



**HAL**  
open science

## Livre blanc INRIA / INRAE sur le numérique en Agriculture

Véronique Bellon Maurel, Ludovic Brossard, Frédéric Garcia, Nathalie  
Mitton, Emmanuel Prados, Alexandre Termier

► **To cite this version:**

Véronique Bellon Maurel, Ludovic Brossard, Frédéric Garcia, Nathalie Mitton, Emmanuel Prados, et al.. Livre blanc INRIA / INRAE sur le numérique en Agriculture. PFIA 2020 - (Plateforme de l'Intelligence Artificielle) - Journée Agronomie et IA, Jun 2020, Virtual, France. pp.1-26. hal-02887646v1

**HAL Id: hal-02887646**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02887646v1>**

Submitted on 2 Jul 2020 (v1), last revised 10 Mar 2022 (v2)

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Journée thématique Agronomie et IA - 1<sup>er</sup> Juillet 2020

## ➔ Livre blanc INRIA / INRAE sur le numérique en Agriculture

Véronique Bellon-Maurel

Ludovic Brossard

Frédéric Garcia

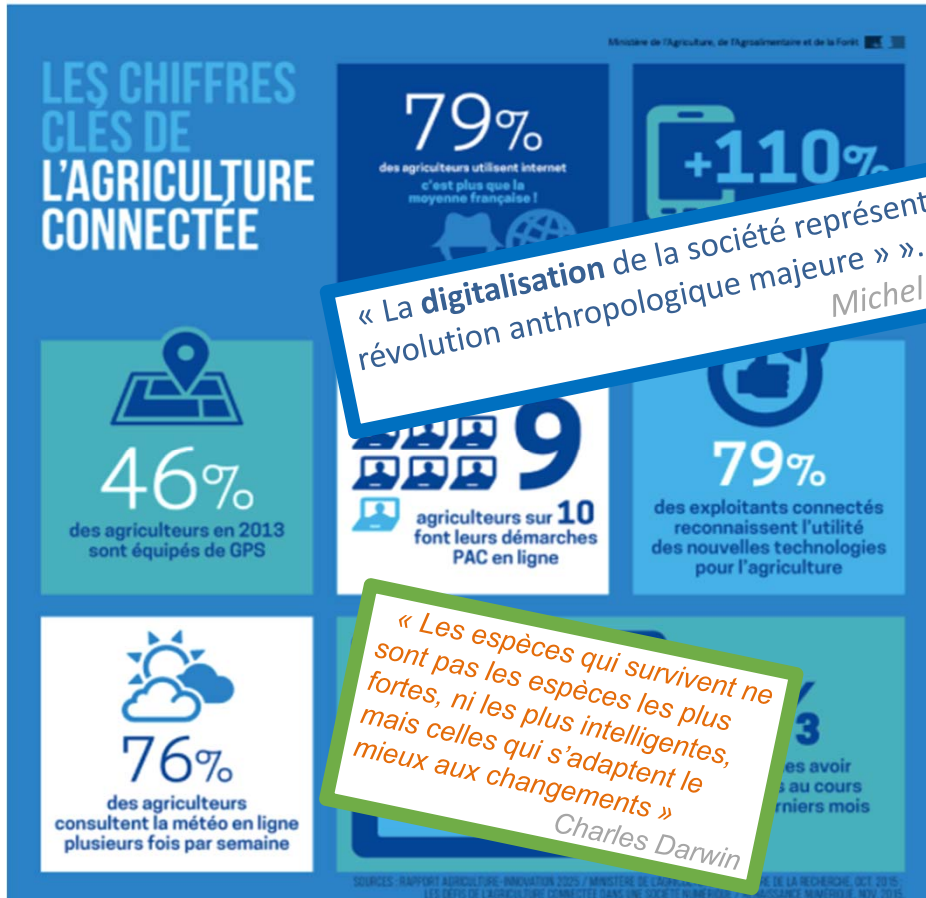
Nathalie Mitton

Emmanuel Prados

Alexandre Termier

**INRAE**

*Inria*



« La digitalisation de la société représente « la troisième révolution anthropologique majeure » ».  
 Michel Serres – Petite Poucette.

« Les espèces qui survivent ne sont pas les espèces les plus fortes, ni les plus intelligentes, mais celles qui s'adaptent le mieux aux changements »  
 Charles Darwin



« Le numérique n'est pas intrinsèquement bon ou mauvais pour l'environnement. Il est ce que nous en ferons. »  
 Livre blanc Numérique et Environnement. Iddri, FING, WWF France, GreenIT.fr (2018)

l'IA a augmenté de 270% en 4 ans dans les entreprises

Source : www.lebigdata.fr



# Questionnements Inria / INRAE

**Données et informations :** capter, partager, traiter, visualiser... Pour qui ? Pour quoi ? (Bien commun, bien public, biens privés ?)

## Usages et impacts :

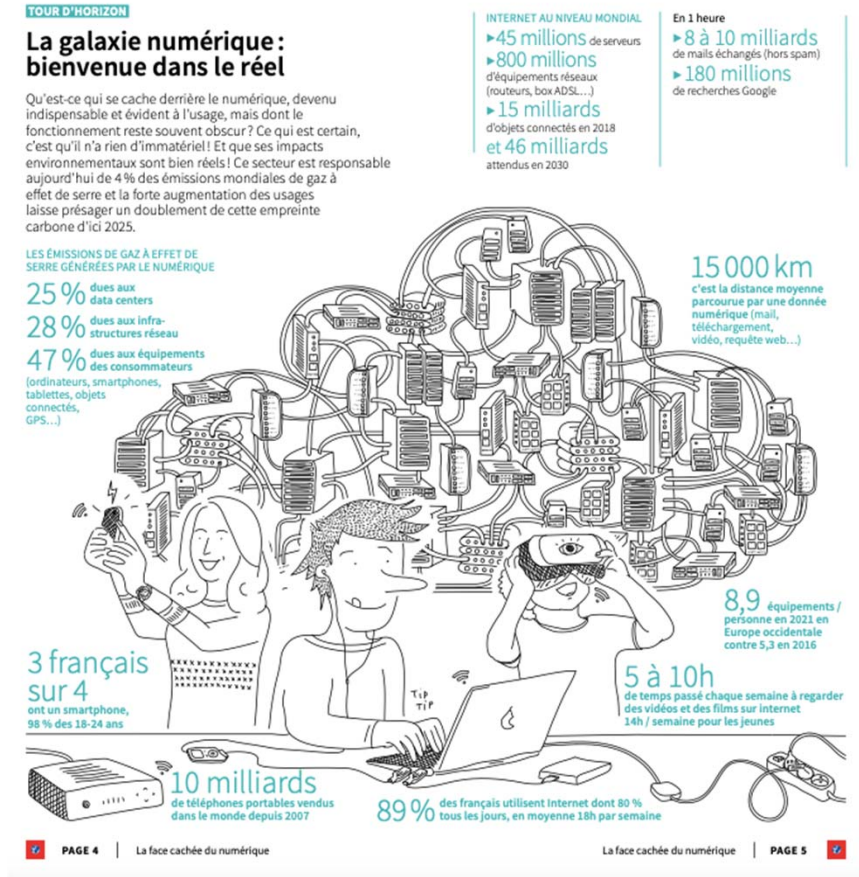
- nouveaux capteurs, big-data : accès à des « propriétés » auparavant invisibles ou mesurées à des résolutions spatiales et temporelles inédites,
- traitements, IA, machine learning : mise en relation, révélation de motifs, biais,
- nouveaux usages, besoins, métiers, business models,
- impact économique & social, politique & éthique.

## Spécificité des systèmes agri-alimentaires :

- flux de matière évolutif — **périssable** — attaché aux flux de données,
- complexité des produits, des acteurs et des modes de production,
- impact des **asymétries d'information** (/excès d'information),
- gouvernance de l'information concernant une **ressource stratégique** (la nourriture, « L'eau est devenue un placement financier, plus rentable que le pétrole »).

## Éléments récents :

- **Déclaration de Montréal** sur l'IA responsable, via une démarche participative.
- **Rapport Villani et GPAI** (Global Partnership on AI) : partenariat international, deux piliers : France et Canada.
- **Responsible Research and Innovation (RRI)** : emerging field in the European research and innovation (R&I) policy ☑ **agricultural & food ethics**,
- **Mouvement des travailleurs du numérique** : une vision différente de l'articulation entre travail humain et digitalisation du travail ... ([www.climanifeste.net/](http://www.climanifeste.net/), onestla.tech)



## Sobriété numérique ?

Source : ademe.fr

INRAE

Livre Blanc INRIA – INRAE sur le numérique en agriculture  
PFIA 2020 – 1<sup>er</sup> juillet 2020 – Journée Agronomie et IA

## ➤ Livre Blanc sur le numérique en agriculture

- **Agriculture numérique** : utilisation de TIC pour acquisition/stockage et traitement de données, toutes échelles (de l'exploitation au territoire)
  - Buts : efficacité, pénibilité travail, bien-être animaux, frugalité
  - Domaine récent : début en 2000, accélération des travaux depuis 2017
  - Identification par politiques depuis 2014
- **Le Livre Blanc Inria/INRAE** :
  - Réfléchir sur les recherches nécessaires pour comprendre/maîtrise/préparer et accompagner le déploiement du numérique en agriculture
  - Prise en compte des transformations des filières et des écosystèmes
  - Service à l'agriculture, aux agriculteurs et au bien commun

➔ ***Actuellement en cours d'écriture***



**INRAE**

Livre Blanc INRIA – INRAE sur le numérique en agriculture  
PFIA 2020 – 1<sup>er</sup> juillet 2020 – Journée Agronomie et IA

## ➤ Plan du livre

1. Introduction
2. Les enjeux en agriculture
3. Etat de l'art des technologies numériques en agriculture
4. Les opportunités offertes par le numérique pour l'agriculture
5. Les risques liés au numérique
6. Les défis de demain
7. Conclusion

**➔ Au cours de la présentation, quelques focus sur ces différentes parties**



**INRAE**

Livre Blanc INRIA – INRAE sur le numérique en agriculture  
PFIA 2020 – 1<sup>er</sup> juillet 2020 – Journée Agronomie et IA

## ➤ Les enjeux de l'agriculture

### Contexte mondial

- augmentation de la population mondiale (10 Mds en 2050) et de la demande en produits agricoles
- changement climatique qui fait évoluer les écosystèmes et les milieux de production agricole
- > **tensions sur les ressources et systèmes agricoles**

### Des modèles d'agriculture en question et en évolution

- système « intensif » avec des limites (rendements, état des sols, impact sur les ressources en eau et sur l'environnement, biodiversité, bien-être animal), autres systèmes émergents
- questions sociétales sur les systèmes de production, leur diversité, le métier d'agriculteur, la répartition de la valeur, la concentration des acteurs

### Un essor du digital en agriculture

- équipements de production
- captation et gestion des données/ de l'information

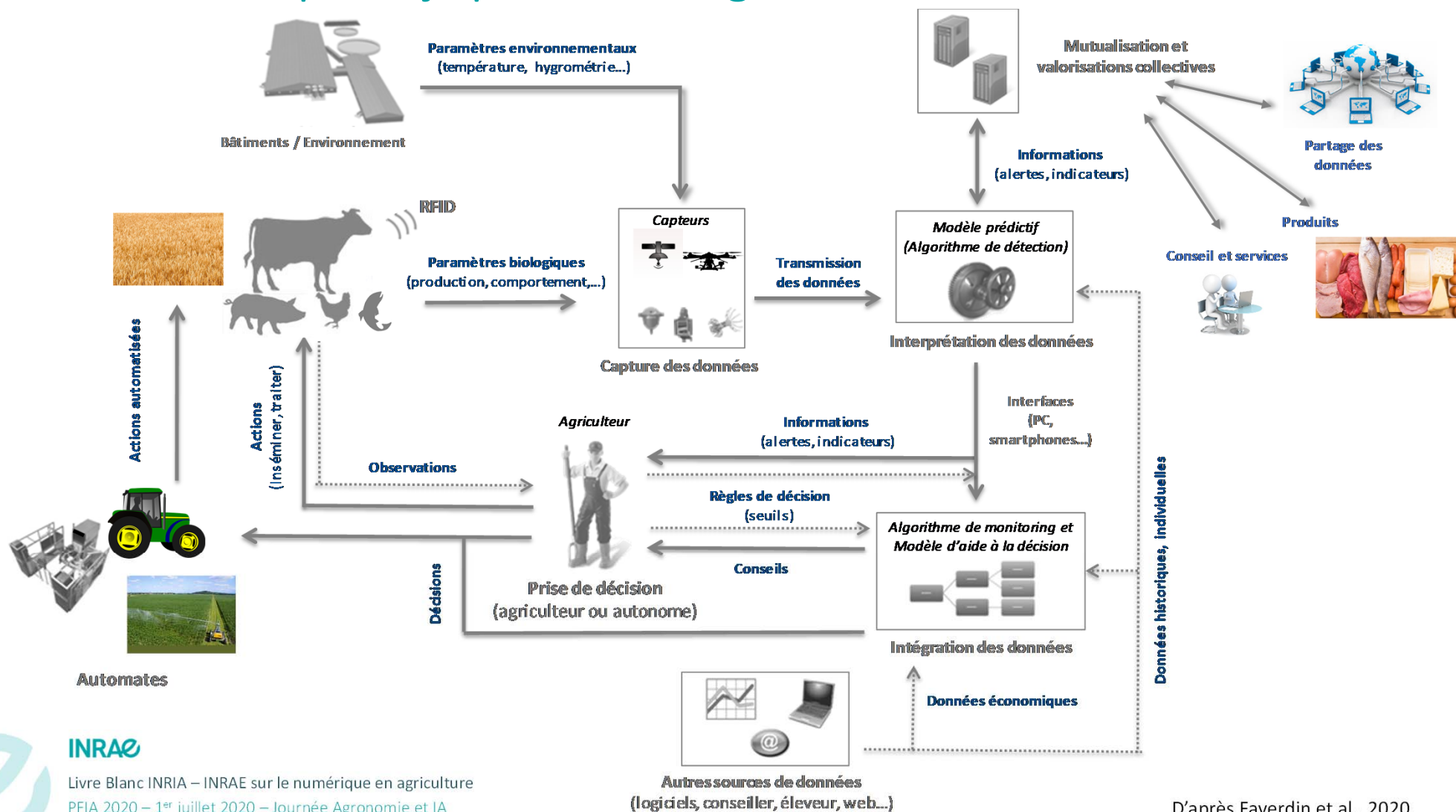
➔ **Dans ce contexte, comment le numérique peut aider / accompagner l'évolution de l'agriculture, notamment vers l'agroécologie ?**



**INRAE**

Livre Blanc INRIA – INRAE sur le numérique en agriculture  
PFIA 2020 – 1<sup>er</sup> juillet 2020 – Journée Agronomie et IA

## ➤ Un numérique déjà présent en agriculture



**INRAE**

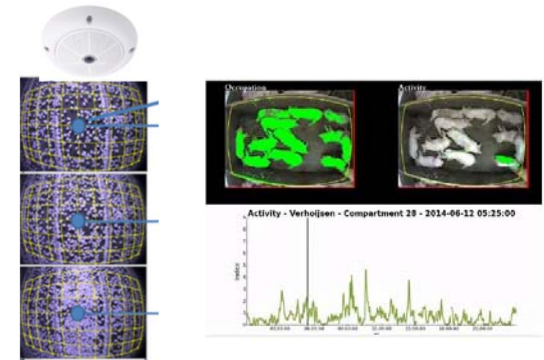
Livre Blanc INRIA – INRAE sur le numérique en agriculture  
PFIA 2020 – 1<sup>er</sup> juillet 2020 – Journée Agronomie et IA

D'après Favardin et al., 2020



## ➤ Quelques exemples de l'utilisation de l'IA En élevage

- Analyse d'image pour la détection de comportements des animaux
- Détection d'évènements physiologiques, sanitaires à partir de combinaisons de capteurs / données
  - présentation de L. Rabioff (analyse automatique comportement des vaches au pâturage)
  - travaux INRIA-INRAE sur détection des œstrus en vaches laitières (K. Fauvel, 2020)



➤ Aide à la décision :  
Améliorer la détection des oestrus avec le Machine Learning

**But** : Analyser les données de capteurs sur vaches (température, activité) pour détecter l'oestrus

**Méthode** : ensemble classifieur (amélioration de cascade locale)

**Contributions** :

Nouvelle méthode pour détecter les oestrus à partir de capteurs hétérogènes

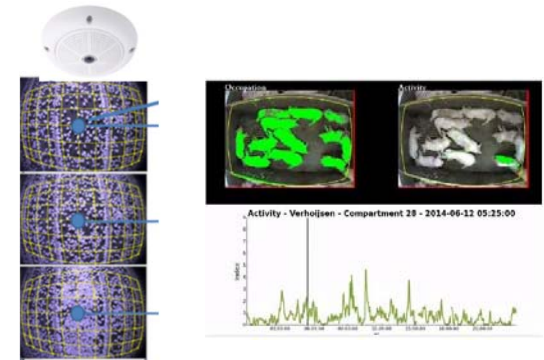
22% plus précis que les solutions commerciales actuelles

Composante d'interprétabilité

Kévin Fauvel, Véronique Masson, Elisa Fromont, Philippe Faverdin, Alexandre Termier: *Towards Sustainable Dairy Management – a Machine Learning Enhanced Method for Oestrus Detection*. *KDD 2019* <sup>A\*</sup>, pp 3051-3059

## ➤ Quelques exemples de l'utilisation de l'IA En élevage

- Analyse d'image pour la détection de comportements des animaux
- Détection d'évènements physiologiques, sanitaires à partir de combinaisons de capteurs / données
  - présentation de L. Rabioff (analyse automatique comportement des vaches au pâturage)
  - travaux INRIA-INRAE sur détection des œstrus en vaches laitières (K. Fauvel, 2020)
  - détection d'évènements sanitaires comme l'acidose ruminale



Machine learning to detect behavioural anomalies in dairy cows under subacute ruminal acidosis

Nicolas Wagner<sup>a,b</sup>, Violaine Antoine<sup>a</sup>, Marie-Madeleine Mialon<sup>b</sup>, Romain Lardy<sup>b</sup>, Mathieu Silberberg<sup>b</sup>, Jonas Koko<sup>a</sup>, Isabelle Veissier<sup>b,\*</sup>

<sup>a</sup> Université Clermont Auvergne, CNRS, UMR 6158 LIMOS, Campus des Cézeaux - BP 10125, F-63173 Aubière cedex, France  
<sup>b</sup> Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR Herbivores, F-63122 Saint-Genès-Champagnelle, France



## ➤ Quelques exemples de l'utilisation de l'IA En télédétection

Ex.: Deep learning appliqué aux données satellites pour la détection de cultures / zones

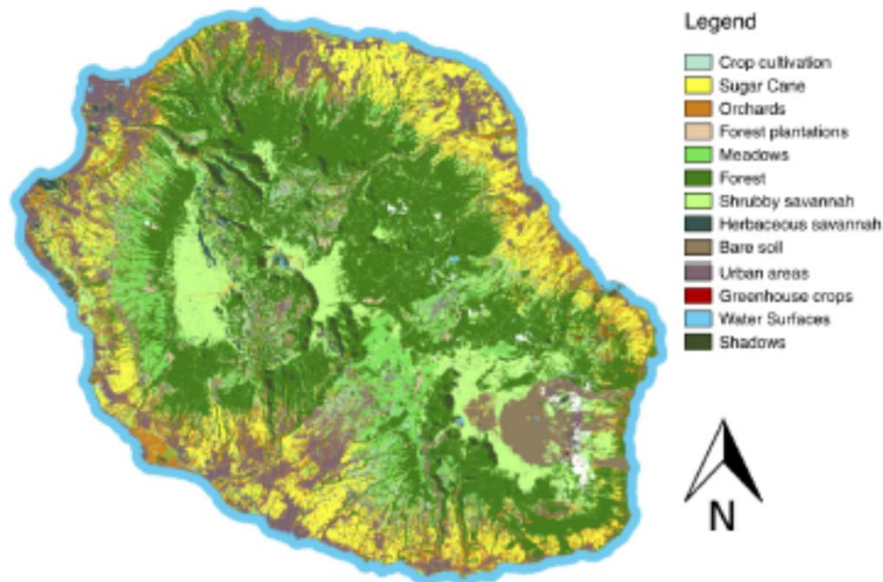


Figure 5. Map produced by M<sup>3</sup>Fusion

Exemple issu de « M<sup>3</sup> fusion : A deep learning architecture for multiscale multimodal multitemporal satellite data fusion »  
(Benedetti et al., 2019)

## ➤ Quelques exemples de l'utilisation de l'IA En ingénierie des connaissances

Diversité des sources et de la nature des données en agronomie (capteurs de différents types, échelles d'obtention, mesures / savoirs / enquêtes, bases de données...)

➔ Importance des ontologies pour l'intégration de données, leur échange, l'aide à la décision ...

- Présentation de S. Aubin sur le projet D2KAB (Data to Knowledge in Agronomy and Biodiversity)
- Présentation de F. Amardeilh sur la représentation des itinéraires cultureux en maraîchage
- Présentation de C. Jonquet sur AgroPortal (Vocabulary and Ontology Repository for Agronomy)

## ➤ Des opportunités ouvertes à l'agriculture par le numérique

**Ces opportunités sont en lien avec 3 enjeux majeurs qui touchent tous les agriculteurs :**

- Mieux produire, en diminuant drastiquement le recours aux intrants - en particulier les intrants de synthèse (fertilisants, pesticides chimiques, antibiotiques) – en cherchant à assurer la viabilité des facteurs naturels de production (les sols, la biodiversité), en s'adaptant aux changements exogènes, en premier lieu le changement climatique.
- Mieux s'inscrire dans la chaîne de production agri-alimentaire
- Mieux apprendre et comprendre



## ➤ Réduire les intrants par l'agriculture ou l'élevage de précision (1)

L'agriculture et l'élevage de précision reposent sur une intervention (apport eau, nutriments, soins) la plus ciblée possible (parcelle / intraparcelle – troupeau / animal) et relèvent de choix et d'actions tactiques qui sont réalisés au cours de l'itinéraire technique.

S'appuient sur un cycle de 4 étapes avec des apports spécifiques du numérique :

- l'observation (la mesure d'un « symptôme »),
- le diagnostic (la définition de l'état de la plante ou de l'animal)
- la préconisation (la définition de l'action à mettre en place à savoir type d'action, dose...),
- l'action



## ➤ Réduire les intrants par l'agriculture ou l'élevage de précision (2)

### **Exemples de questions liées à l'observation :**

- résolution, spécificité, robustesse, coût, autonomie, qualité, transmission
- interopérabilité
- invasivité des mesures -> recherche de proxy

### **Exemples de questions liées à la préconisation :**

- combinaison des approches « data-driven » (statistiques, IA) avec les approches « concept-driven » (modèles biologiques basés sur les mécanismes connus)



## ➤ Mieux adapter la stratégie aux conditions (agriculture prédictive et prescriptive) et créer des connaissances sur de nouveaux agroécosystèmes

### **Tirer profit du BigData pour affiner les tactiques de gestion des cultures et des troupeaux, du territoire -> collecte de données massives (*exploitation, territoire*)**

- Systèmes d'acquisition, peu coûteux, simples à utiliser, résolution  
=> ex. traitement des images satellites Sentinel, réseaux de capteurs
- Gestion, qualité et traitement des données produites (IOT, crowdsourcing, savoir-expert, interopérabilité, stockage)

### **Pour prédire, prescrire et comprendre, besoin de modèles**

- avec des formalismes adaptés car systèmes plus complexes (interactions), étendus
- qui intègrent les incertitudes, et capables d'évoluer selon les conditions
- dont il faut aider à l'interprétation/visualisation des résultats
- dont il faut garantir les résultats



➤ **Produire autrement :**  
agro-écologie, agriculture biologique, agroforesterie

**Importance dans ces systèmes de détecter et identifier les dysfonctionnements pour anticiper**

- Ex.: fusion de données « grand champ » avec des données ponctuelles issues d'autres sources, traitement spécifique (SVM des maladies, deep learning)

**Des questions spécifiques amenant à co-construire technologies et agroécosystèmes novateurs**

- géo-référencement
- robotique (nouvelles contraintes dans de nouveaux systèmes)
- systèmes de tri/ caractérisation de récoltes plus hétérogènes

## ➤ Gestion du risque climatique, biologique, financier dans la transition agroécologique

### **Aider les agriculteurs à s'engager grâce à de nouveaux outils numériques**

Ex.: outils pour faciliter les démarches participatives: modèles-compagnons, outils numériques d'analyse des séances participatives (traitement vidéo / audio pour l'identification/ étiquetage des acteurs et des points de vue, etc).

### **Créer des modèles d'aide à la décision en agroécologie**

Modèles de gestion du risque dans un contexte fortement multidimensionnel, intégrant les objectifs et préférences des agriculteurs, l'incertitude, et utilisant des formalismes bien adaptés à la gestion du risque et de la robustesse du système



**INRAE**

Livre Blanc INRIA – INRAE sur le numérique en agriculture  
PFIA 2020 – 1<sup>er</sup> juillet 2020 – Journée Agronomie et IA

## ➤ Transformer filières et organisations des systèmes agroalimentaires

### **Les services à l'agriculture renouvelés par le numérique**

- ex. : conseil, assurances se basent sur autres outils, données

### **Renouveler les chaînes de valeurs avec une meilleure connexion aux marchés**

- Plateformisation pour conquérir de nouveaux marchés (échanges via les plates-formes en ligne au niveau mondial : 15 milliards USD aujourd'hui => 335 milliards en 2025 (Etude Mond'alim 2030))
- Mise en place des plateformes de certification par les pairs (organisation, transparence de la donnée)
- Traçabilité et confiance (enregistrement et traçabilité des pratiques, blockchains...)

### **Gestion des ressources à l'échelle des territoires**

Economie circulaire...



**INRAE**

Livre Blanc INRIA – INRAE sur le numérique en agriculture  
PFIA 2020 – 1<sup>er</sup> juillet 2020 – Journée Agronomie et IA

## ➤ Partage de données, informations, connaissances

### **Multifonctionnalité de l'agriculture facilitée par le numérique**

- Documenter l'environnement (collecte de données pour l'intérêt général)
- Données utiles aux paiements des services écosystémiques
- Expérimentations à la ferme

### **Partage de données, informations, connaissances entre pairs**

- Plateformes de partage de données, consentement, sécurité
- Système de recueil, de gestion des connaissances

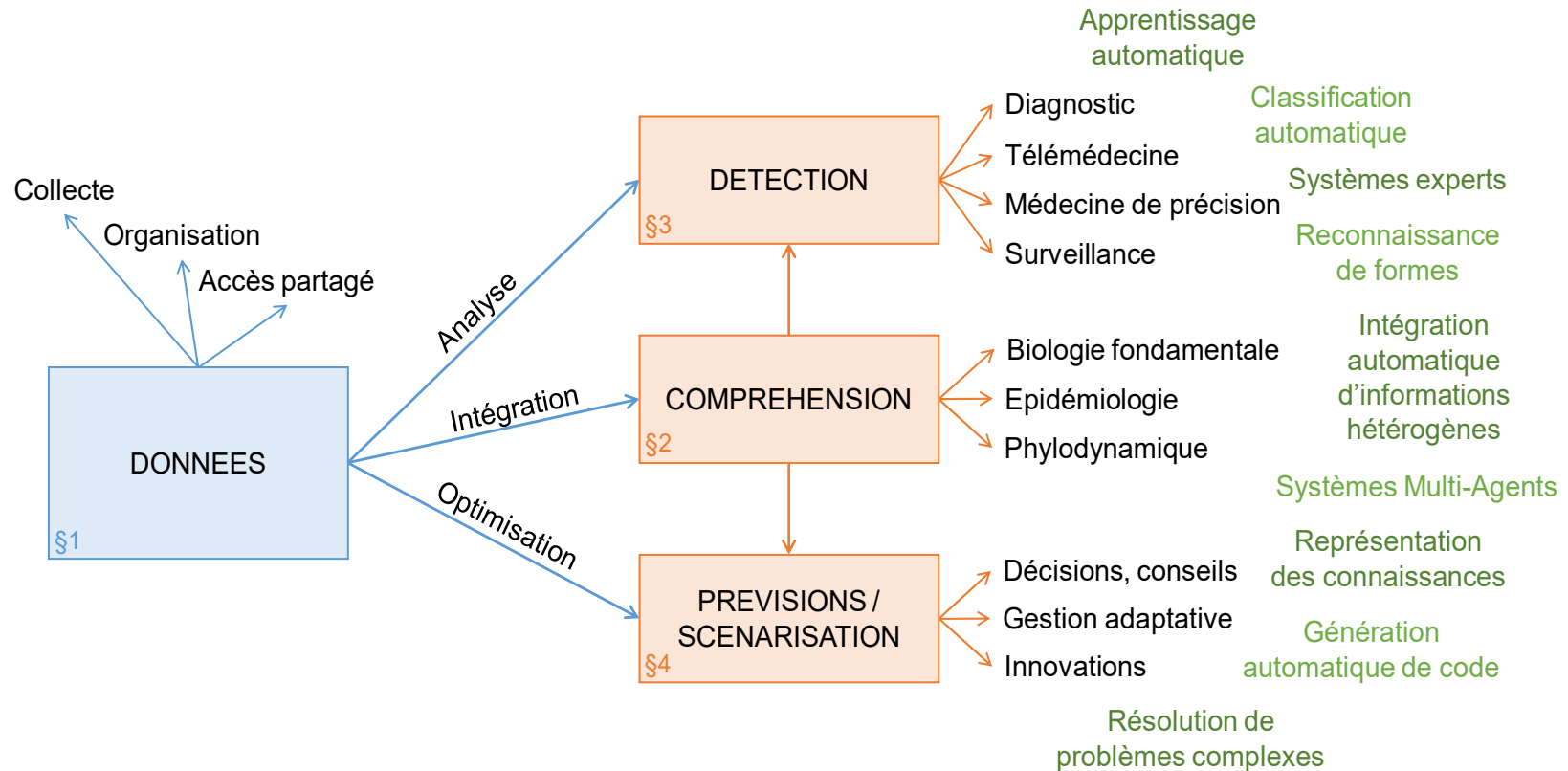


**INRAE**

Livre Blanc INRIA – INRAE sur le numérique en agriculture  
PFIA 2020 – 1<sup>er</sup> juillet 2020 – Journée Agronomie et IA

## ➤ Liens entre IA et opportunités du numérique en agriculture

Exemples de thèmes de recherche en santé animale (en noir) et de concepts et méthodes d'intelligence artificielle utiles pour les développer (en vert)



## ➤ Des risques à considérer

- **Une offre à adapter aux besoins des agriculteurs pour aider à son adoption**

- **Vers une agriculture déshumanisée et déshumanisante ?**

artificialisation accrue de la production

perte d'autonomie des éleveurs, dépendance à la technique, perte de compétences

acceptabilité par les consommateurs /citoyens ?

- **Un risque de renforcement des inégalités et d'exclusion de certaines formes d'agriculture, déséquilibre des rapports de forces (socio-politiques, chaîne de valeurs)**

faible accessibilité, adaptation des technologies à d'autres modèles d'agriculture -> exclusion

plus grande intégration des marchés et concentration des entreprises (syndrome GAFAM)

gouvernance des données ?

- **Risque sur l'environnement et les ressources**

Impact environnemental des équipements de captation de données + datacenters + flux de données



**INRAE**

Livre Blanc INRIA – INRAE sur le numérique en agriculture  
PFIA 2020 – 1<sup>er</sup> juillet 2020 – Journée Agronomie et IA

## ➤ Les défis à relever

- **Des questions techniques spécifiques (captation données, modélisation, restitution/diffusion connaissances dans un cadre complexe)**
- **Un numérique pour aider à faire évoluer les systèmes agricoles dans l'optique d'une production équitable, durable**
  - favoriser la transition agro-écologique des exploitations et des territoires
  - faire avancer/bénéficier tous les types d'agriculture (Nord-Sud, petites/grandes exploitations...)
  - Considérer échelles collectives et individuelles : aider acteurs dans conception / décision collective puis aider l'agriculteur individuellement dans sa décision d'itinéraire technique
- **Répercuter les évolutions sur toute la chaîne agroalimentaire, tout en étudiant l'impact social (travail...)**
  - producteur – transformateur – vente – consommateur / exploitation – territoire -filère
  - pour une répartition équitable de la valeur et une efficacité améliorée
- **Un développement numérique responsable -> Recherche innovation responsable**
  - frugal
  - utile à tous



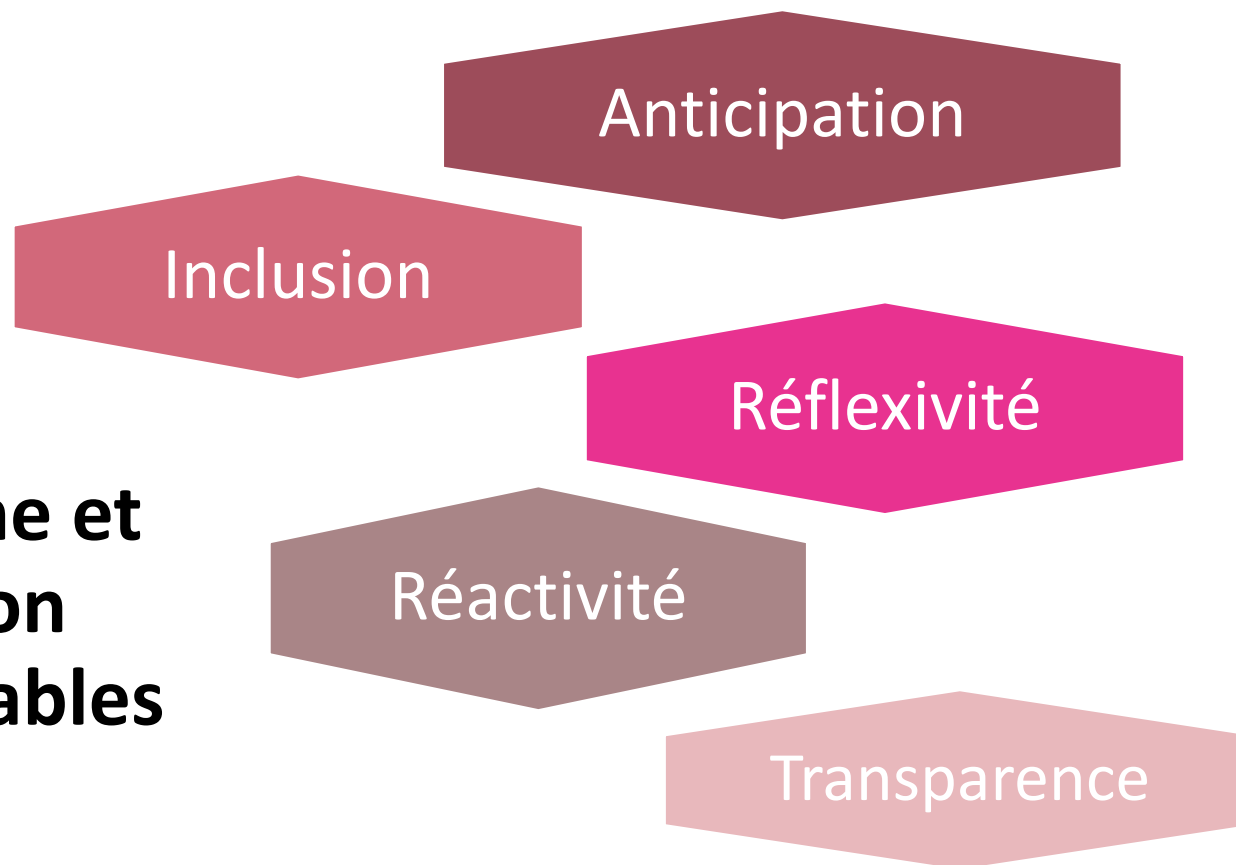
**INRAE**

Livre Blanc INRIA – INRAE sur le numérique en agriculture  
PFIA 2020 – 1<sup>er</sup> juillet 2020 – Journée Agronomie et IA



➤ Un numérique responsable au service des systèmes agri-alimentaires

**Recherche et  
Innovation  
Responsables**



## ➤ CONCLUSIONS

- **Numérique et agriculture coexistent déjà et cette association peut contribuer à l'évolution nécessaire de l'agriculture vers de nouveaux modèles agroécologiques**
- **Des solutions techniques existent déjà actuellement et de nouveaux développements sont à venir pour relever les opportunités**
- **Pour éviter certains risques et accompagner toutes les agricultures, ces développements du numérique doivent relever certains défis notamment dans le cadre de la recherche et innovation responsable**



MERCI DE VOTRE ATTENTION



**INRAE**

Livre Blanc INRIA – INRAE sur le numérique en agriculture  
PFIA 2020 – 1<sup>er</sup> juillet 2020 – Journée Agronomie et IA