

Le concept de « jumeau numérique » au service d'élevages durables

Où en est-on à INRAE et pour quels objectifs pour l'animal et les systèmes d'élevage ?

Florence Gondret

Directrice de Recherches

Cheffe de Département Adjoint Physiologie Animale et Systèmes d'Élevage (PHASE)

Florence.gondret@inrae.fr

Le jumeau numérique au service d'une agriculture durable

Conférence Bretagne Développement Innovation / AGRETIC au SPACE/13 septembre 2023

➤ INRAE: institut national de recherche


**MINISTÈRE
DE L'ENSEIGNEMENT
SUPÉRIEUR,
DE LA RECHERCHE
ET DE L'INNOVATION**
*Liberté
Égalité
Fraternité*


**MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
ET DE L'ALIMENTATION**
*Liberté
Égalité
Fraternité*

Notre vocation est de

- Produire et diffuser des connaissances scientifiques.
- Mobiliser ces connaissances au service de l'innovation, de l'expertise et de l'appui aux politiques publiques.

Effectif

8 229
agents titulaires

2 798
contractuels

Départements d'Outre-mer
Antilles-Guyane
Antilles
Guyane



➤ 18 centres
de recherche

... pour relever les défis de l'agriculture, l'alimentation et l'environnement

➤ Le numérique au sein des priorités stratégiques d'INRAE (feuille de route 2020-2030)

OS1 - Répondre aux **enjeux environnementaux** et gérer les **risques associés**

OS2 - Accélérer les **transitions agroécologiques** et **alimentaires**, en tenant compte des enjeux économiques et sociaux

OS3 - Développer une bioéconomie sur une **utilisation sobre et circulaire des ressources**

OS4 - Favoriser une **approche globale de la santé**

OS5 - Mobiliser la science des données et les technologies du numérique au service des transitions



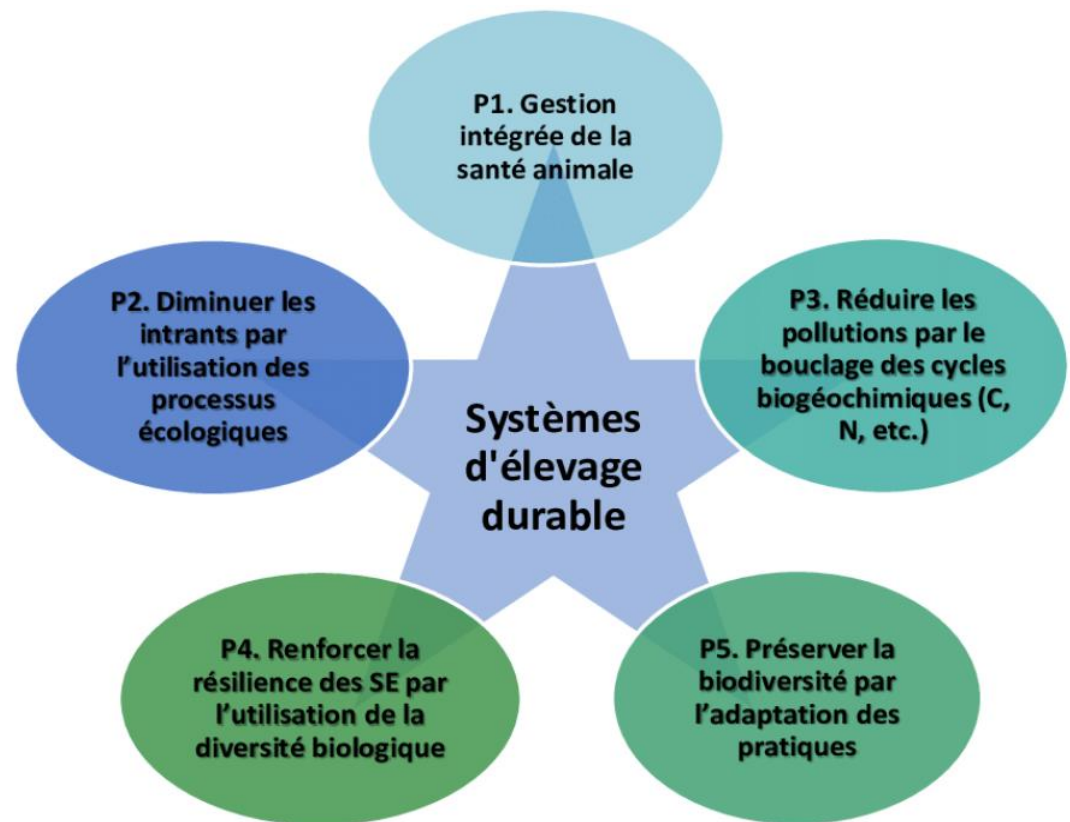
➤ OS2: Contribuer à des élevages durables

- Répondre à la demande sociétale en matière de **produits animaux** (qualités et façons de produire), de respect du **bien-être des animaux** et assurant le **revenu des éleveurs** et **leurs conditions de vie**

Développer les pratiques agroécologiques en élevages

en mobilisant notamment le **numérique** pour:
#évaluer
#comprendre
#prédire

=> Avec des jumeaux numériques ?



➤ De nombreux modèles existent déjà, à des fins de connaissances ou de recommandations

Etc...

∨ L'organe

Troubles de santé (mammites) par l'analyse du lait

∨ L'animal

Détection du statut reproductif (capteurs et indicateurs du lait)

∨ La conduite

Application web pour le calcul de l'autonomie alimentaire et de l'excrétion d'azote d'un troupeau de vaches laitières

∨ Le système d'élevage

Performances économiques et environnementales d'un atelier d'engraissement porcin selon les pratiques des éleveurs

∨ Les flux au sein de territoires

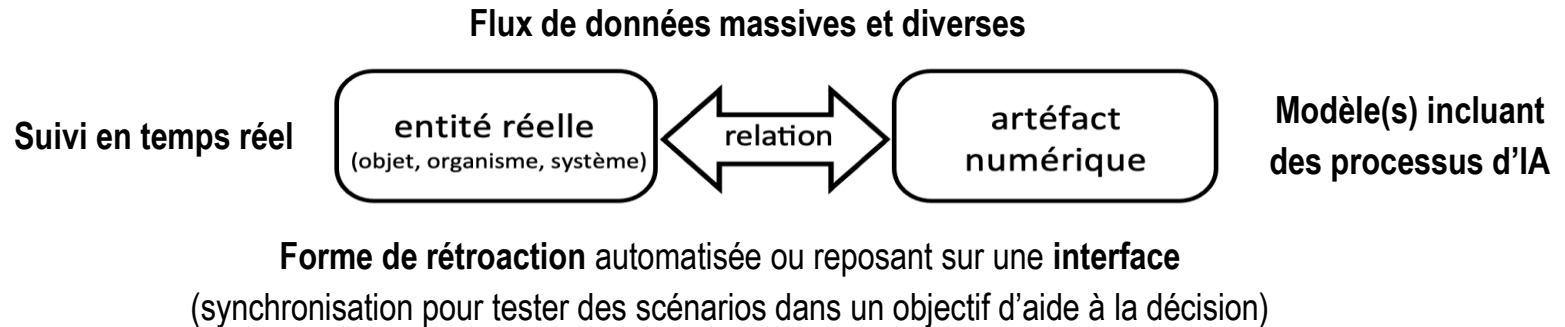
Gestion collective des effluents sur un territoire d'élevage

Etc...

Représentations n'impliquant **pas d'échange** de données entre l'objet physique et l'objet numérique, à des **visées de connaissances**

Simulateurs numériques avec un **flux de données** entre l'objet physique et l'objet numérique, mais sans rétroaction, à **des visées d'OAD**

➤ Qu'apporte le jumeau numérique ?



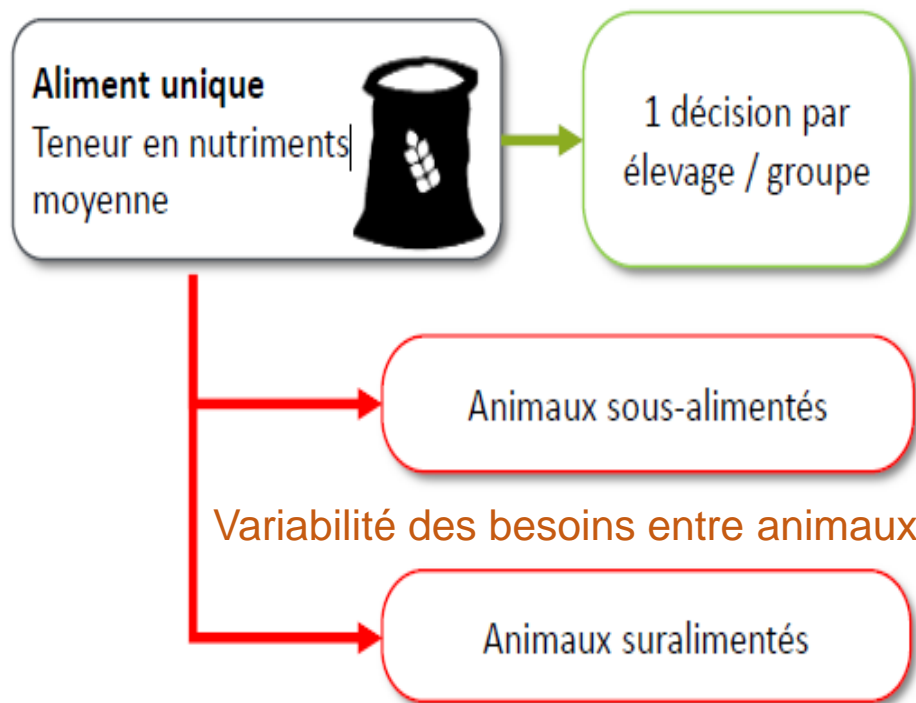
Permettre le changement d'échelle (saut technologique) pour appréhender la complexité du vivant (animal)

Avoir des finalités d'actions sur le système réel

- **Anticiper** les effets de **pratiques** mais aussi d'**aléas** - climatiques, sanitaires, économiques, etc... ==> **gérer les risques** dans des contextes incertains, être dans le **prédictif** plutôt que dans le correctif
- **Piloter** avec précision ==> **produire mieux en étant plus précis**, diminuer les intrants (alimentaires), adapter les traitements (vétérinaires)
- **Accéder** à des phénotypes/réponses **difficiles à mesurer** pour **hiérarchiser** ceux/celles dans lesquels investir sur le terrain (numériquement ou non)
==> **conseiller en élevage**

➤ Est-ce déjà possible et utile ?

L'exemple de l'alimentation sur mesure



De nouvelles technologies disponibles:

- Alimentateurs automatiques
- Des mélanges d'aliments
- Etc...

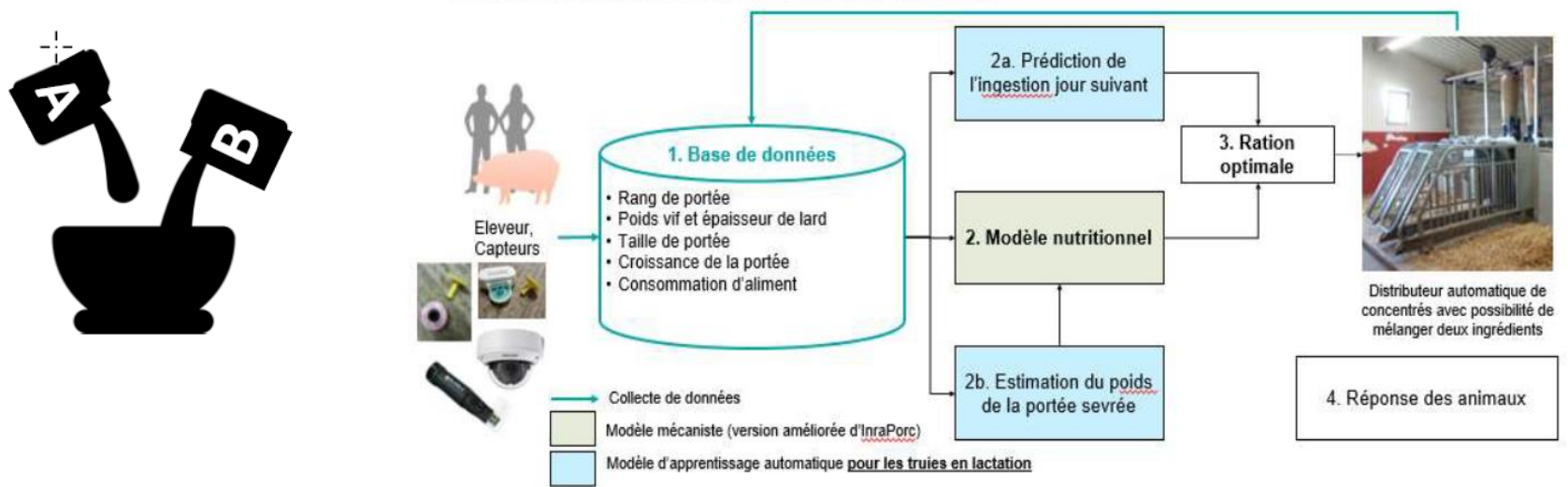
Des données collectées en temps réel et pour chaque animal:

- Consommation alimentaire
- Comportement alimentaire
- Poids
- Température d'élevage
- Etc...

L'objectif de l'alimentation sur mesure (de précision) est de développer des systèmes qui **estiment et délivrent**, au **bon moment**, une ration avec une quantité et une composition adaptée aux besoins de production de **chaque animal**

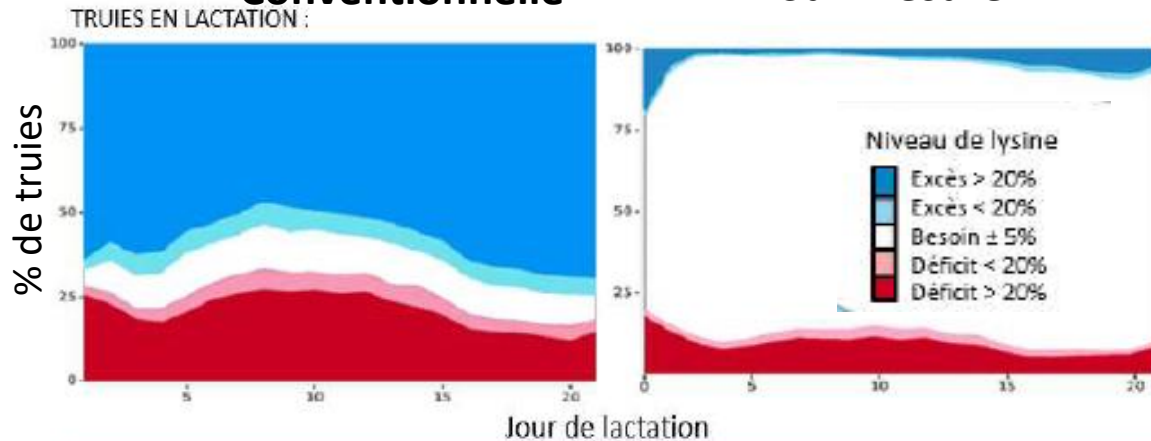
L'exemple de l'alimentation sur mesure en truies (exemple de la lactation)

Fonctionnement de l'outil d'aide à la décision:



Conventionnelle

Sur mesure



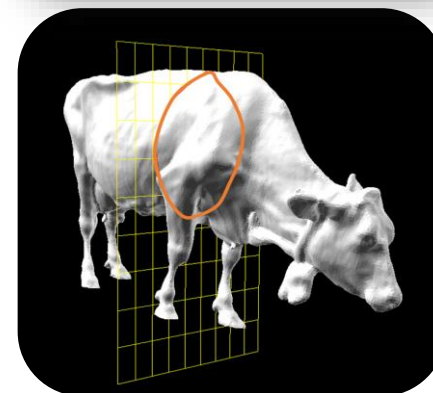
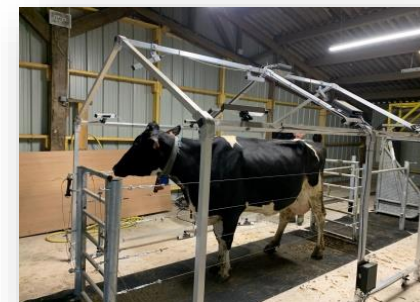
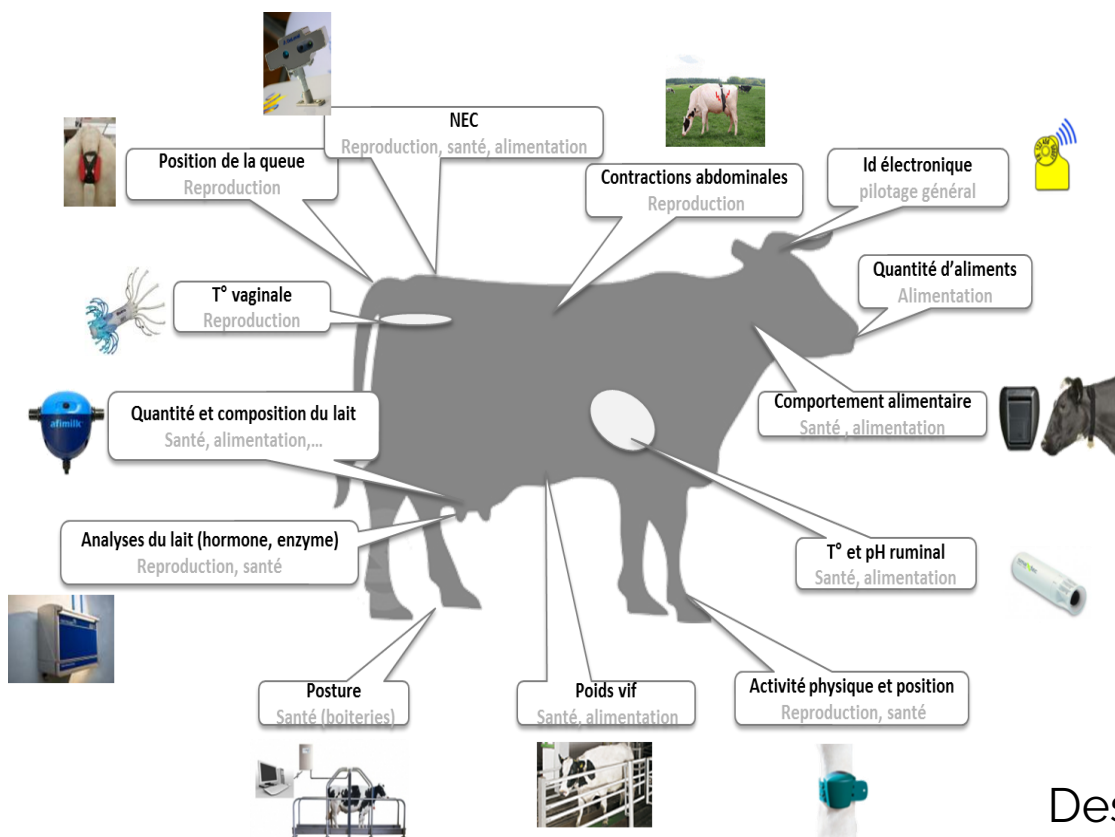
D'après R Gauthier, C. Gaillard et coll. (2019; 2022)

Conséquences en station d'élevage expérimentale

| | |
|---------------------|-----------|
| Apport protéique | ↘ 14-23% |
| Excrétion azote | ↘ 19-28% |
| Excrétion phosphore | ↘ 13-42% |
| Coût alimentaire | ↘ 2.5-10% |

Pour d'autres réponses animales et d'autres objectifs ?

Des capacités de collecte de données qui se développent...



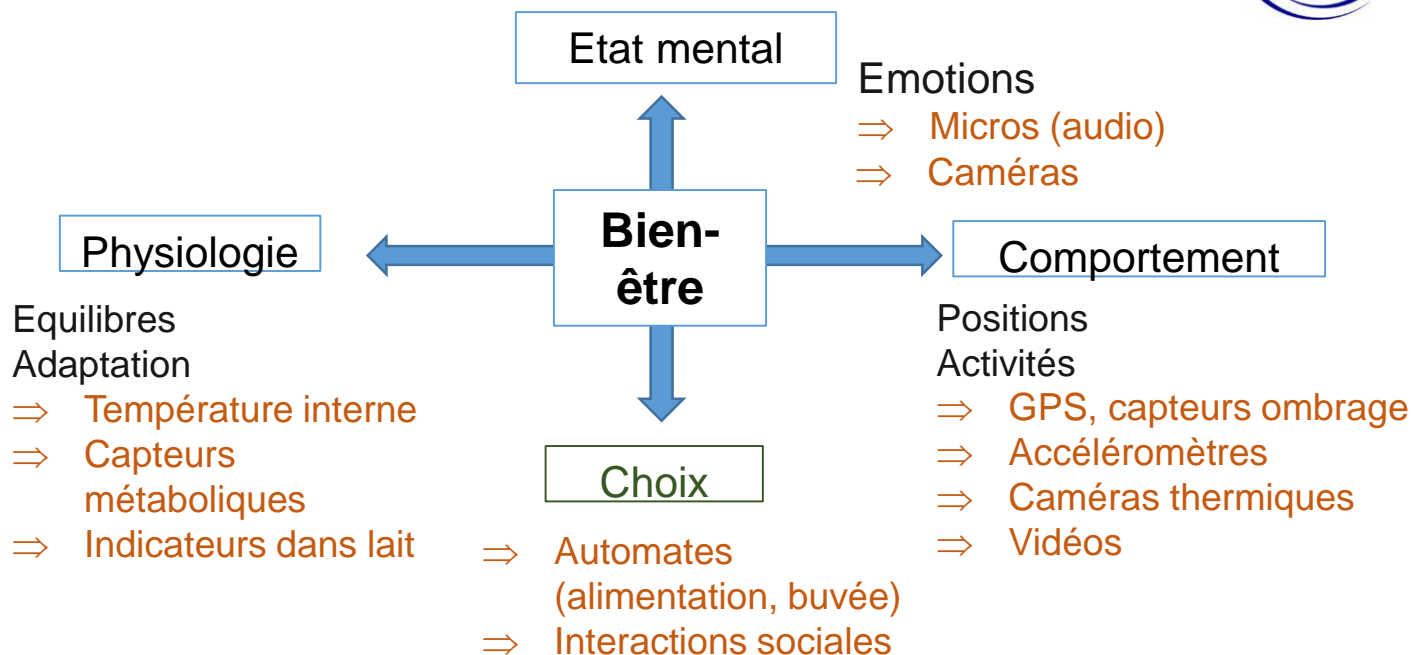
Des capacités de simulation et traitement des données à maturité...

D'après Le Cozler et coll. (2022)



➤ Des jumeaux numériques pour piloter le bien-être animal ?

Passer d'une obligation de moyen à une obligation de résultats ?



Nouveaux algorithmes d'IA
pour une masse de données hétérogènes

- ☑ Identifier et analyser **en temps réel** des indicateurs du bien-être animal
- ☑ Définir des **signaux précoces** de détérioration ou d'amélioration du bien-être animal, en définissant le profil individuel moyen et les seuils d'alertes

Conclusion

Des jumeaux numériques en appui à la recherche expérimentale:

- Réduire, Raffiner, Remplacer (3R) l'expérimentation animale à des fins de recherche (comprendre, tester et prédire)

Des jumeaux numériques utiles pour des nouvelles pratiques:

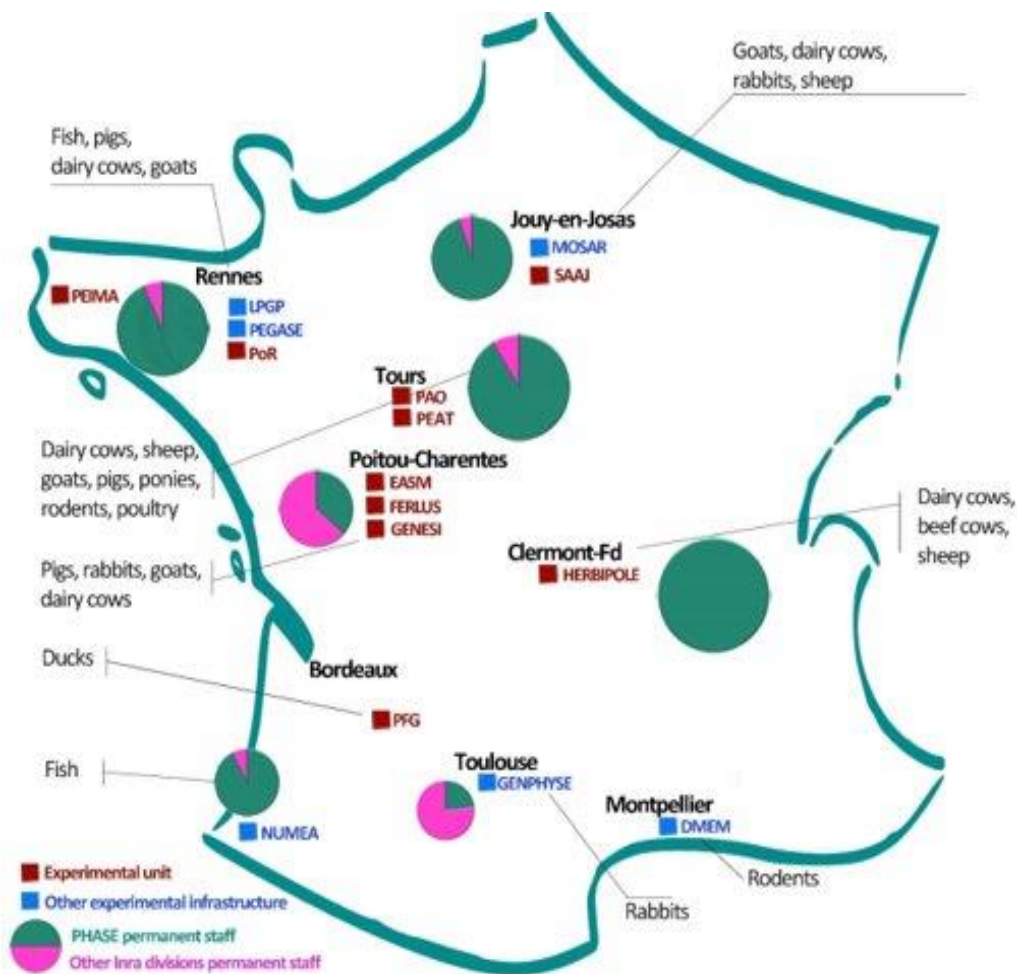
- Gérer la diversité entre animaux et systèmes pour la promouvoir au sein de chaînes de production durables
- Tester des évolutions (adaptation et résilience)
- Anticiper les risques liés aux contextes incertains

Des défis importants :

- Des équipements efficaces, des données hétérogènes à partager
- Le bénéfice / coût - financier et écologique - associé à la collecte et au stockage des données
- Une vision citoyenne à appréhender notamment pour l'animal et les systèmes d'élevage : Industrialisation ? Spécificité ? Inégalités ? Distension Homme-nature ?

**Le numérique : un outil de pilotage mais aussi d'agentivité
= l'animal et l'éleveur, tous acteur(s) de leur environnement, bien-être et santé**

INRAE, c'est aussi un dispositif de stations expérimentales pour les différentes espèces d'élevage (bovins viande, bovins lait, ovins, caprins, porcins, volailles, lapins, poissons ...)



Le projet européen **TEF** pour **Testing and Experimentation Facilities for Agrifood Innovation** propose aux entreprises de pouvoir bénéficier des dernières avancées en **IA et en robotique développées entre autres à INRAE** sous forme de prestations de services.

Le montant des prestations est pris en charge par l'UE et la France, selon des conditions qui diffèrent en fonction de la taille des entreprises.

Pour tout renseignement, contacter Sarah Campredon sarah.campredon@inrae.fr