



➤ Place de la télédétection dans les documents stratégiques à INRAE

Quelques éléments saillants

## ➤ La télédétection dans quelques SSD

ACT, AgroEcoSystem, AQUA, EcoDiv, MathNumm

Place télédétection parfois explicite, voire centrale, souvent sous-jacente (dimension spatiale et dyn. des systèmes)

Importance dans l'analyse des changements (syst. biophysiques, pratiques, impacts des systèmes de gestion) face au CC

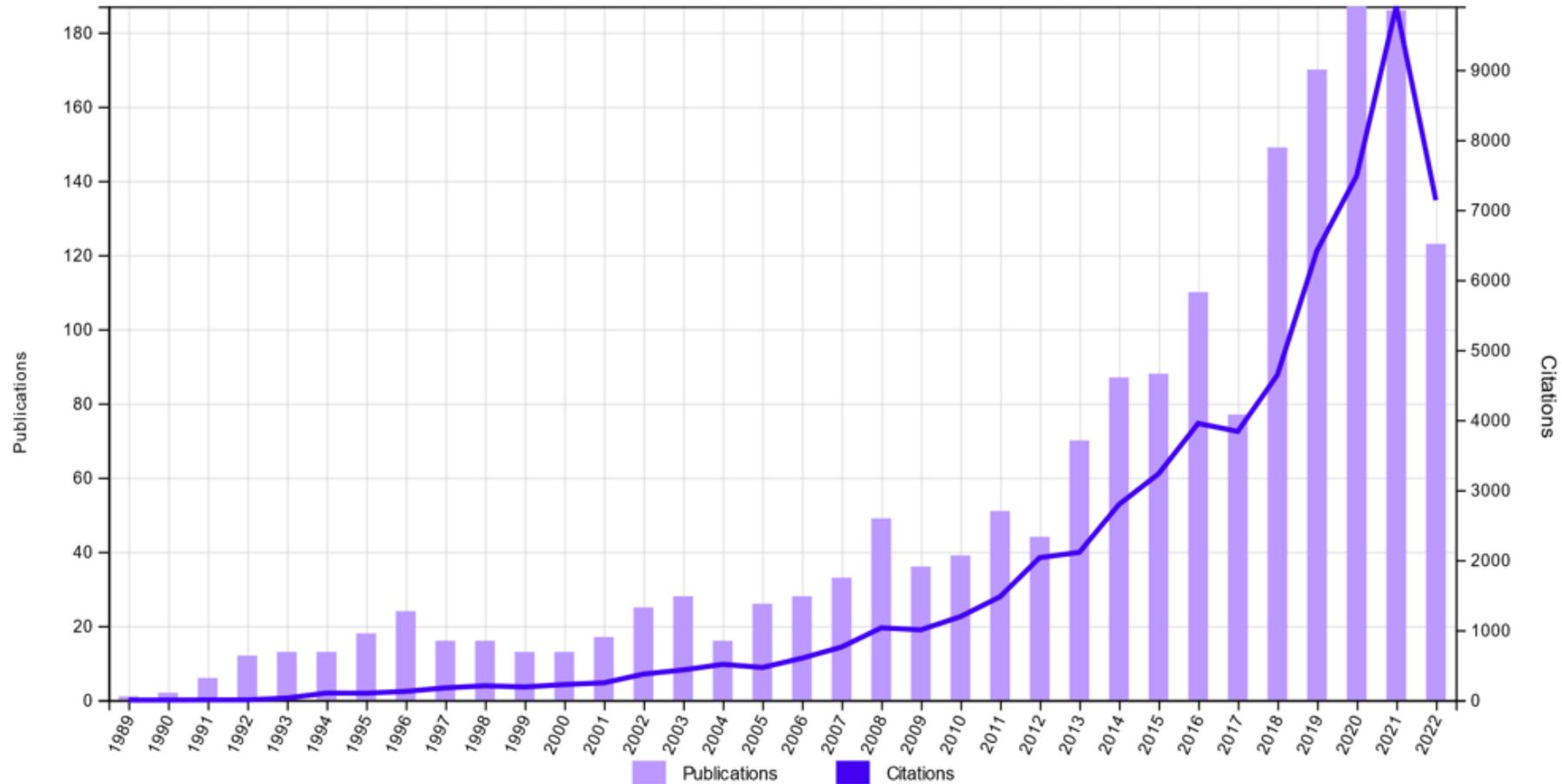
|   | ACT   | AgroEcoSys   | AQUA   | EcoDiv  | MathNum   |
|---|---|--|--|---|---|
| <b>Observer, détecter</b>   | Sign. Spat. agricultures nourricières   | Proxymétrie (trait, phénotypage)   | Régime des cours d'eau   | Habitats d'espèces  | Acquis, intégr données connaiss (massives, hétérog) |
| <b>Mesurer les changements</b>                                      | Liés aux transitions AE, aux réponses CC  | Evol. Ressources face au CC  |  |   |   |
| <b>Comprendre les organisations spatiales</b>                       | Organisat. Territ.  | Nouveaux agroécosystèmes (cultures mixtes ...)   | Carto d'expo aux risques (aléas, vulnérabilité)                      | Organisations paysagères  |   |
| <b>Comprendre / modéliser les dynamiques</b>                        | Dyn biodiversité dans gestion intégrée terr                                     | Dyn biodiv dans agroécosystèmes  | Réponses biodiv aquat aux forçages<br>Processus hydro cycle de l'eau | Proxy dans modèles Ecodiv   | Modélis syst dyn                                    |
| <b>Concevoir, évaluer (pratiques, instruments gestion, OAD ...)</b> | Solutions basées sur nature<br>Réduire inégalités socio-spat.<br>Impacts du num | Impacts pratiques AE sur ressources<br>Effets de changts (ex pratiques alim, usages sols) sur stocks G, GES) |  | Stratégies (ex ERC) sur zones spécifi.<br>Suivi capacités récupérer des écosyst | Outils de pilotage                                  |
| <b>Réf explicite à Theia, Data Terra</b>                            | X   |  | x  | X   | X   |
|   | Groupe disciplinaire TLD ...  | Technos (drones, IOT, agri num)  |  |   | Technos (OAD ...)                                   |

## ➤ Un domaine en progression

Evolution du nombre de publications et de citations sur la télédétection (corpus INRAE 1989-2022)

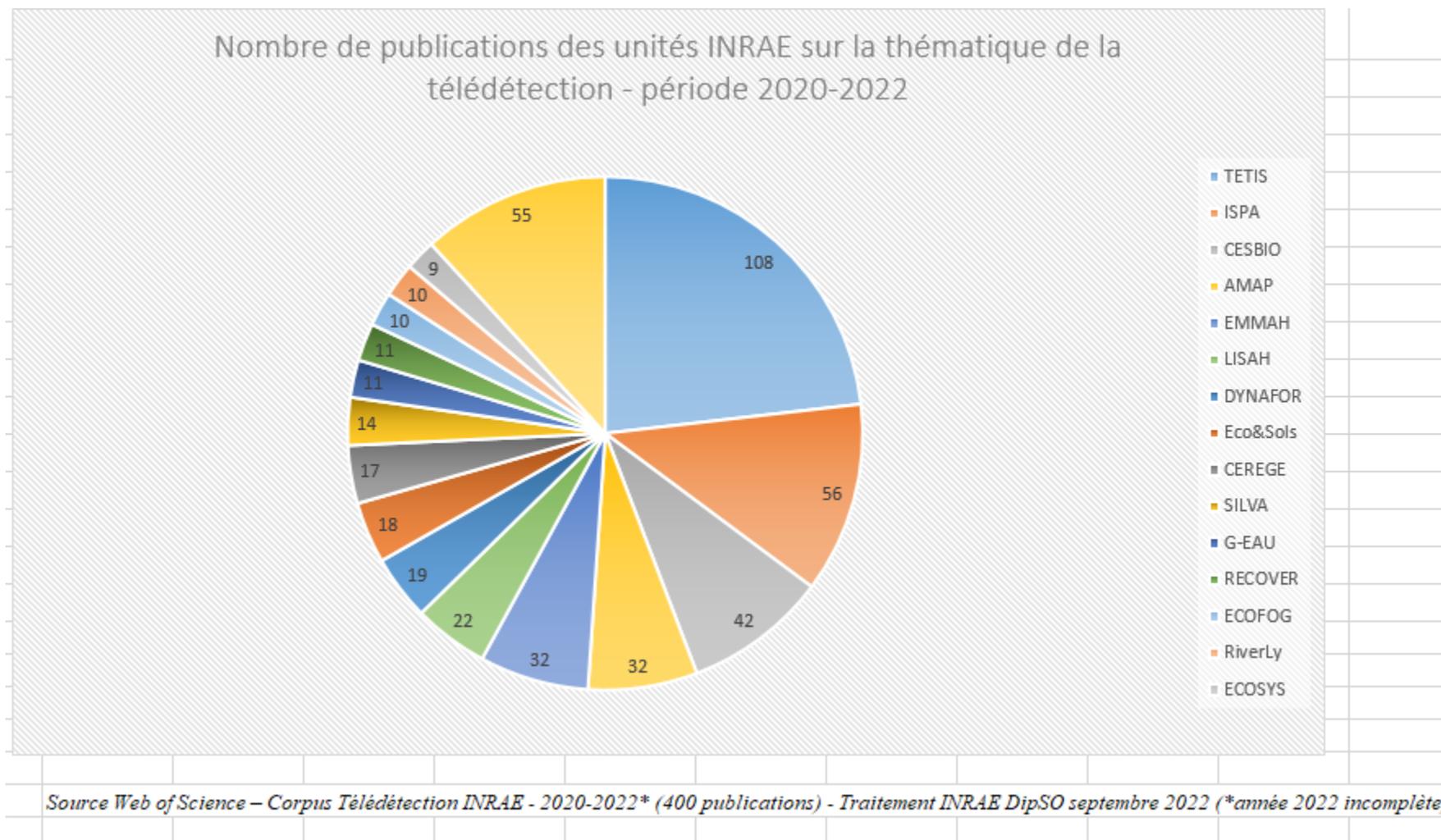
Types de documents : article, proceeding paper, review article, book chapters, data paper, editorial material, early access, letter

Source Web of Science – Corpus Télédétection INRAE - 1989-2022\* (1786 publications) - Traitement INRAE DipSO septembre 2022 (année 2022 incomplète)





## ➤ Quelques éléments biblio 2020--2022



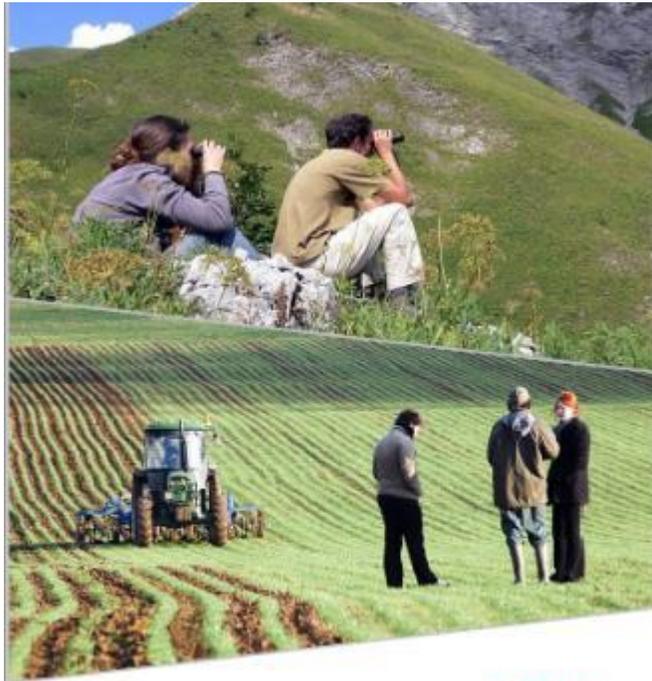
# SSD ACT

S. Durrieu

# ➤ La télédétection dans les GOS du département ACT

## 2 Champs Thématiques

- Dynamiques de transformations des systèmes et des territoires
- Aide à la compréhension des systèmes, à la calibration/paramétrage des modèles



INRAE

➤ Schéma stratégique  
Département ACT - 2021-2025

- **GOS1 - Gestion intégrée et territoriale des liens entre biodiversités, ressources, et santés => Articuler entités écologiques et de gestion et mobiliser l'information spatiale**
  - OS 14. *Développer des méthodes d'analyse et de modélisation spatiales des systèmes pour caractériser l'état et la dynamique des écosystèmes et des ressources, et pour spatialiser les activités humaines, les usages et les pratiques.*
- **L'objectif du SSD est d'intégrer les dimensions spatiales et les dynamiques temporelles traitées dans les GOS, notamment (GOS 1, OS 21, OS 31, OS 33, OS 42, OS 43).**
- **Les enjeux**
  - *Améliorer la caractérisation des ressources et de la structure d'un territoire ainsi que des dynamiques territoriales à partir de données de télédétection.*
  - *L'intégration de données massives et hétérogènes (images, bases de données, textes, mesures in situ, enquêtes de terrain, ...), ce qui implique des savoir-faire en télédétection et en géomatique pour traiter des jeux de données hétérogènes et multi-échelles.*
  - *Mobiliser les démarches d'analyse spatiale dans des travaux de recherche participative, d'accompagnement ou d'expertise.*
- **7% des agents ayant une mission de recherche sont rattachés à la discipline numérique, géomatique, télédétection**
- **Lancement du groupe disciplinaire géomatique, télédétection et analyse spatiale pour traiter de questions méthodologiques et des conditions d'usage par les acteurs de ces informations et technologies**
- **Orientation de politique générale OP 2.3 - Infrastructures de recherche : Le Centre de Données et de Services DINAMIS Theia renforce les activités d'analyse spatiale d'ACT (OS 14 du SSD) qui soutient avec MathNum une demande de labellisation ISC INRAE (2021), ainsi que l'activité du CATI Gedeop.**

INRAE

Place de la télédétection dans les GOS INRAE - ACT

La télédétection à INRAE, 12-13 Octobre 2022, A. Richer-de-Forges & M. Weiss

# ➤ La télédétection dans les GOS du département ACT

- **Dimension spatiale centrale pour les 1 à 3 du GOS1**

- OS 11. Caractériser les **organisations territoriales** propices à une gestion intégrée des risques, des ressources et de la biodiversité.
- OS 12. Comprendre les dynamiques de la biodiversité et activer des solutions fondées sur la nature => Ce front de recherche invite à articuler écologie, **géosciences**, agronomie, foresterie et économie, en renforçant les échanges entre départements
- OS 13. Innover pour la gestion territoriale des santés animale et végétale ; développer la notion de « territoire de santé » qui croise **l'épidémiologie analytique spatialisée** des faits de santé et des facteurs de risque, avec l'analyse des pratiques et des interactions entre activités concernées dans les territoires, en vue d'aider à concevoir des stratégies collectives territorialisées

- **Dimension spatiale explicite dans le GOS 3 - Territorialisation des systèmes alimentaires- Télédétection non mentionnée explicitement**

- OS 31a. Caractériser les agricultures et les dispositifs fonciers => modéliser **la signature spatiale des agricultures** qui contribuent à l'approvisionnement alimentaire à des échelles pertinentes pour les acteurs
- OS 31b. Développer une approche nexus eau, alimentation, climat et santé => recherches visant à concevoir des systèmes alimentaires respectueux des ressources et favorisant la santé humaine, en mobilisant les outils et méthodes de la gestion intégrée et territoriale de l'eau, **notamment la modélisation spatialement explicite**.
- OS 33. Concevoir des innovations qui réduisent les inégalités socio-spatiales d'accès à l'alimentation. Il s'agira aussi de poursuivre des projets interdisciplinaires entre socio-économie, géographie et nutrition, collaboration interdépartements

- **Dimension spatiale implicite**

- GOS2 - Comprendre et accompagner les transitions agroécologiques
- GOS4 - Transformations des activités à l'épreuve des changements globaux -
  - OS 43. Analyser les impacts du numérique : agriculture, territoires et innovations agroécologiques. La réalisation de cet objectif s'appuiera sur un groupe de chercheurs ACT sur le numérique agricole et territorial, adossé à des dispositifs comme Digitag à Montpellier ou la Chaire Agriculture Numérique de l'Esa d'Angers33

# SSD AgroEcoSys

A. Richer-de-Forges & M. Weiss



**INRAE**

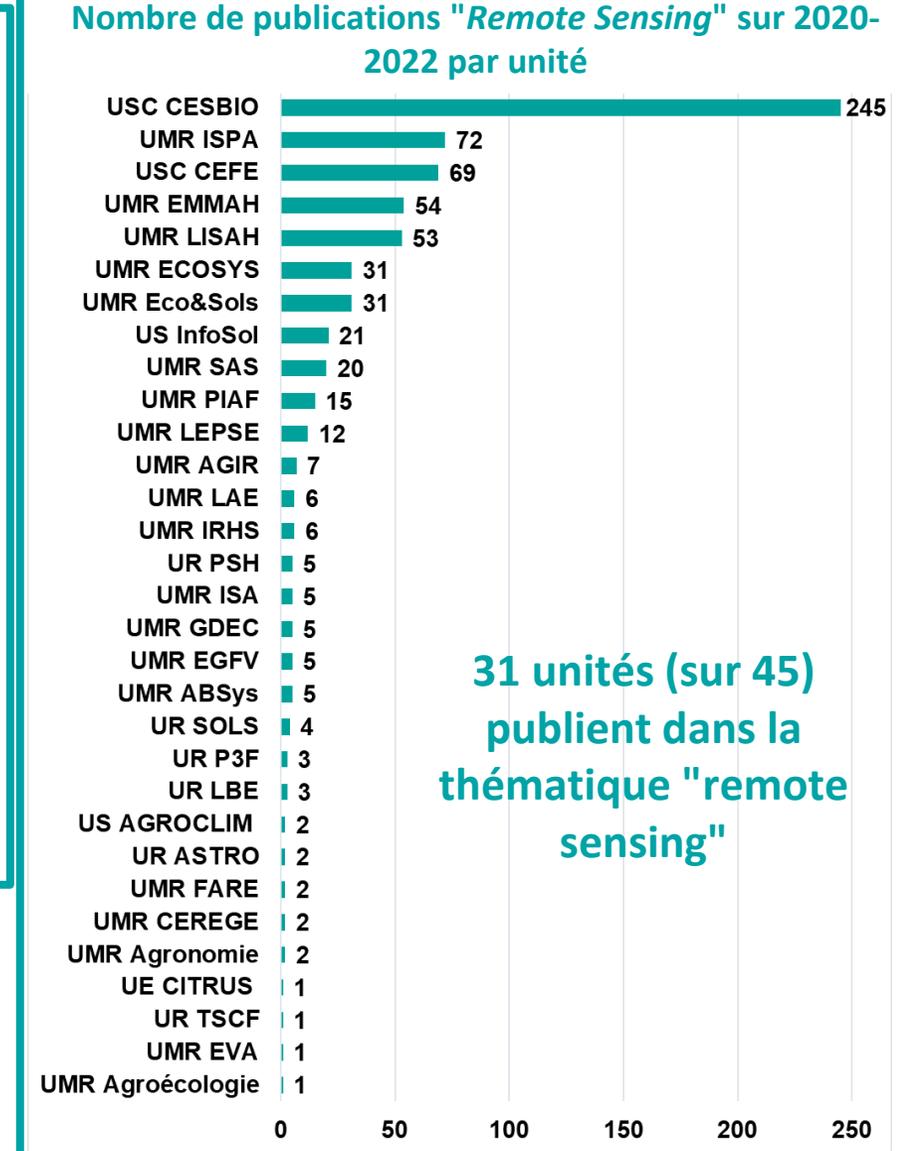
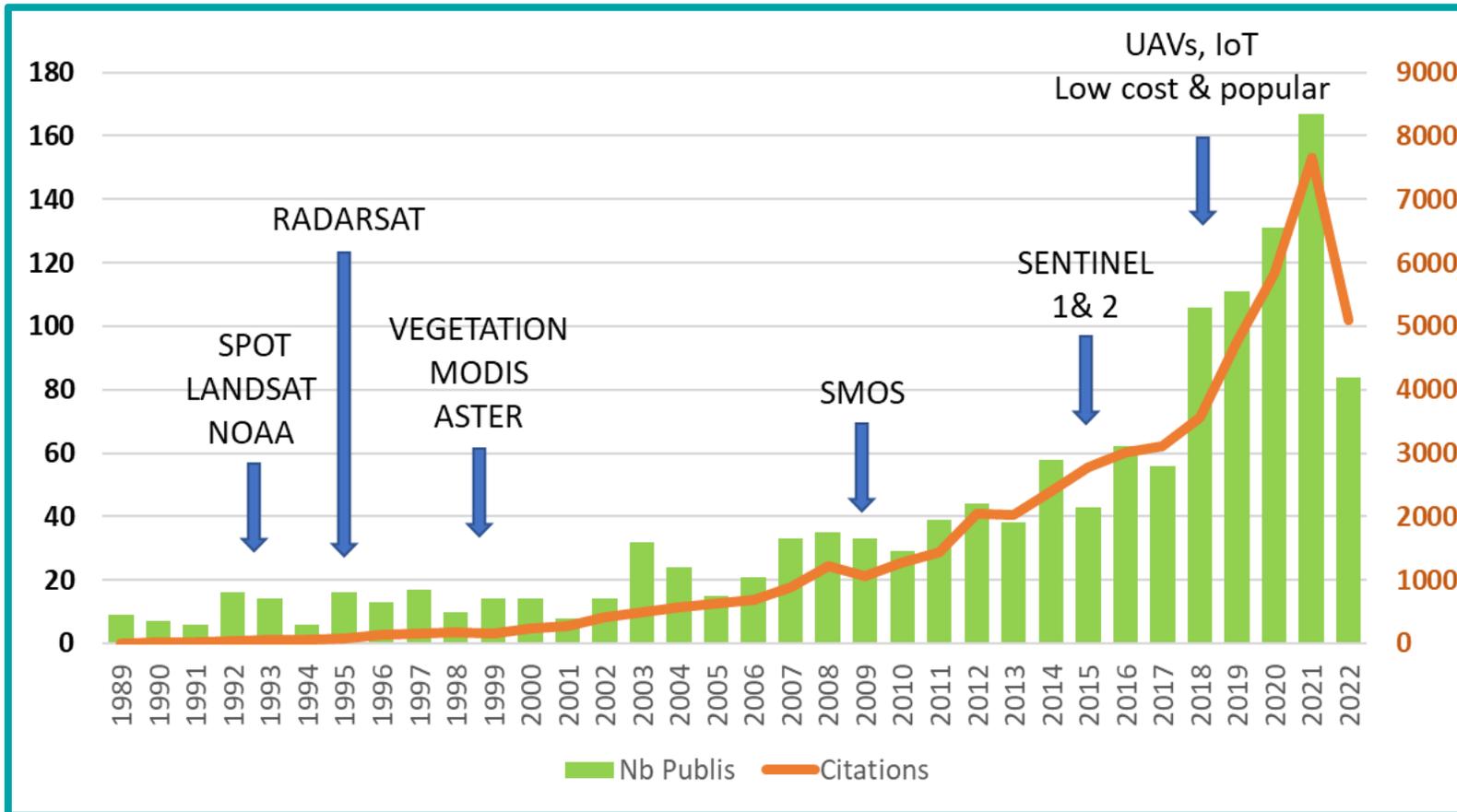
Place de la télédétection dans les GOS INRAE - ACT

La télédétection à INRAE, 12-13 Octobre 2022, A. Richer-de-Forges & M. Weiss



# \* Les publications du département AgroEcoSystèmes en Télédétection

Des experts (développement de produits, de systèmes) => des utilisateurs



Source : SCOPUS sur (abstract, title, keywords)

(remote AND sensing) OR (satellite) OR (sensor) OR (sensing) OR (sentinel) OR (smos) OR (optical) OR (multispectral) OR (uav) OR (drone) OR (modis) OR (probav) OR (aster))  
+ affiliation INRAE et nom unité AgroEcosystèmes actuel (+ EPHYSE+CSE+Bioclimatologie)



Place de la télédétection dans les GOS INRAE - AgroEcoSystèmes

La télédétection à INRAE, 12-13 Octobre 2022, A. Richer-de-Forges & M. Weiss

Source : HAL INRAE + Sites web des unités

# \* Le paysage de la télédétection/proxy change

## Des progrès technologiques :

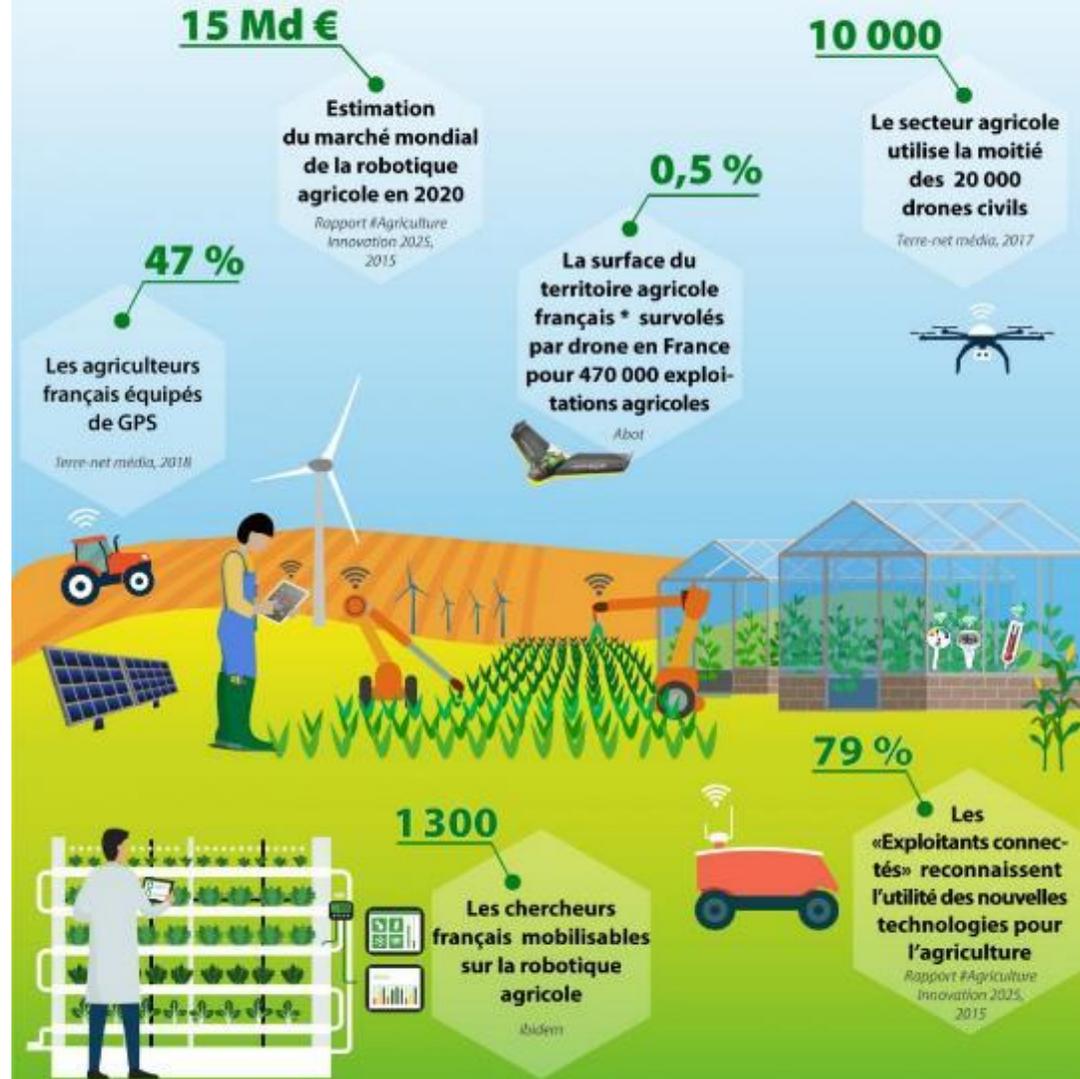
### • Satellites :

- Gratuité des données & mise à disposition de produits de « haut niveau » aux utilisateurs
- Amélioration des fréquences temporelles et de la résolution spatiale qui deviennent adaptées au suivi intra-parcellaire

### • Drones & IOT :

- Baisse des prix, disponibilités d'un grand nombre d'outils clés en mains, facilité d'installation/utilisation

## LES NOUVELLES TECHNOLOGIES POUR L'AGRICULTURE : Les chiffres clés



## Font émerger de nouvelles communautés utilisatrices :

- **Avant** : agriculture de précision, sylviculture, télédétection pure (développement & validation de produits)
- **Aujourd'hui** : phénotypage, agroécologie...



**Cartographie de traits, caractérisation de l'organisation spatiale, détection de changements (dans le temps ou dans l'espace)**



INRAE

Place de la télédétection dans les GOS INRAE -  
La télédétection à INRAE, 12-13 Octobre 2022, A

# \* La proxy/téledétection dans les GOS du département AgroEcoSystèmes

- **Implicite dans tous les GOS et dans 90% des fronts de sciences identifiés dans le SSD**

Aide à la compréhension des systèmes, à la calibration/paramétrage des modèles

- **Explicite dans chaque GOS:**

Besoin de développements méthodologiques et d'analyse de données spatiales et temporelles

- ✓ **FS1.5** : développer des méthodes de gestion et d'interprétation fonctionnelle du signal et des données pour l'évaluation haut-débit des phénotypes et le pilotage numérique des peuplements cultivés
- ✓ **FS2.4** : acquérir, mutualiser et analyser des données hétérogènes pour caractériser la biodiversité et sa dynamique au sein des agroécosystèmes
- ✓ **FS3.5** : concevoir des outils et méthodes pour suivre l'évolution des ressources suite à l'adoption des pratiques agroécologiques et au changement climatique
- ✓ **FS4.3** : comprendre, quantifier et modéliser, à différentes échelles temporelles, les effets des changements de régimes alimentaires, de demande énergétique et d'usage des terres sur les stocks de C organique et les bilans de GES
- ✓ **F5.5** : concevoir, avec les acteurs, des technologies numériques et des agroéquipements pour les systèmes agroécologiques



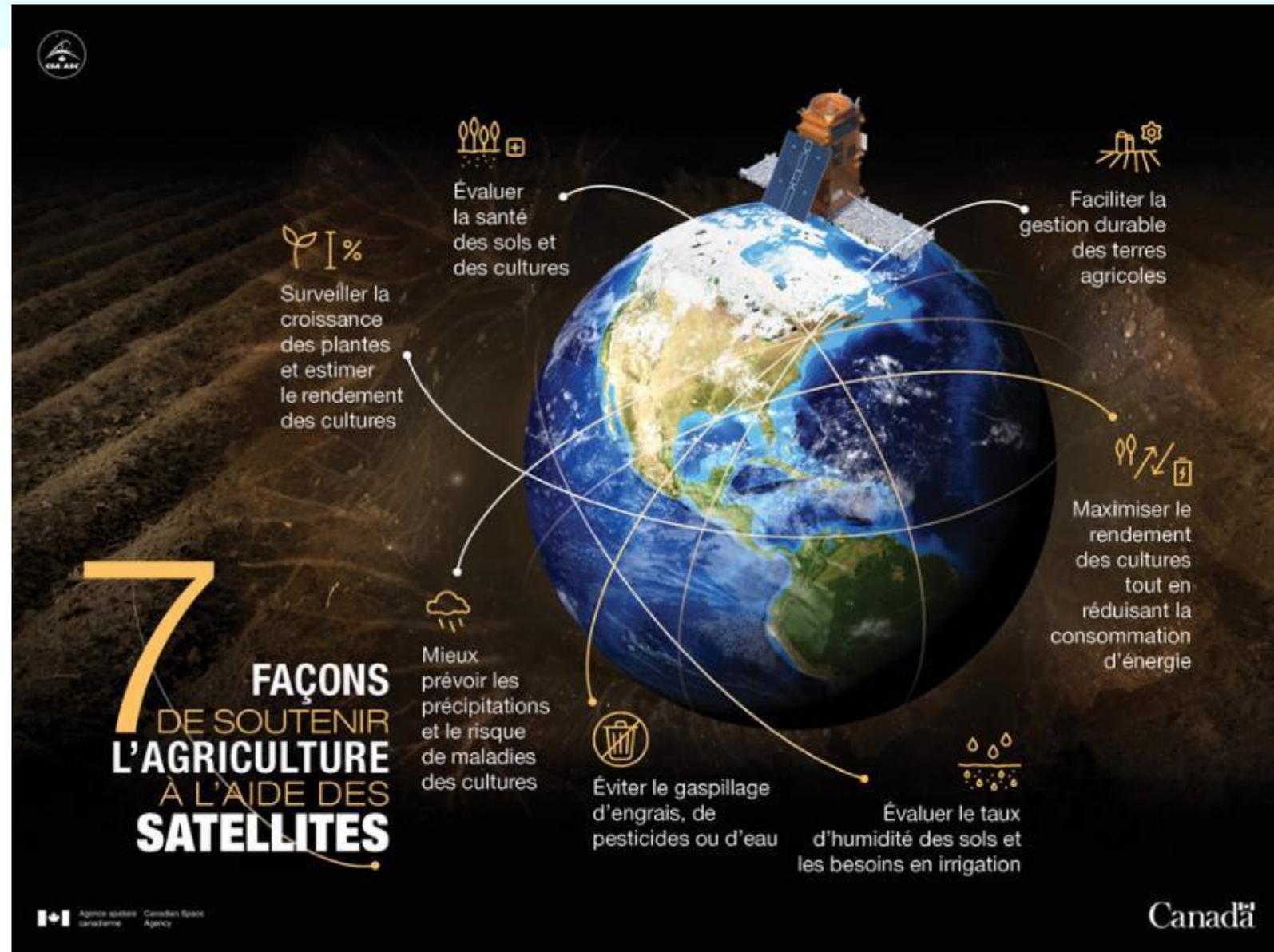
# \* Les Besoins

## • Développer des systèmes d'acquisition innovants

Adaptés pour la caractérisation des nouveaux agroécosystèmes (espèces orphelines, cultures mixtes, permaculture,...)

## • Développements méthodologiques

- Estimer de nouveaux traits
- Fusion de données (de différentes natures télédétection ou non, différentes résolutions spatiales et temporelles)
- Changement d'échelle (µparcelle, parcelle, paysage, globe)
- Cohérence des séries temporelles (changement de capteurs)
- Amélioration des pré-traitements (chaînes clés en main)



(Source : Agence spatiale canadienne)

# SSD AQUA

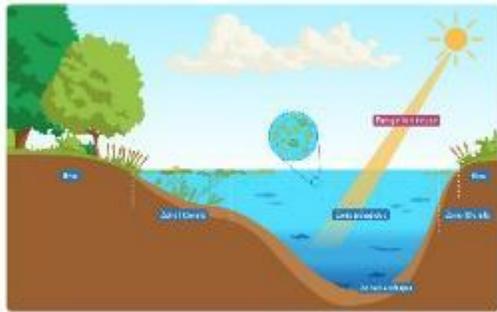
P.O. Malaterre



**INRAE**

Place de la télédétection dans les GOS INRAE - AgroEcoSystèmes  
La télédétection à INRAE, 12-13 Octobre 2022, A. Richer-de-Forges & M. Weiss

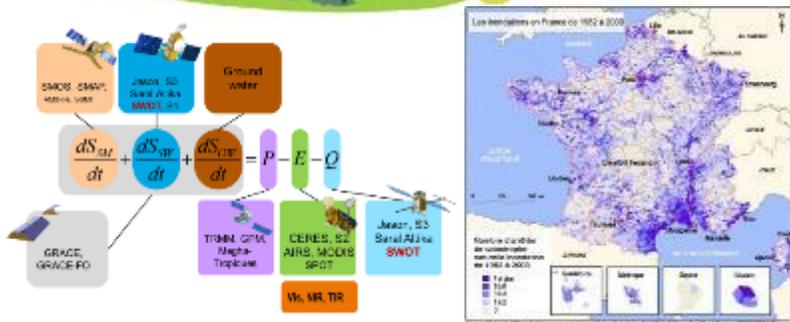
# SSD AQUA 2021-2025 : 3 GOS



- GOS 1 : Ecosystèmes aquatiques : enrayer la dégradation et la perte de biodiversité et restaurer les écosystèmes (Christine Argillier)

- GOS 2 : Ressources en eau : gestion sobre et durable comme bien commun dans les territoires (Patrick Durand, Eric Sauquet et Sami Bouarfa)

- GOS 3 : Risques naturels et environnementaux liés à l'eau : anticipation, évaluation et gestion (Nicolas Eckert, cf. Séminaire le 12/01/2023)



# Exemples de priorités pouvant faire appel à la télédétection ...

- GOS 1 (les écosystèmes aquatiques)
  - Priorité 1 – Développer des approches multi-échelle pour l'étude des réponses de la biodiversité aux forçages environnementaux
  - Priorité 3 – Caractériser les relations entre biodiversité et fonctionnement des écosystèmes
  - Priorité 4 – Élaborer de nouveaux outils de diagnostic
- GOS 2 (les ressources en eau)
  - Priorité 1 – Comprendre et modéliser les processus hydrologiques qui régissent le cycle de l'eau
  - Priorité 2 – Déterminer les lois d'échelle des écoulements d'eau de surface et souterrains
  - Priorité 3 – Évaluer l'impact des changements globaux sur la qualité physico-chimique des eaux
- GOS 3 (les risques associés)
  - Priorité 2 – Renforcer l'étude des composantes des risques liés à l'eau (« cartographie des enjeux et des aléas », « le département soutiendra l'acquisition de nouvelles données (nouveaux capteurs, imagerie haute définition, haute fréquence, IRM, télédétection »)

# Insertion dans des collaborations transversales ou externes - Divers

- Domaine Innovation Eau et Institut Carnot Eau & Environnement associant INRAE, CNRS, IRD, INSA, IFTS et trois universités (AMU, MUSE et USMB). (ex: nouvelles stratégies de surveillance des milieux aquatiques, de la biodiversité associée et des ressources en eau; nouvelles stratégies de gestion et de réduction des risques liés à l'eau)
- Métaprogrammes : BIOSEFAIR, CLIMAE, BETTER, SYALSA, X-RISQUE
- Partenariats avec Météo France, IGN, CNES, etc.
- Science Ouverte (“partage des données”, “pôle Theia”)
- Infrastructures de recherche (“Dans le cadre de son plan d'action Infrastructures, le département accordera l'attention nécessaire à la gestion des données recueillies et stockées dans des bases de données qu'il convient d'inscrire et rendre interopérables, selon la stratégie nationale portée par l'institut, au sein du pôle de données Theia de l'infrastructure Data Terra”)

# Meta programme Biosefair

- Meta programme Biosefair :  
<https://intranet.inrae.fr/metaprogrammes/Les-differents-MP/BIOSEFAIR>
- “Les recherches de Biosefair porteront sur les socio-écosystèmes constitués autour des milieux agricoles, systèmes d'élevage, milieux forestiers et aquatiques continentaux, étudiés indépendamment ou conjointement (à l'échelle des territoires ruraux). »
- Avec cartographie, etc (cf Sylvie Durrieu dans le copil Biosefair)

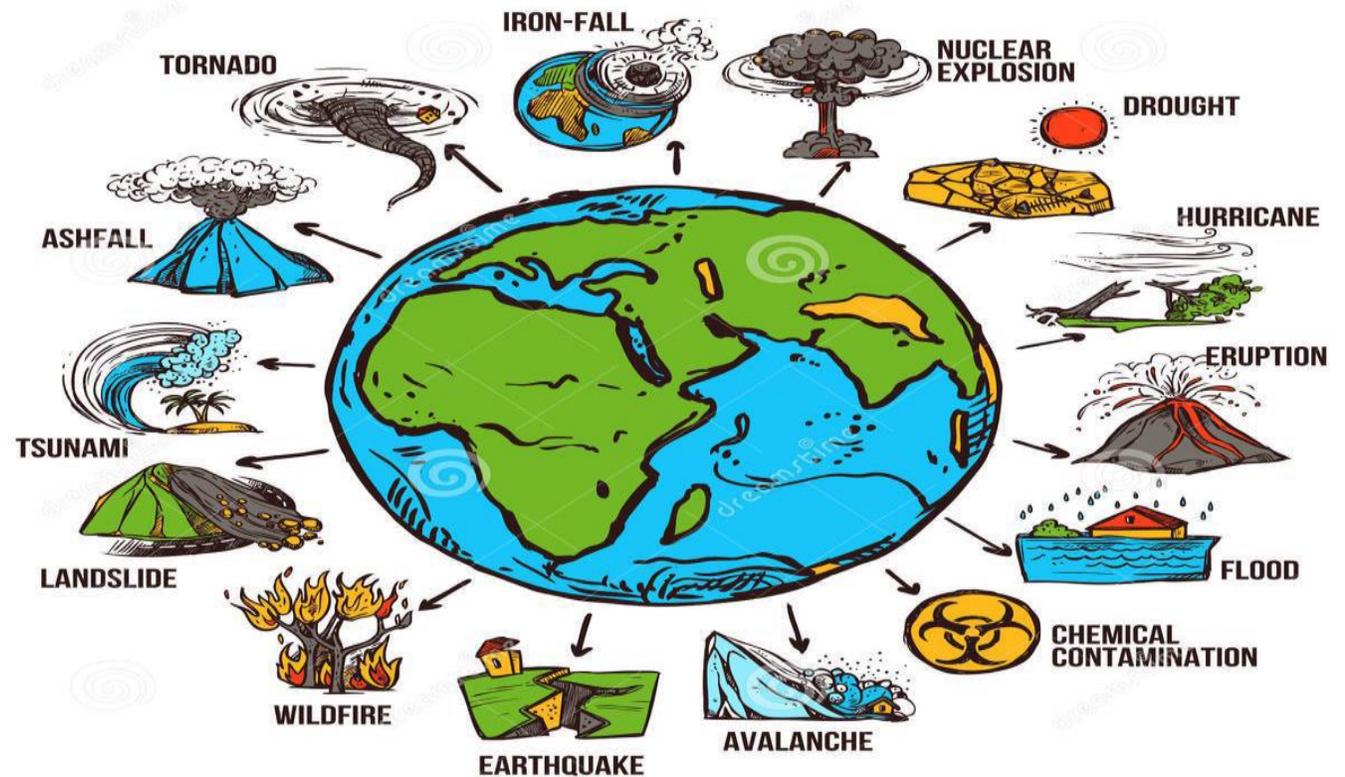
# Méta programme X-RISQUES

- X-RISQUES : Représentation, analyse et gestion des Risques et incertitudes multiples pour les systèmes alimentaires, les agroécosystèmes et les populations
- Questions phares:
  - Intégration et interprétation de données et de connaissances sur les risques multiples
  - Modélisation spatiale et temporelle des risques multiples
  - Stratégies et politique de prévention et de gestion des risques multiples

# PEPR IRIMA

3 pilotes CNRS (S Boudia)  
Université Grenoble Alpes (D  
Georges), BRGM (G Grandjean)

9 partenaires principaux, dont  
INRAE



# PEPR One Water



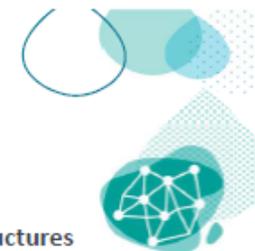
- *Défi n°1 : Anticiper les impacts du changement global sur les ressources et les milieux naturels* (Florence Habets (CNRS) / Simon Munier (Météo France) / Benjamin Sultan (IRD))
- *Défi n°2 : Considérer l’empreinte EAU des activités Humaines* (Jean-Raynald de Dreuzy (Rennes 1) / Tristan Renault (IFREMER)? / Thierry Pellarin (Univ. Grenoble-Alpes)?)
- *Défi n°3 : Développer l’Eau comme Sentinelle de la Santé de l’Environnement et des sociétés humaines* (Gilles Pinay (CNRS) / Hélène Budzinski (Univ. Bordeaux) / Claire Albasi (Univ. Toulouse)?)
- *Défi n°4 : Accroître l’adaptabilité et la résilience des socio-écosystèmes aux défis Eaux (quantité et qualité)* (Isabelle Domaizon (INRAe) / Christophe Douady (Lyon 1))
- *Défi n°5 (transverse): Accompagner la transition vers une nouvelle gouvernance des ressources et une société plus sobre, vertueuse et résiliente* (Catherine Baron (Univ. Toulouse) / Gwénaél Imfeld (Univ. Strasbourg))
- *Défi n°6 (transverse): Alimenter la prise de décision en partageant les données Eaux produites par tous* (Sylvain Grellet (BRGM) / Laurent Longuevergne (Univ. Rennes) / Eric Servat (Univ. Montpellier)?)

# Carnot Eau et Environnement



## Carnot Eau & Environnement

### 4 domaines d'activités stratégiques



#### Surveillance de la qualité de l'eau et des milieux aquatiques

##### Nouvelles méthodes et stratégies opérationnelles

- Suivi amont aval des stations de traitements
- Identification de pollutions diffuses, accidentelles
- Transferts et évolutions qualitative des pollutions
- Caractérisation de la biodiversité
- Impacts des pollutions sur les milieux

#### Optimisation des ouvrages et infrastructures

##### Dimensionnement, sécurisation, fiabilisation, durabilité

- Réseau d'assainissement, d'eau potable, eaux pluviales, stations d'épurations
- Infrastructures « vertes » ZHA, FP
- Ouvrages de protection ....
- Ouvrages renaturation

#### Constitution de nouvelles ressources



##### Techniques, sécurité et impacts

- Réutilisation des eaux usées, des eaux pluviales
- Recharge des Nappes
- Stockage en réservoirs
- Evaluation quantitative
- Evolution de la ressource

#### Gestion des Risques naturels

##### Prévision, Zonage, Alerte



- Crues, inondations
- Sécheresse
- Avalanches
- Chutes de blocs

1 mission: développer les partenariats socio économiques

# SSD ECODIV

M. Fauvel, J-P Wigneron



**INRAE**

Place de la télédétection dans les GOS INRAE - AgroEcoSystèmes  
La télédétection à INRAE, 12-13 Octobre 2022, A. Richer-de-Forges & M. Weiss

# Place de la télédétection dans les grands objectifs stratégiques d'INRAe

## Département Ecodiv

M. Fauvel et J.-P. Wigneron

6 septembre 2022

## ECODIV - Les missions

1. Approfondir les connaissances sur la structure, le fonctionnement et la dynamique des écosystèmes forestiers, prairiaux et aquatiques et de leurs interfaces.
2. Co-construire, et évaluer avec les acteurs, des stratégies de gestion permettant de répondre aux enjeux de résilience, d'adaptation aux changements globaux, de biodiversité et de bioéconomie.
3. Appuyer la réflexion des acteurs des politiques publiques en travaillant à l'amélioration des outils d'évaluation antérieur et postérieur de leur impact sur les écosystèmes.
4. Contribuer à la diffusion des connaissances et des démarches de recherche, pour accroître l'acculturation scientifique de nos concitoyens et leur donner les outils pour appréhender la complexité des enjeux.

## La télédétection dans les GOS du département d'Ecodiv - Synthèse

- ▶ La TLD et ses sous-produits (cf Theia) sont des ensembles de données spatialisées permettant **d'évaluer les dynamiques temporelles des écosystèmes** :
  - ▶ soit comme entrée des modèles « ECODIV » (calibration, multi-critères),
  - ▶ soit comme moyen d'évaluer des stratégies mise en oeuvre sur des zones particulières.
- ▶ C'est une donnée qui est utilisée conjointement avec d'autres données/modèles pour répondre aux missions d'ECODIV.
- ▶ Les questions méthodologiques du traitement et de la production de la donnée en tant qu'objet d'étude sont laissées à d'autres département (e.g. MATHNUM).

## Grand Objectif Scientifique 2021-2025

Organisation de la biodiversité, déterminismes en environnement changeant et liens avec le fonctionnement des écosystèmes

- ▶ AS2.3 Identifier l'organisation de la biodiversité en environnement changeant [ACT]
- ▶ AS2.4 Etudier l'effet de multiples facteurs de changements globaux sur la biodiversité [AQUA]

Évaluation et gestion de risques multiples abiotiques et biotiques dans un contexte d'incertitude

- ▶ AS3.2 Développer une modélisation des vulnérabilités à différentes échelles spatio-temporelles
- ▶ AS3.3 Approfondir les recherches sur la dimension « récupération » de la résilience des systèmes

Analyse des dynamiques et trajectoires d'écosystèmes sous changements globaux

- ▶ AS4.2 Augmenter les connaissances sur les états passés des systèmes aux temps court et long,
- ▶ AS4.3 Contribuer à développer une nouvelle génération de modèles prédictifs en écologie combinant une description des états et des processus

Conception et évaluation de démarches de gestion apprenante

- ▶ AS5.3 Co-concevoir, expérimenter et évaluer des itinéraires de gestion adaptative des systèmes socio-écologiques en contexte incertain

## Axes de recherche - Besoins identifiés

- ▶ Enjeux :
  - ▶ Etudier les questions actuelles du département
  - ▶ Aborder ces questions sous un nouveau jour
- ▶ Données multi-sources et multi-modalité (TLD & non-TLD)
- ▶ Large échelle et diffusion produit
- ▶ Renforcement des interactions utilisateurs & producteurs (Identification des chercheurs référents d'Ecodiv)

# SSD MathNum

JB Feret, D Ienco



**INRAE**

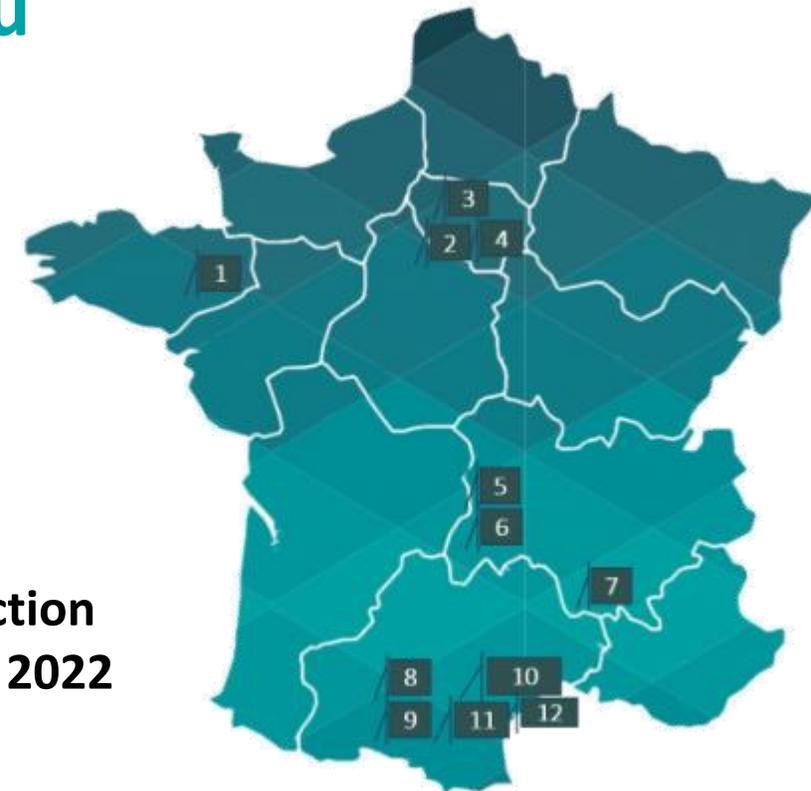
Place de la télédétection dans les GOS INRAE - AgroEcoSystèmes  
La télédétection à INRAE, 12-13 Octobre 2022, A. Richer-de-Forges & M. Weiss

# ➤ La place de la télédétection dans les Grands Objectifs Scientifiques du département MathNum

J.-B. Féret & D. Ienco



Séminaire INRAE & télédétection  
Montpellier, 12 et 13 octobre 2022



## ➤ SSD MathNum: Grands Objectifs Scientifiques

- **GOS 1 : acquisition, gestion et intégration de données et de connaissances** pour des objectifs de compréhension des systèmes et de prédiction
  - Diversification des sources d'info, grands volumes de données
  - Innovation dans les méthodes d'apprentissage et d'extraction de connaissance
  - Interopérabilité des données et méthodes en suivant leur évolution
- **GOS 2: enjeux méthodologiques associés à la modélisation et à l'analyse de systèmes dynamiques complexes et de leurs trajectoires**
  - Modélisation des trajectoires, évaluation du risque, contrôle ou évaluation de la résilience
  - Intégration de mécanismes physiques, biologiques, humains à différentes échelles spatiales et temporelles
  - Incertitudes
- **GOS 3: fonctions du numérique pour la conception, la décision et l'action**
  - intégration de modèles ou de méthodes d'analyse dans des processus conduisant à la conception de dispositifs automatiques de surveillance et détection précoce
  - Interface avec l'homme, systèmes coopératifs



## ➤ SSD MathNum: Grands Objectifs Scientifiques

- **GOS 1 : acquisition, gestion et intégration de données et de connaissances** pour des objectifs de compréhension des systèmes et de prédiction
  - Diversification des sources d'info, grands volumes de données
  - Innovation dans les méthodes d'apprentissage et d'extraction de connaissance
  - Interopérabilité des données et méthodes en suivant leur évolution
- **GOS 2: enjeux méthodologiques associés à la modélisation et à l'analyse de systèmes dynamiques complexes et de leurs trajectoires**
  - Modélisation des trajectoires, évaluation du risque, contrôle ou évaluation de la résilience
  - Intégration de mécanismes physiques, biologiques, humains à différentes échelles spatiales et temporelles
  - Incertitudes
- **GOS 3: fonctions du numérique pour la conception, la décision et l'action**
  - intégration de modèles ou de méthodes d'analyse dans des processus conduisant à la conception de dispositifs automatiques de surveillance et détection précoce
  - Interface avec l'homme, systèmes coopératifs

