N1)-like virus

NP

(Minor51) A/TN/SG/W23-940/2023
(H5N1)-like virus

HPAI H5N1 clade 2.3.4.4b
genotype B3.13

(Colorado)
26 November 2023

(Wyoming)
25 January 2024

(California)
14 February 2024

(New Mexico)
23 February 2024

Mammalian species
February–March 2024

Nature, 25 jui 2024

Figure 1 consists of four panels. Panels D and E are MRI scans of a fetus. Panel D is a sagittal view showing a large occipital mass (white arrow). Panel E is an axial view showing the mass (white arrow) and labels 'V' for ventricle and 'S' for skull. Panels G and H are clinical photographs of the newborn. Panel G is a profile view showing the large occipital mass (white arrow). Panel H is a frontal view showing the mass (white arrow).

N Engl J Med 2019;381:1444-1457
doi : 10.1056/NEJMra1808246

nytimes.com/2015/05/08/health/weeks-after-his-recovery-ebola-lurked-in-a-doctors-eye.html
N Engl J Med 2015;372:2423-2427 doi : 10.1056/NEJMoa1500306

Sujets de recherche transdisciplinaires



La préparation, la prévention et la réponse face aux pandémies nécessitent des approches en matière de recherche qui intègrent toutes les échelles de travail, des écosystèmes et de la société aux cellules et aux molécules



Merci beaucoup



Wild EPI

A. Banerjee (VIDO-InterVac)

F. Maguire (Université Dalhousie)

C. Jardine (Université de Guelph)

J. Bowman (Université Trent, MRN)

B. Pickering (Université de Guelph)

A. Doxey (UW)

Sunnybrook Research Institute

L. Yip

W. Yim

E. Chien

A. Hou

J. Blais-Savoie

L. Klassen

Université Carleton

C. Davy

Université de la Saskatchewan

V. Misra (la virologue canadienne pionnière spécialisée dans les virus de chauves-souris)

Pirbright

G. Gallo

D. Bailey

Province de l'Ontario

L. Crawshaw et équipes (MRN)

H. McClinchey (Bureau du MHC)

J. Guthrie (LSPO; ouest)

Gouvernement du Canada

O. Lung (ANAC)

Algonquin Wildlife Research Station

D. Evans

Harkness Laboratory of Fisheries Research

M. Ridgway

Hobbitstee

C. Theijin

Parc provincial Pinery

A. MacKenzie



A misty, blue-toned landscape. On the left, a dark silhouette of a forest, including a prominent evergreen, sits on a hillside. The foreground is a calm body of water reflecting the sky and the distant forest. The sky is a pale, hazy blue, and the overall atmosphere is serene and quiet.

MERCI!

DES QUESTIONS?

DES QUESTIONS?

MERCI!