



PROGRAMME
DE RECHERCHE
ÉLEVAGES
DURABLES

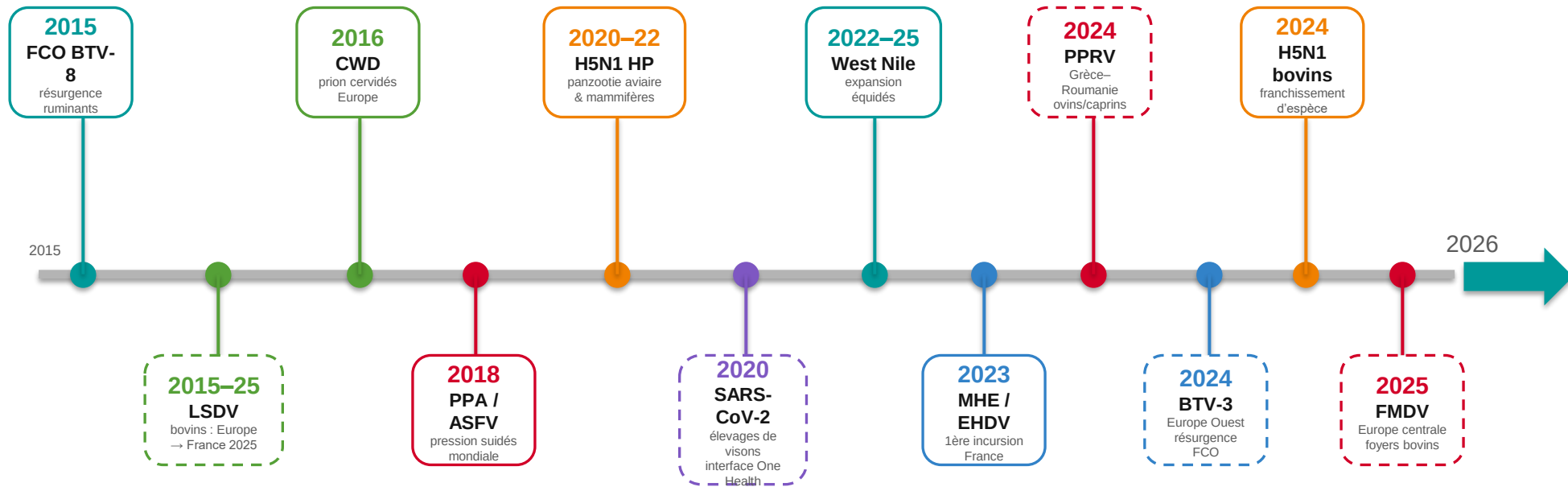
Comprendre l'adaptation des agents pathogènes et des vecteurs associés dans un contexte de changements globaux

Projet *AVEEC* (PC3):

Nathalie Charbonnel, Gaëlle Gonzalez,
Human Rezaei

Pourquoi le projet AVEEC ?

10 ans d'émergences/résurgences à fort impact sur les élevages



Sources : WOA/WAHIS ; FAO ; OECD ; EFSA/ECDC ; USDA/CDC ; Commission européenne (2015–2026).

Retombées directes pour les filières



Pertes animales & baisse de production



Restrictions de mouvements / export



Coûts de surveillance, biosécurité, vaccination



Tensions territoriales & acceptabilité

Les objectifs du projet AVEEC

- Quels sont les **mécanismes fondamentaux** d'adaptation et de coévolution dans les pathosystèmes
- Comprendre **les réseaux et dynamiques d'interaction** entre hôtes, agents pathogènes, vecteurs et microbiotes
- Analyser l'impact des **réponses des hôtes induites par des changements globaux** sur la dynamique évolutive et épidémiologique des agents pathogènes
- Apporter des connaissances qui contribueront à la mise en place de **stratégies de gestion durable**, adaptées aux spécificités écologiques et territoriales

PC3 / AVEEC

Adaptation

Quels mécanismes moléculaires et évolutifs ?

Franchissement

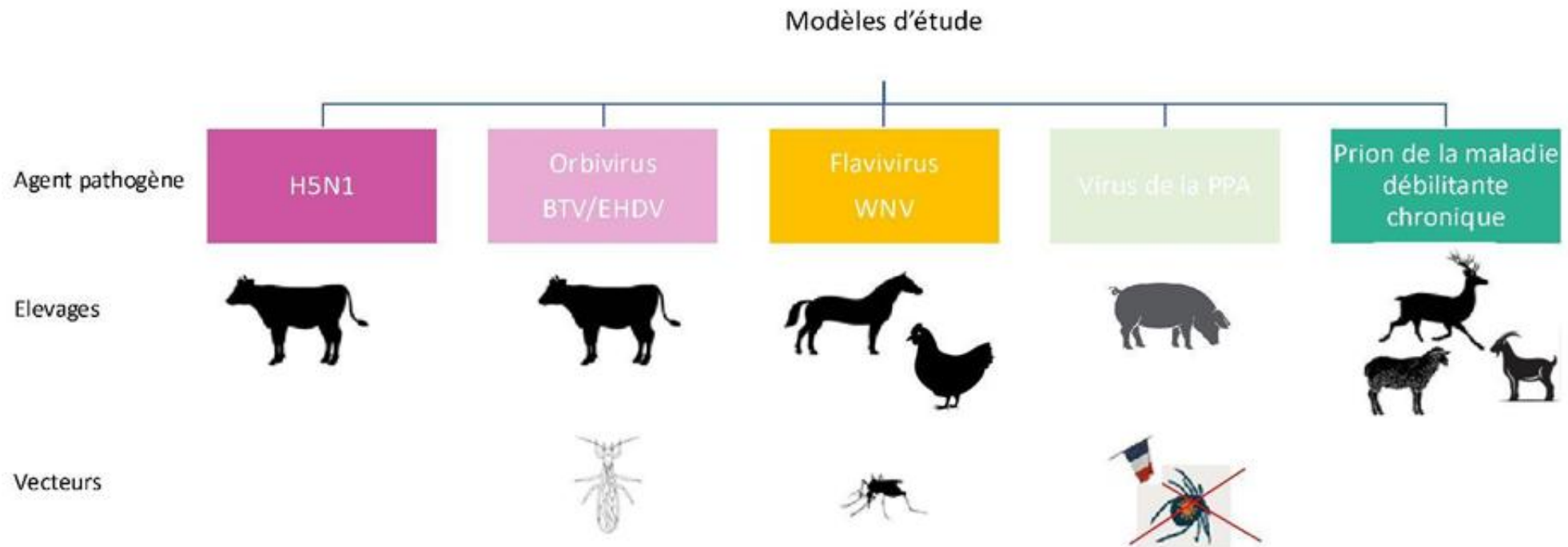
Quand les barrières d'espèces cèdent-elles ?

Coévolution

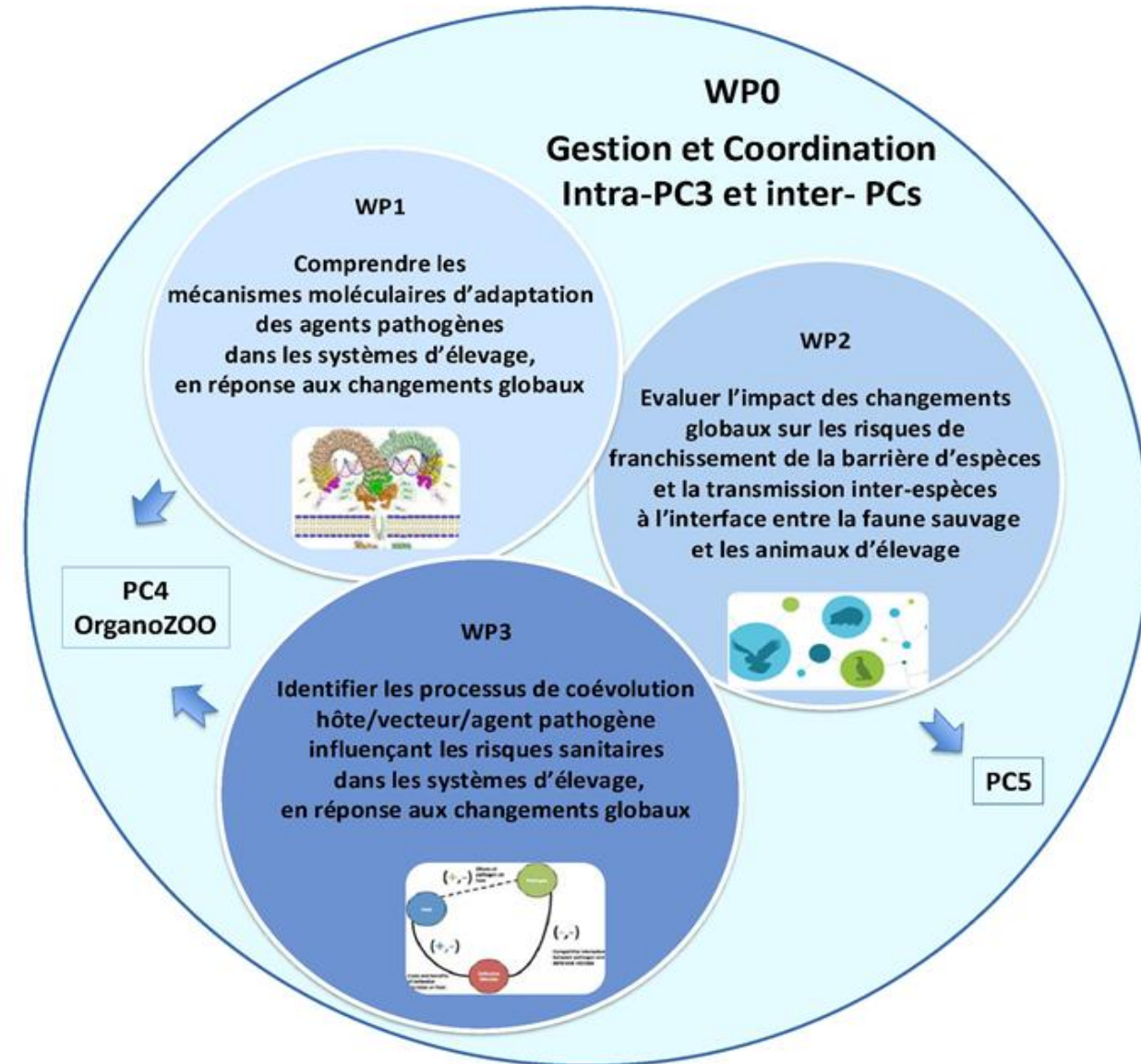
Comment hôtes, vecteurs et pathogènes se répondent ?

Agents pathogènes et leurs caractéristiques

- Menaces actuelles et émergentes, sur le territoire ou dans des pays proches
- Diversité biologique et complémentarité de leur cycle de vie
- Modèles contrastés pour étudier l'évolution et la diffusion des pathogènes.
- Large gamme de risques sanitaires (barrière d'espèce, risque d'introduction, de propagation...)
- Loi de Santé Animale

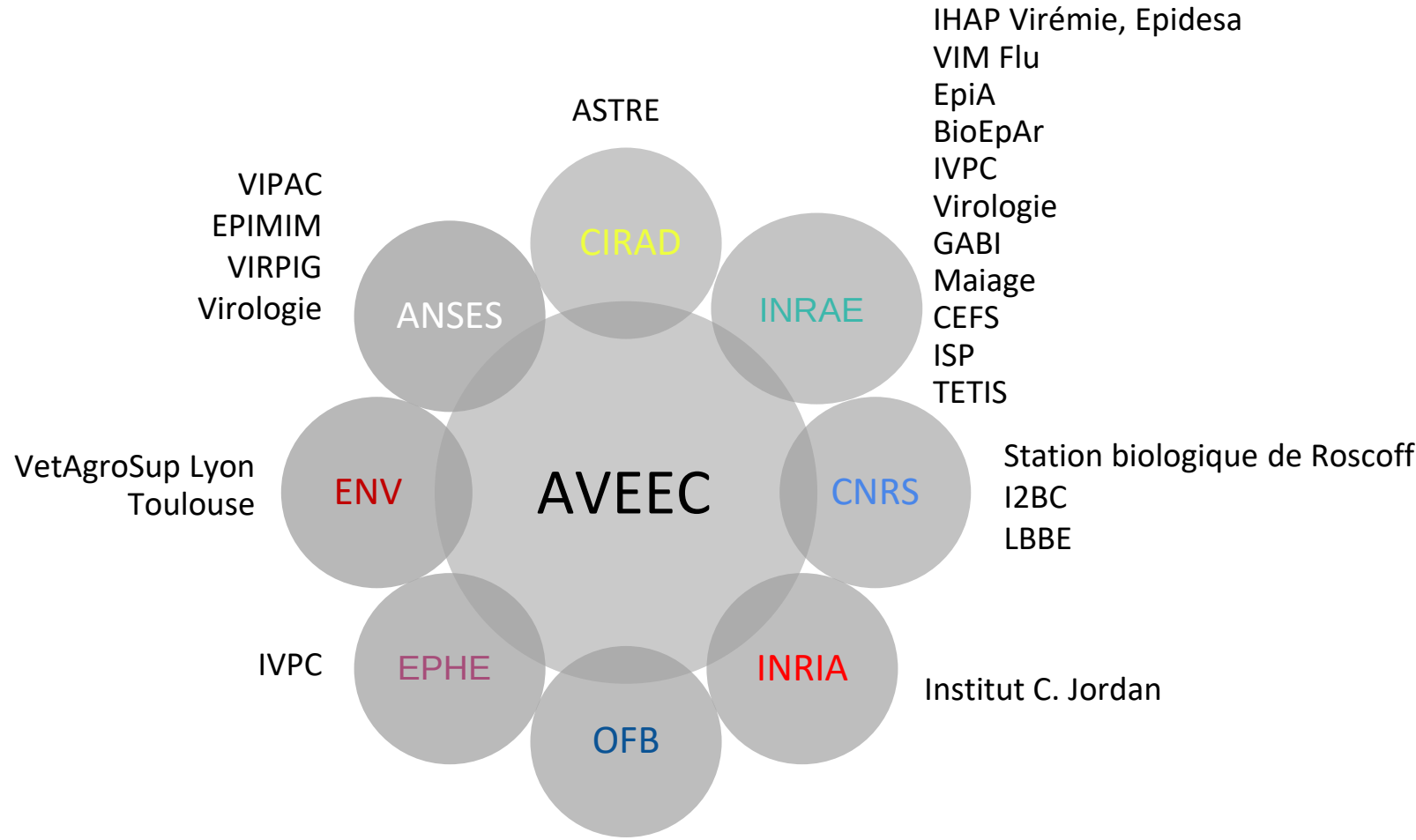


Stratégie scientifique globale : une approche multi-échelle



Objectif : comprendre comment les pathogènes s'adaptent, franchissent les barrières d'espèces et se diffusent.

Des expertises complémentaires mobilisées autour des pathosystèmes



25 équipes de recherche Expertise scientifique forte, reconnue et complémentaire sur ces agents pathogènes (INRAE, ENVT, ANSES, CIRAD, LBBE-VetagroSup, INRIA, etc)

Task force nationale, inter-unité, opérationnelle et réactive, capable d'être mobilisée rapidement en cas de risque sanitaire émergent

Articulation entre projet AVEEC et VACCINS

AVEEC : Comprendre l'évolution des pathosystèmes sous changements globaux

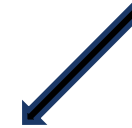
- Analyse mécanismes moléculaires et évolutifs des agents pathogènes.
- Caractérisation des trajectoires de transmission, de la coévolution hôte–vecteur–pathogène.

→ **Produit données, modèles et connaissances indispensables à la prévention.**

VACCINS : Conception et mutualisation de plateformes vaccinales et d'outils d'immunologie.

- Développement de stratégies de vaccination, de biosécurité et de gestion adaptées aux filières.
- Intégration des contraintes socio-économiques, de l'acceptabilité et des usages terrain.

→ **Transforme les connaissances en solutions applicables dans les élevages.**



- Cibler les antigènes pertinents et prioriser les vaccins à développer **sur la base des analyses moléculaires**
- Dimensionner les **stratégies de surveillance et de prévention**,
- proposer des **mesures de gestion** adaptées aux scénarios issus du PC3.

Articulation entre AVEEC et PRISM-E2

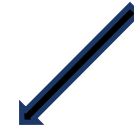
AVEEC: Comprendre l'évolution des pathosystèmes sous changements globaux

- Production de données biologiques, écologiques et épidémiologiques modèles multi-échelles.
- Exploration des scénarios d'émergence et de diffusion liés aux changements globaux.

→ **Produit données et modèles**

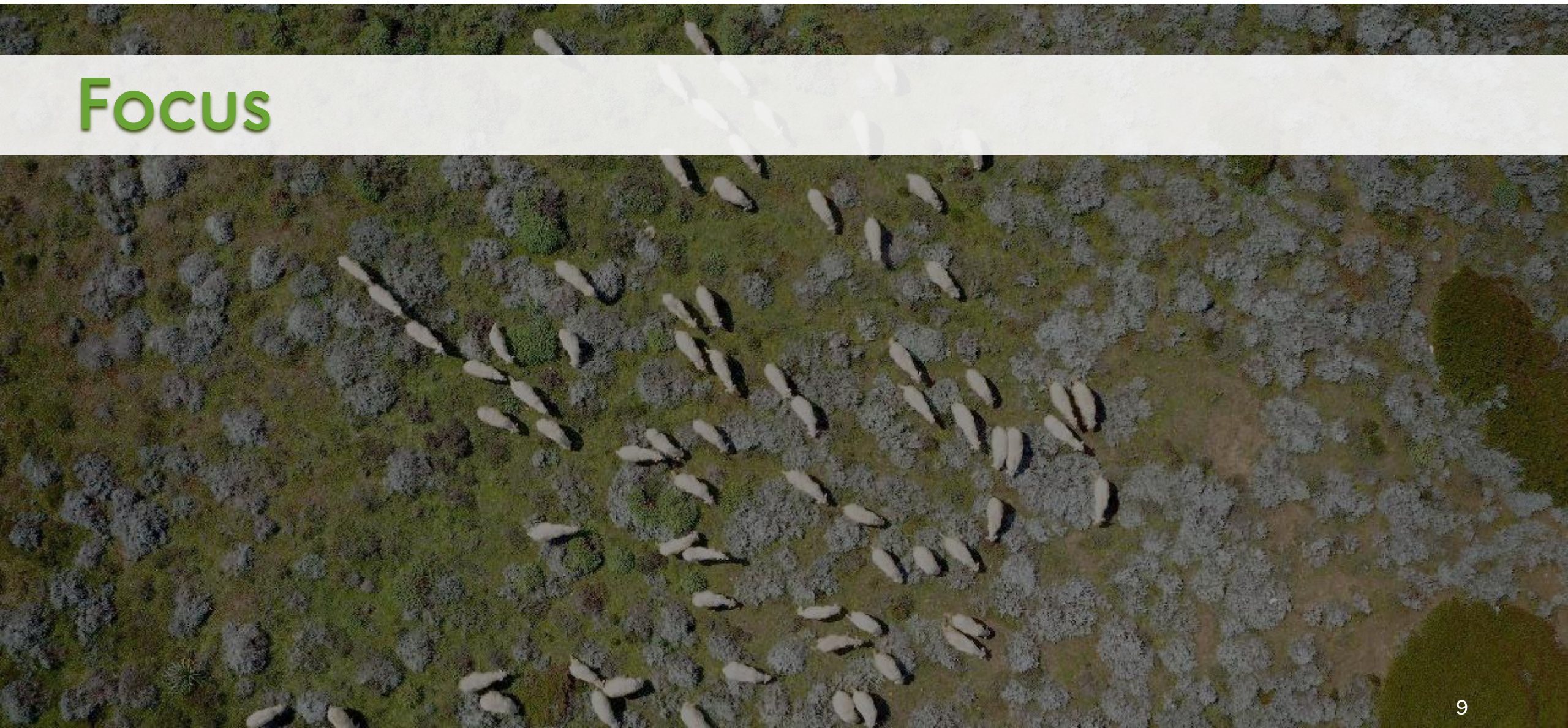
PRISM-E2 : Anticiper, surveiller et gérer les risques sanitaires

- Développement d'outils de surveillance, de détection précoce et d'aide à la décision.
- Intégration des données et modèles issus du projet AVEEC dans des systèmes prédictifs opérationnels.
- Élaboration de stratégies de prévention et de gestion adaptées aux filières et territoires.



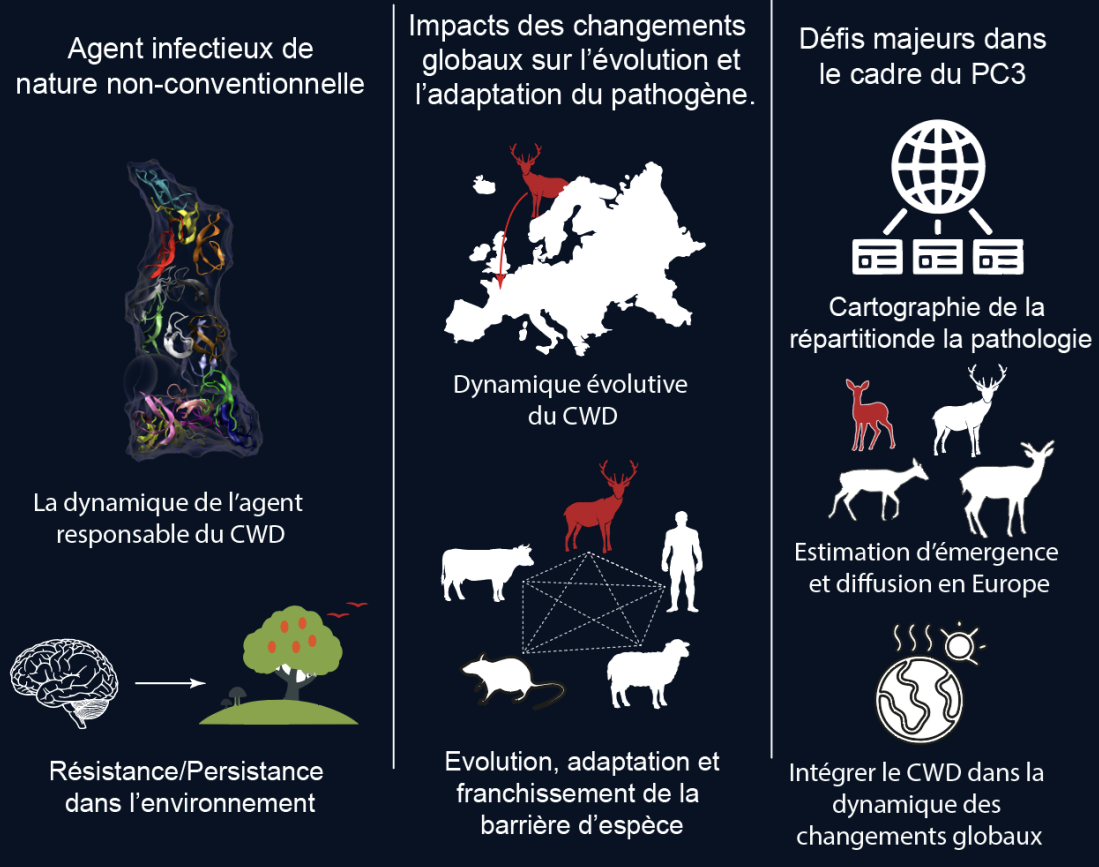
➤ **PC3 fournit** les connaissances, données et modèles
→ **Projet PRISM-E2 les transforme** en outils opérationnels de surveillance, prédiction et gestion.

Focus



La Maladie Débilitante Chronique du Cervidé (CWD)

La maladie débilitante chronique des cervidés dans le contexte du PC3



- **Maladie à prion** affectant les **cervidés sauvages et captifs** (infection lente, fatale, hautement contagieuse, persistant dans l'environnement).
- **Expansion** : Amérique du Nord (>80% de contamination) / **émergence en Europe** (Scandinavie depuis 2016).
- **Diversité de souches** (neurotrope ± lymphotrope) et **contagiosité variable** ; des souches européennes semblent différer de celles d'Amérique du Nord.
- **Transmission directe + indirecte** : excrétion (salive/urine/fèces) et **réservoir environnemental** (sols/pâtures) contribuant à la circulation.
- **Risque en France** : chevreuil très abondant, PRNP monomorphe décrit comme hautement susceptible ; diversité partielle chez cerf élaphe → enjeu d'anticipation.

CWD : changements globaux, interfaces faunes sauvage/élevage et approche intégrée



Chevreuil, alias : **Bambi**



Cerf élaphe

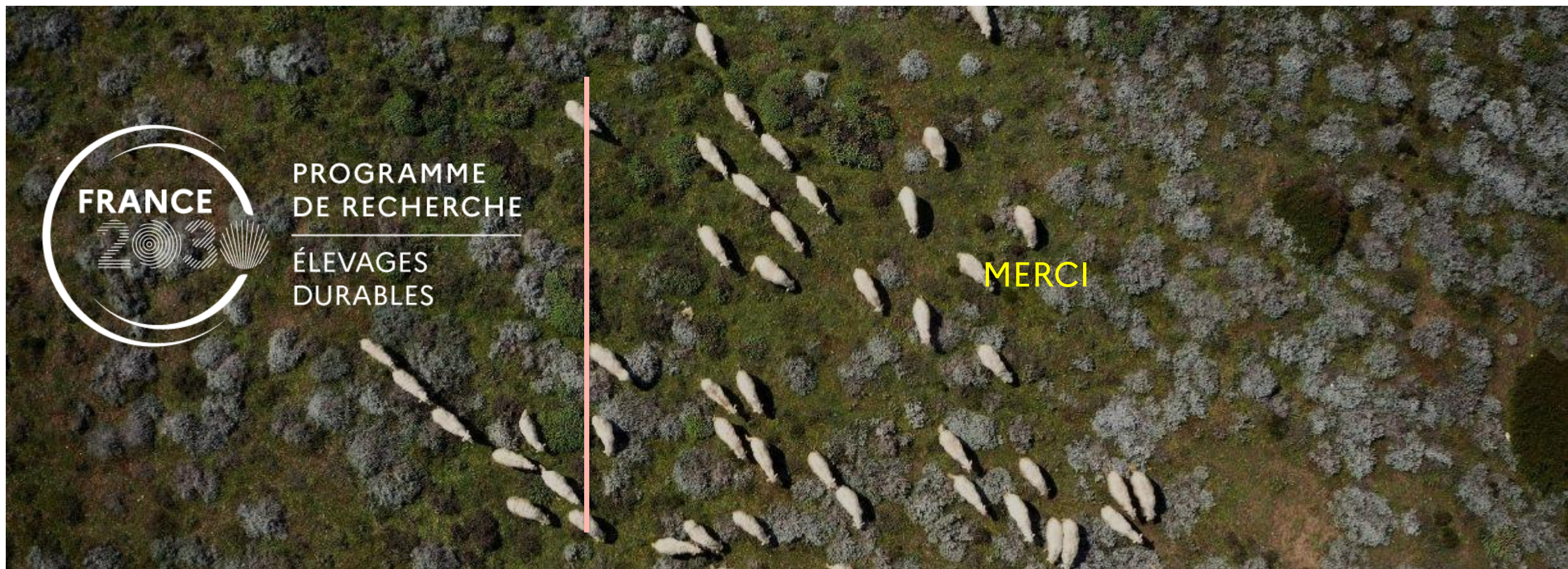


Daim européen

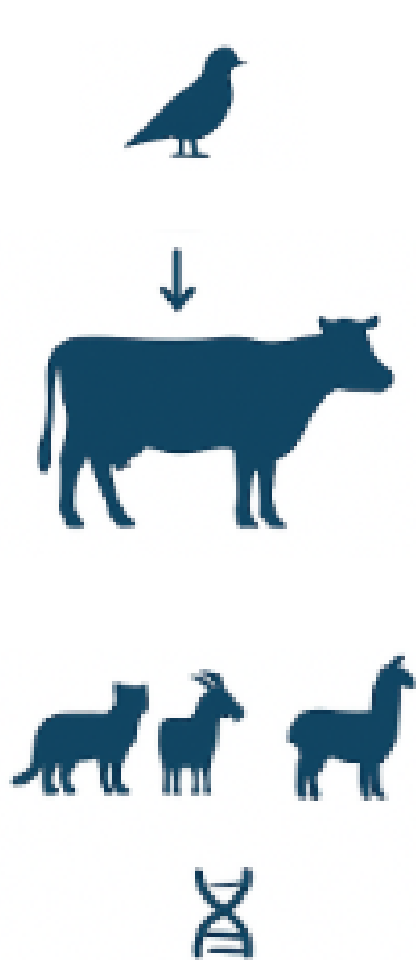


Renne / Caribou

- **Changements globaux & transition agroécologique** : modification des densités, des mouvements et des interfaces faune/élevage/environnement, avec un rôle clé des contaminations environnementales durables.
- **Surveillance ciblée en Europe** : existence probable de formes dites “sporadiques” → intérêt d’un ciblage “âgés/atypiques”.
- **Facteurs de sensibilité** : polymorphismes *PRNP* / facteurs non-*PRNP*.
- **Lever les verrous mécanistiques (PC3)** : réponse de l’hôte, utilisation de modèles organoïdes/organotypiques, et étude de la dissémination.
- **Franchissement inter-espèces / One Health** : risque humain non documenté + exploration via modèles (incluant scénarios “espèce relais” type ruminant domestique).



H5N1 hautement pathogène (HP) : une nouvelle étape chez les mammifères



Printemps 2024 : premiers cas chez les vaches laitières US



Extension d'un virus auparavant limité à l'avifaune



Quelques infections chez d'autres mammifères de ferme (chèvres, chats, etc)



Adaptation convergente chez bovins, visons, lion de mer, etc

PB2 : E627K, D701N, M631L

Remise en question du rôle traditionnel du porc comme hôte intermédiaire



Contexte aggravant : changement climatique reconfiguration des interfaces inter-espèces



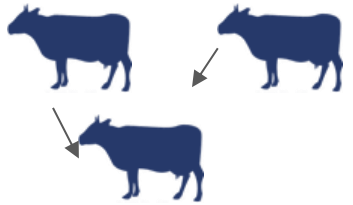
Signal d'alerte: franchissement de barrières d'espèces aux implications vétérinaires

H5N1 HP: Comprendre l'adaptation, la transmission et les risques émergents



Mécanismes cellulaires

Entrée et réplication du H5N1 dans cellules bovines



Transmission et environnement

Réseaux de transmission
Impact du **changement climatique** sur répartition des hôtes



Co-évolution et risques

Déterminants viraux impliqués dans sauts de barrière d'espèce
Co-évolution H5N1 - Nouveaux hôtes

➔ Identifier les **conditions** favorisant l'émergence d'un **variant** menaçant l'élevage et la santé humaine 15

La peste porcine africaine (PPA) : une menace pour les suidés



Maladie animale **hautement pathogène** causée par le virus de la PPA, famille *Asfarviridae*



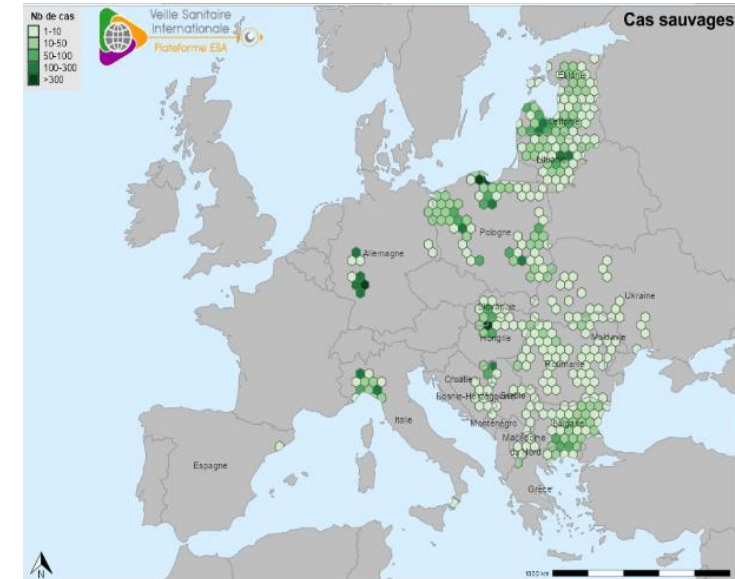
Affecte les **suidés domestiques et sauvages**



Transmission directe ou via **tiques** molles du genre *Ornithodoros*



Forte mortalité, fièvre hémorragique, absence de traitement et de vaccin efficace



Menace mondiale: forte virulence et forte capacité de dispersion dans des contextes écologiques et socio-économiques variés

Situation en France: indemne mais menace réelle via sangliers infectés (Espagne - décembre 2025) et transport de produits porcins à proximité de foyers

PPA: Facteurs de propagation et enjeux scientifiques

Facteurs **écologiques** et **humains**



Déplacements de sangliers modifiés par changements climatiques et fragmentation des habitats



Interface faune sauvage / faune domestique accrue



Intensification des échanges commerciaux, urbanisation, changement climatique

Risques évolutifs



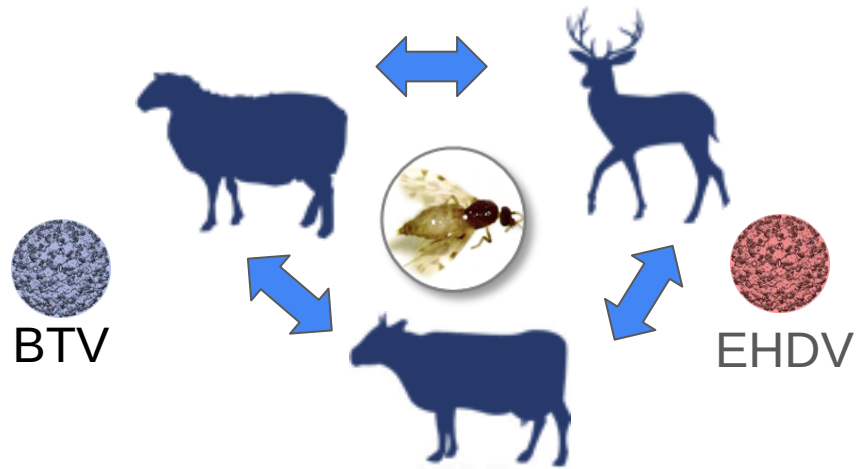
Transmission augmentée
-> adaptation à de nouveaux hôtes / environnement

Besoins scientifiques

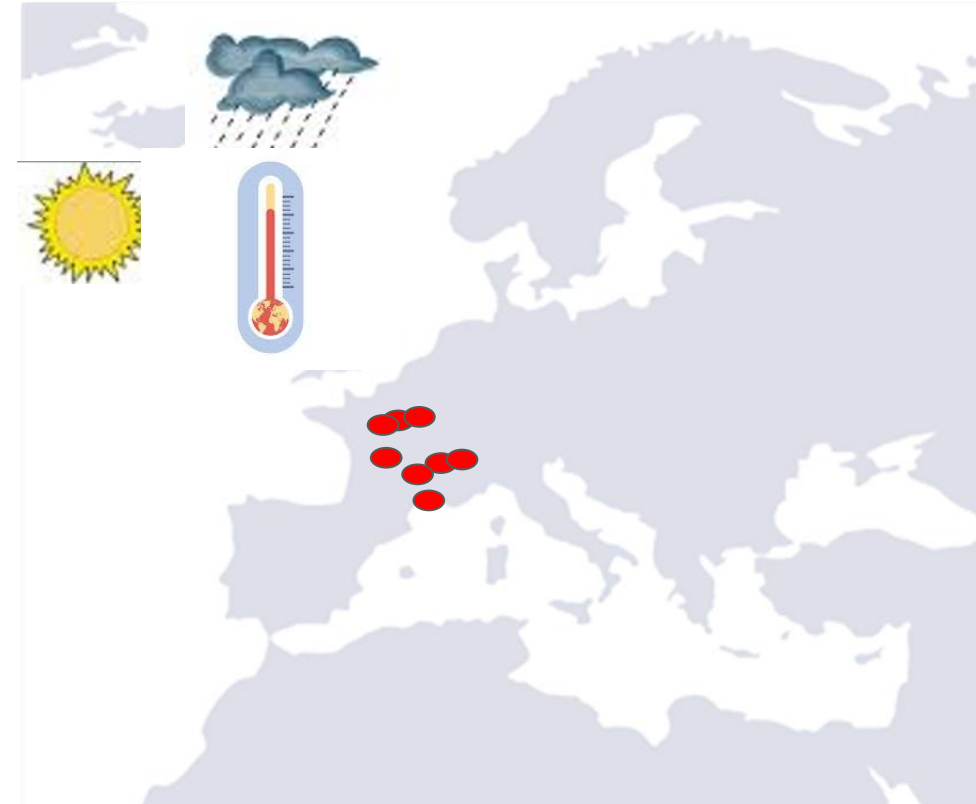


Compréhension des interactions virus-hôtes
Etudes des réseaux écologiques et dynamiques écologiques

Les orbivirus (BTV et EHDV): impact et transmission



➡ **Impact économique et sanitaire** sur les élevages et ruminants sauvages



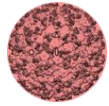
➡ **Facteurs favorisant l'émergence** (changement climatique, précipitations, etc)

Les orbivirus (BTV et EHDV): Évolution virale et défis pour la santé animale



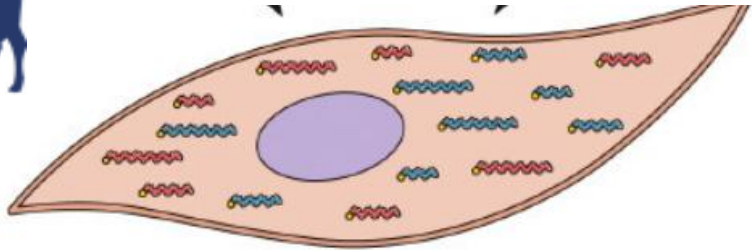
BTV

36 sérotypes

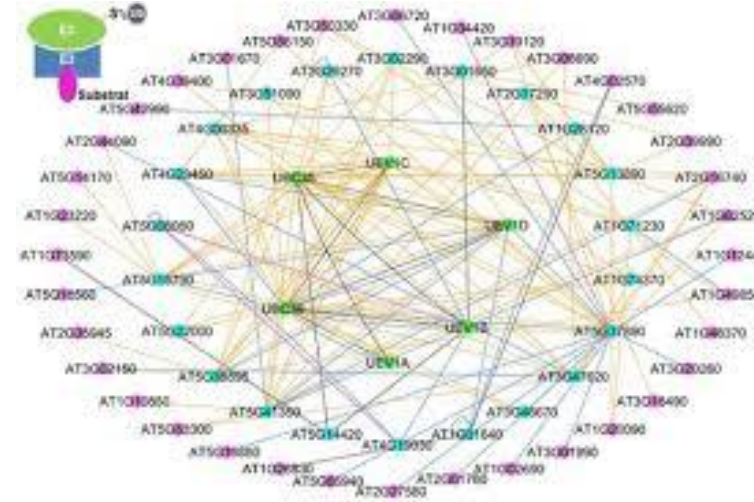


EHDV

7 sérotypes



- Réassortiments possibles:
Caractériser la diversité virale,
phylogénétique des souches



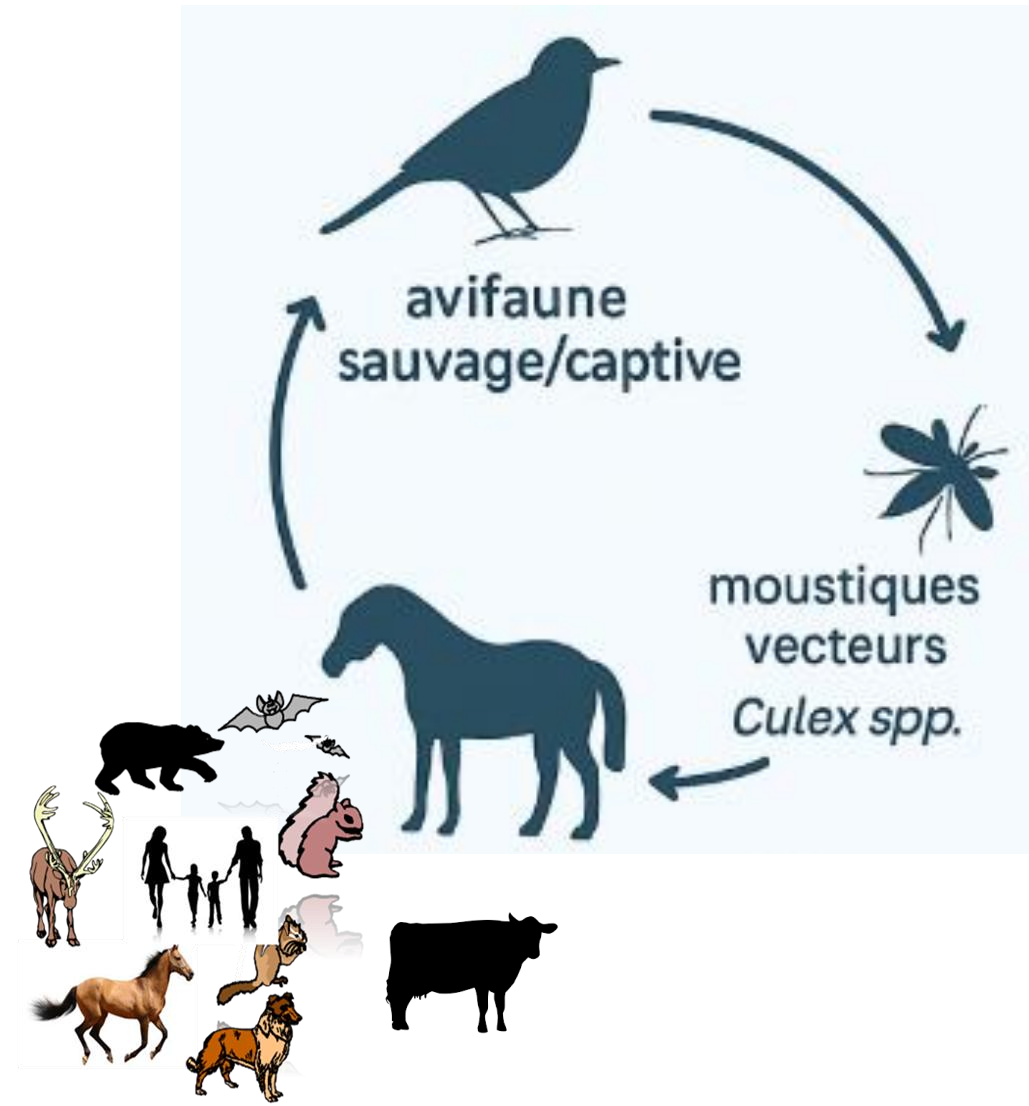
surveillance



- Interactions hôtes - pathogènes
- Déterminants viraux / sauts de barrières
d'espèce / tropisme
- Sensibilité des ruminants domestiques

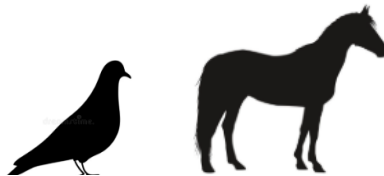
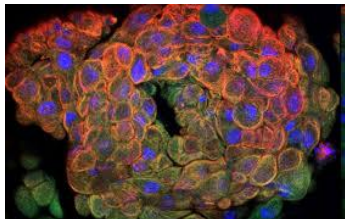
Le virus West Nile: cycle, expansion et risque sanitaire

- Expansion en France et en Europe
 - Extension géographique et intensification de la circulation
 - Changement climatique, interactions faune sauvage - domestique, mondialisation, etc
 - Equidés: formes neurologiques 1 à 10% des cas - formes symptomatiques augmentées



Le virus West Nile: adaptation et transmission dans le contexte des changements globaux

- Mécanismes moléculaires d'adaptation
 - Evolution virale et phylodynamie
 - Déterminants viraux de **virulence** et du **franchissement de barrière d'espèces**
 - Développement de **modèles cellulaires 2D/3D innovants (OrganoZoo)**
- Transmission inter-espèces et coévolution
 - Biodiversité et dynamique des vecteurs sous influence climat
 - modélisation spatio-temporelle (vecteur - avifaune)
 - Evolution du risque vectoriel: lien entre la physiologie du moustique, le climat et génétique virale



Prédire **spillover avifaune-moustique - cheval** et risques émergents