

➤ Questionnements et réflexions d'INRAE sur le jumeau numérique

T. Caquet, DS Environnement INRAE
thierry.caquet@inrae.fr

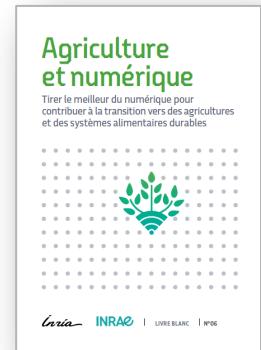
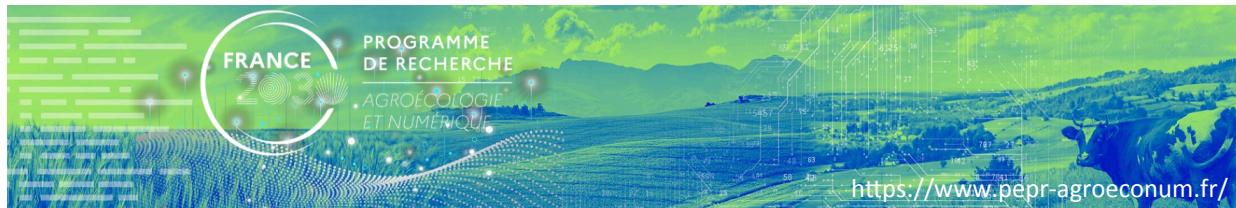
Journée de la recherche UGE – IGN – ENSG Géomatique
Champs-sur-Marne, 28 mars 2024

➤ Elaboration de la stratégie INRAE

- 2019 : Réflexion prospective interdisciplinaire – Approches prédictives pour la biologie et l'écologie
- 2021 : Métaprogramme DIGIT-BIO - Biologie numérique pour explorer et prédire le vivant => GT « jumeaux numériques »
- 2022 : Livre Blanc INRAE-Inria Agriculture et numérique
- 2023 : PEPR Agroécologie et numérique

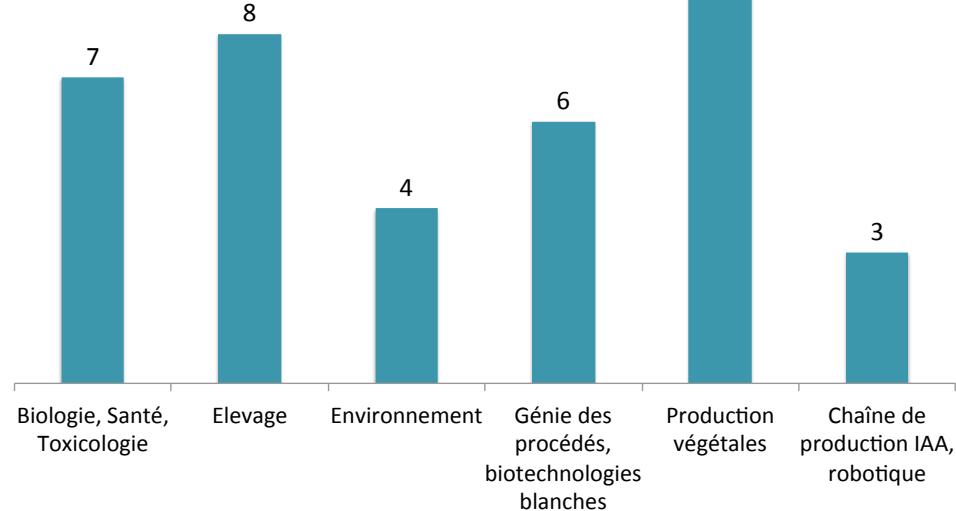
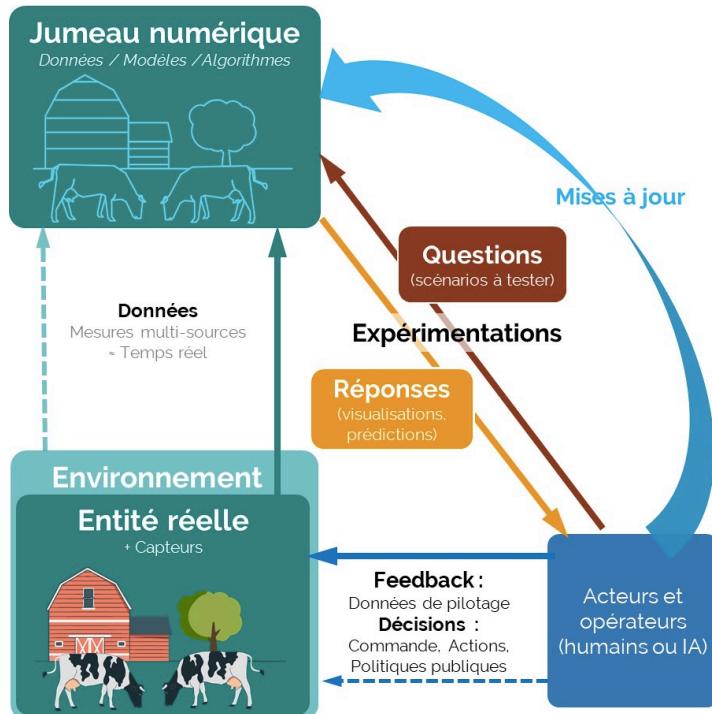


<https://hal.inrae.fr/hal-02791153>



<https://www.inrae.fr/sites/default/files/pdf/Livre%20Blanc%20INRAE%20Inria.pdf>

► JN : vision et grands domaines d'intérêt pour INRAE (enquête 2022)



► JN : une diversité de sujets (enquête 2022)



Elevage

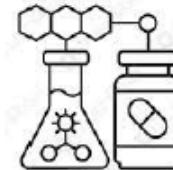
Alimentation sur mesure

Transmissibilité génétique de caractères
Dynamiques de diffusion de maladies



Productions végétales

Métabolisme cellulaire des plantes
Système plante-pathogène-mycorhize
Dynamique des peuplements forestiers



Génie des procédés, biotechnologies blanches

Pilotage de bioréacteurs

Nage de bactéries dans des biofilms
Performances techniques stations d'épuration



Robotique, chaîne de production, IAA

Extrusion pour la valorisation des légumineuses
Détermination et gestion du risque de contamination biologique sur une ligne de production
Chaîne du froid
Interactions de robots avec leur environnement ou avec l'homme



Environnement

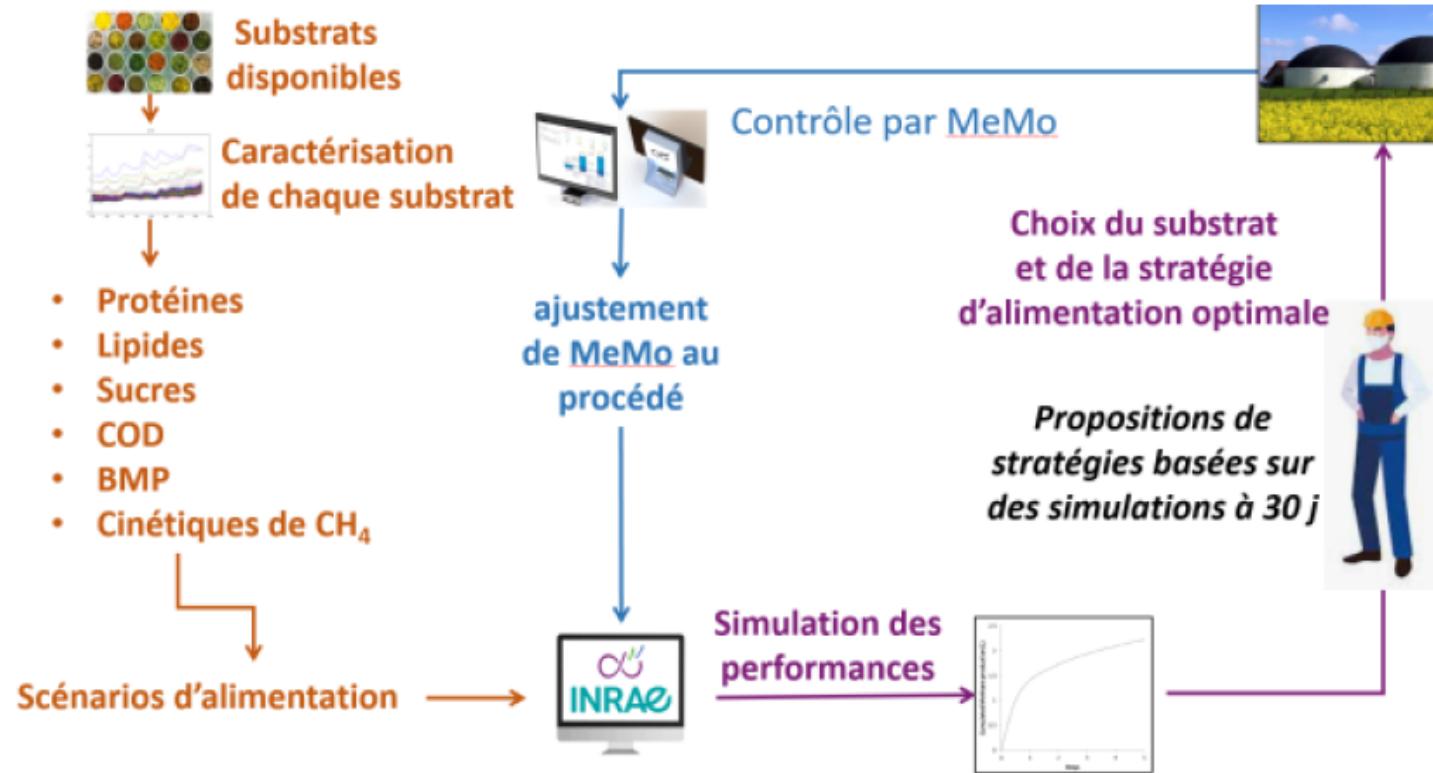
Dynamique de communautés écologiques
Modélisation hydrologique bassins versants



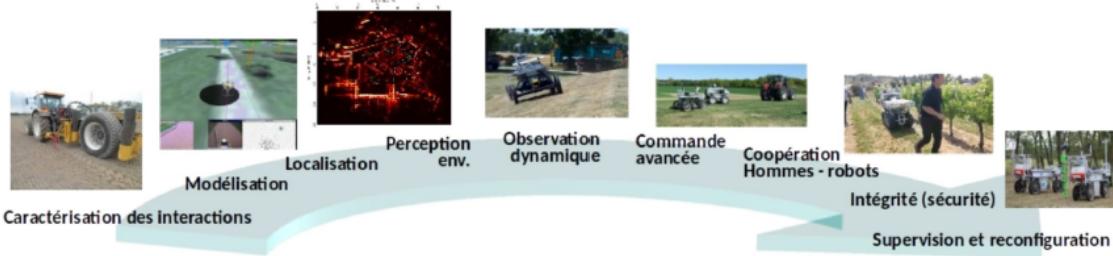
Biologie, santé

RéPLICATION du prion
Prédictions de flux métaboliques
Modèles de cellules à visée thérapeutique
Nutrition et microbiote virtuels

➤ Ex. #1 : Méthaniseur jumeau (INRAE – INRIA – BioEnTech)



➤ Ex. #2 : Développement d'engins autonomes en milieu naturel (AgroTechnoPôle de Montoldre)



➤ Atelier Jumeaux Numériques :

- Modèles du robot
- Modélisation capteurs
- Scénarios d'utilisation de la machine

=> conception de nouvelles architectures de robots agricoles et évaluations de leurs comportements dynamiques

=> qualification des performances (mobilité, sécurité...) des robots et véhicules agricoles préalablement aux campagnes d'essais

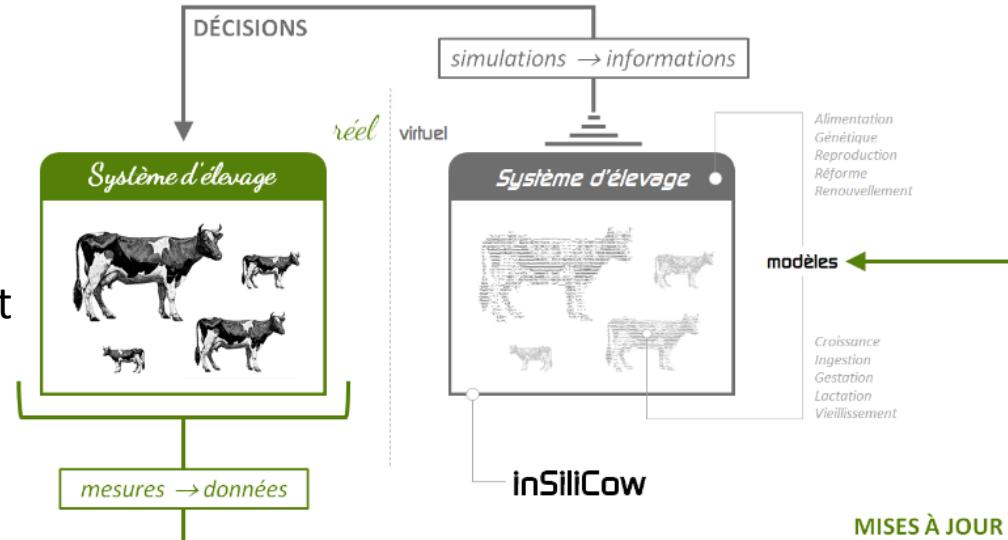
=> développement et évaluation des tâches de supervision de haut niveau (coopération de robots homogènes et hétérogènes, liens de communication...)



➤ Projet emblématique #1 : InSiliCow

Jumeau numérique, appliqué à l'atelier « lait » d'une exploitation laitière.

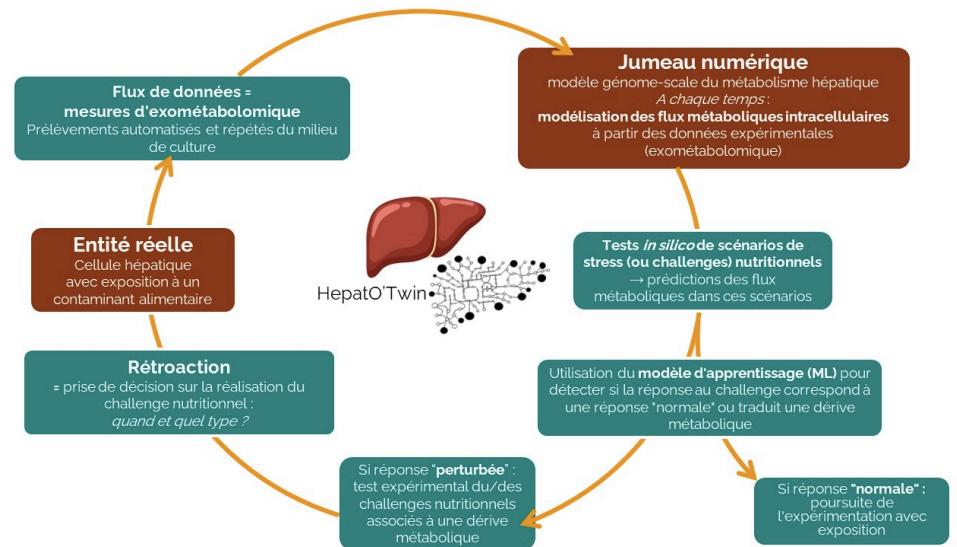
- Simulateur multi-échelle individu-centré de vaches laitières.
- Atelier laitier virtuel.
- Test de différentes stratégies de gestion des individus, du troupeau et du système d'élevage.
- Outil d'aide à la décision pour améliorer les performances économiques, sociales et environnementales de l'élevage.



➤ Projet emblématique #2 : HepatO'twin

Jumeau numérique pour explorer les effets des contaminants alimentaires sur le métabolisme hépatique.

- Lien entre exposition aux CA – altérations métaboliques - maladies métaboliques.
- Combinaison de données métabolomiques en continu (SM), de la modélisation du métabolisme hépatique et d'une rétroaction sur les conditions environnementales du système.



=> prédire si les modulations métaboliques observées induisent une réponse métabolique inadaptée au stress nutritionnel, révélant une progression vers un état pathologique.

➤ Conclusion : une appropriation variable mais une accélération soutenue par l'Institut

- Un savoir-faire sur certains domaines (e.g., réseaux AAP)
- Des avancées en ingénierie et science des procédés => développement d'une stratégie sur les opportunités de développement de JN pour les procédés et équipements dans les IAA (e.g., FermenTwin)
- Des projets émergents sur des thématiques à valence technologique (robotique), l'élevage ou en lien avec la santé (toxicologie, écotoxicologie, microbiote)
- Des approfondissements attendus :
 - Sur les jumeaux d'organismes (plantes et animaux) en lien avec les grands projets et les infrastructures en génomique et phénomique.
 - Dans les sciences de l'environnement
 - => projet de JN « Weather-Induced Extremes » de l'initiative Destination Terre (DestinE) : extrêmes induits par les conditions météorologiques, dont les crues.
 - => projet Equipex+ Gaia Data: contribuer à des briques qui pourront être intégrées dans des JN d'écosystèmes.
 - => JN des sols (IRT System X)



Merci pour votre attention