



TERRA FORMA – 2021-2029 EQUIPEX + (PIA3)

Une plateforme d'observation dédiée aux enjeux de recherche située sur les territoires



Des réseaux de capteurs innovants pour comprendre l'habitabilité de notre planète

Contexte

- Aborder les défis de l'anthropocène en **soutenant les observatoires** dans leur volonté de répondre à des questions de recherche systémique
- Proposer des **outils génériques nationaux** pour harmoniser les approches
- **Mettre en oeuvre des services** pour répondre à la fois à des questions scientifiques fondamentales et contribuer aux connaissances situées



Des réseaux de capteurs innovants pour comprendre l'habitabilité de notre planète

Approche technique

Une plateforme d'observation « multi-messenger » pour les territoires

- 1) Augmenter les fonctionnalités des capteurs environnementaux tout en restant sur des couts bas;
- 2) Orchestrer des réseaux de capteurs hétérogènes adaptables et évolutifs
- 3) Accompagner l'instrumentation d'une infrastructure sociale pour l'appropriation large des capteurs et données (open science & FAIRisation)

Défis techniques

Capteurs in-situ et mobile

Basse consommation

Intelligence embarquée -> information pertinente

Miniaturisation

Bas cout, faible impact, low tech

Socialement appropriés

Définir la portée des nouvelles technologies pour les enjeux des observatoires, alimenter les démarches low-tech

Ré-appropriation des enjeux d'instrumentation en SIC

Création d'une nouvelle chaîne de valeur, du capteurs aux données

- Une architecture cohérente pour les observations à distance
- Convergence des informations, opérations in-situ facilitées
- Agilité dans les approches, continuité des observations et réactivité

Définition des services TERRA FORMA à la recherche

- Ressourcerie eRECA
- Procédure de duplication en open source / petites séries
- Service de gestion de réseaux de capteurs + données
- Parc instrumental (expérimentation)
- Centre de ressource et d'expertise pour les approches SAPS

Enjeu de définition des sites (expérimentaux = démonstrateurs) TERRA FORMA

Support pour développer les approches systémiques

Instrumentation



Thématiques IR



Solubiod



OneWater
Eau Bien Commun

VDBI

Transform

Thématiques PEPR/PIA



Un consortium interdisciplinaire qui évolue vite



2022

Une équipe en devenir...
- Le grand bain



2023

Une équipe qui se cherche
encore... - La devise Shadock



2024

Une équipe dans les starting
blocks – Rasta Rocket

Plateforme d'observation de l'anthropocène

Une solution nationale pour augmenter les observatoires :

Portée des solutions technologiques ?

Harmonisation des pratiques ?

Développement d'une nouvelle communauté ?

Cohérence avec l'existant ?

Outil stratégique de la recherche

Cas particulier documenté d'où émerge la généralité

Sentinelle des transformations socio-environnementales

Antichambre d'expérimentations novatrices

Lieu de construction de connaissances situées

Serveurs nationaux

Portail de données

Outils SAPS

Mise en forme des données

Recherche

Développement des approches systémiques

Observatoire *in situ*

Formation, expérimentation

Territoire

Maintenance des opérations

eRECA

Parc instrumental hétérogène

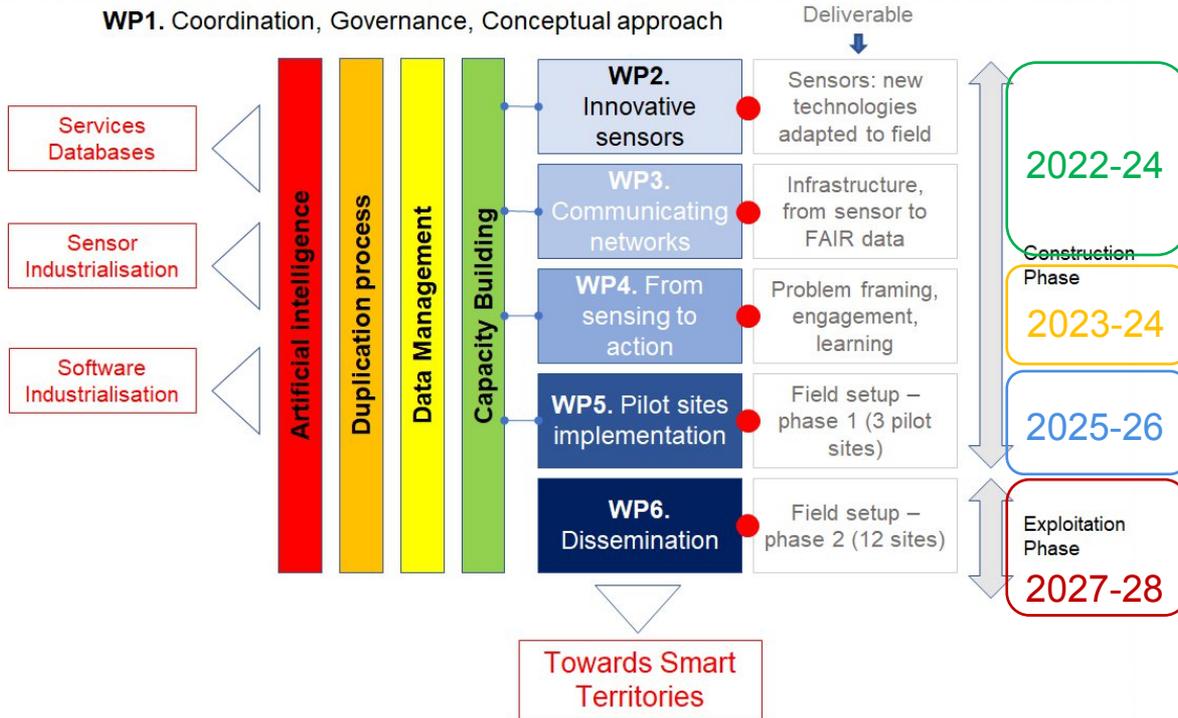
Capteurs

Duplication

Structuration du projet



Durée du projet
05/2021 → 04/2029

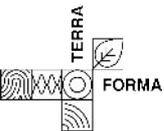
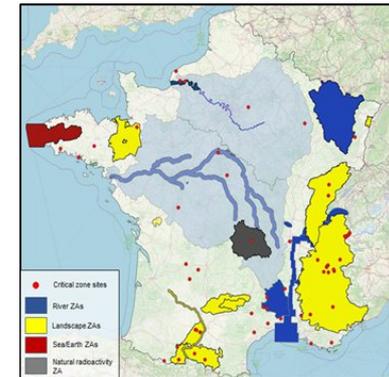


Deux phases

6 WP / 4 AT

20aine de produits de recherches (WP2)

=> 13 observatoires



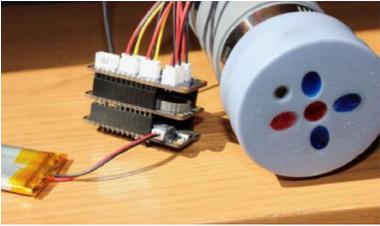
TERRA FORMA, WP2 – capteurs innovants

Adaptation des démarches qualité « gros projets »
Accompagnement d'un qualifié dans les développements

| Core development | | Livrables et nouvelles opportunités |
|------------------|--|--|
| WP2.1 | Caméra hyperspectrale TRL 4 -> 6 15 k€ | haute résolution spectrale + IA , Etat des systèmes intégratifs (végétation, rivières), De la diversité fonctionnelle au fonctionnement des écosystèmes |
| WP2.2 | Sonde multiparamètres TRL 4 -> 7 1 k€ | Flux de matière: débit, Chl-a turbidité, O2, pH, CO2, Nitrate, matière organique dissoute. Bassins de tête et variabilité |
| WP2.3 | Métabolisme des rivières TRL 6 -> 8 2 k€ | Isotopes du carbone in situ , gaz dissous inertes et réactifs, origine du carbone inorganique dissous |
| WP2.4 | Bioaccumulation des contaminants TRL 5 -> 8 9 k€ | Intégrateurs rapides et contrôlés large spectre pour métaux trace, pesticides, résidus, contaminants émergents ... + radon |
| WP2.5 | Cartographie gaz à effet de serre TRL 6 -> 8 20 k€ | Cartographie haute résolution des flux de CO2, CH4, H2O embarqué sous drone. |
| WP2.6 | Biologging TRL 4 -> 7 1 k€ | Colliers GPS/accéléromètre, capteurs miniatures, de la position au comportement |
| WP2.7 | Capteurs biogéochimiques TRL 6 -> 8 20 k€ | Biosampler, lab on a chip, suivi de l'activité microbologique , spatialisation par hydrogéophysique. |
| WP2.8 | Pièges audio-video TRL 6 -> 8 2 k€ | AI embarquée + ultra low power Identification automatique |
| WP5.x | Capteurs en réseau | Humidité des sols + e-cagging |



WP2 - Des innovations au cœur de l'interdisciplinarité



Point de départ : fluorimètre pour la mesure de chlorophylle-a

Impression 3D, système de communication LoRa, résolution Chl.-a : 0,1 µg/L.

Open source / Coût : 50 €



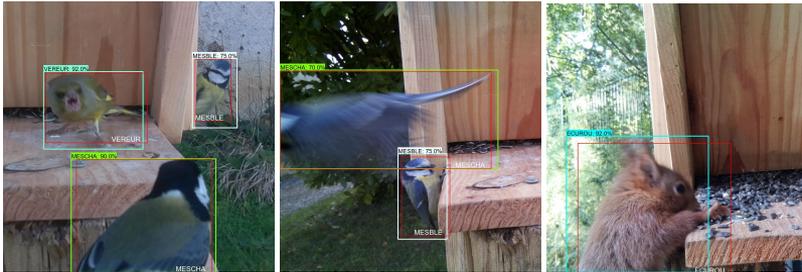
Développement sonde multiparamètre TERRA FORMA

Débit, température, conductivité, PAR, turbidité, Chl-a, O₂, pH, CO₂,

Open source / Coût : 300€



© Vincent Raimbault, LAAS, Toulouse



© Maxime Cauchoix, LEFE-SETE-IRIT, Toulouse

Pièges audio-vidéo

- Apporter l'intelligence au plus proche du capteur
- Automatiser les opérations répétitives
- Diminuer les latences sur l'analyse des données

Précision : **87,5 %**

WP2 – Des innovations au cœur de l'interdisciplinarité

Expérimentation de Frasne : Juin 2023 / 15 laboratoires

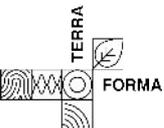
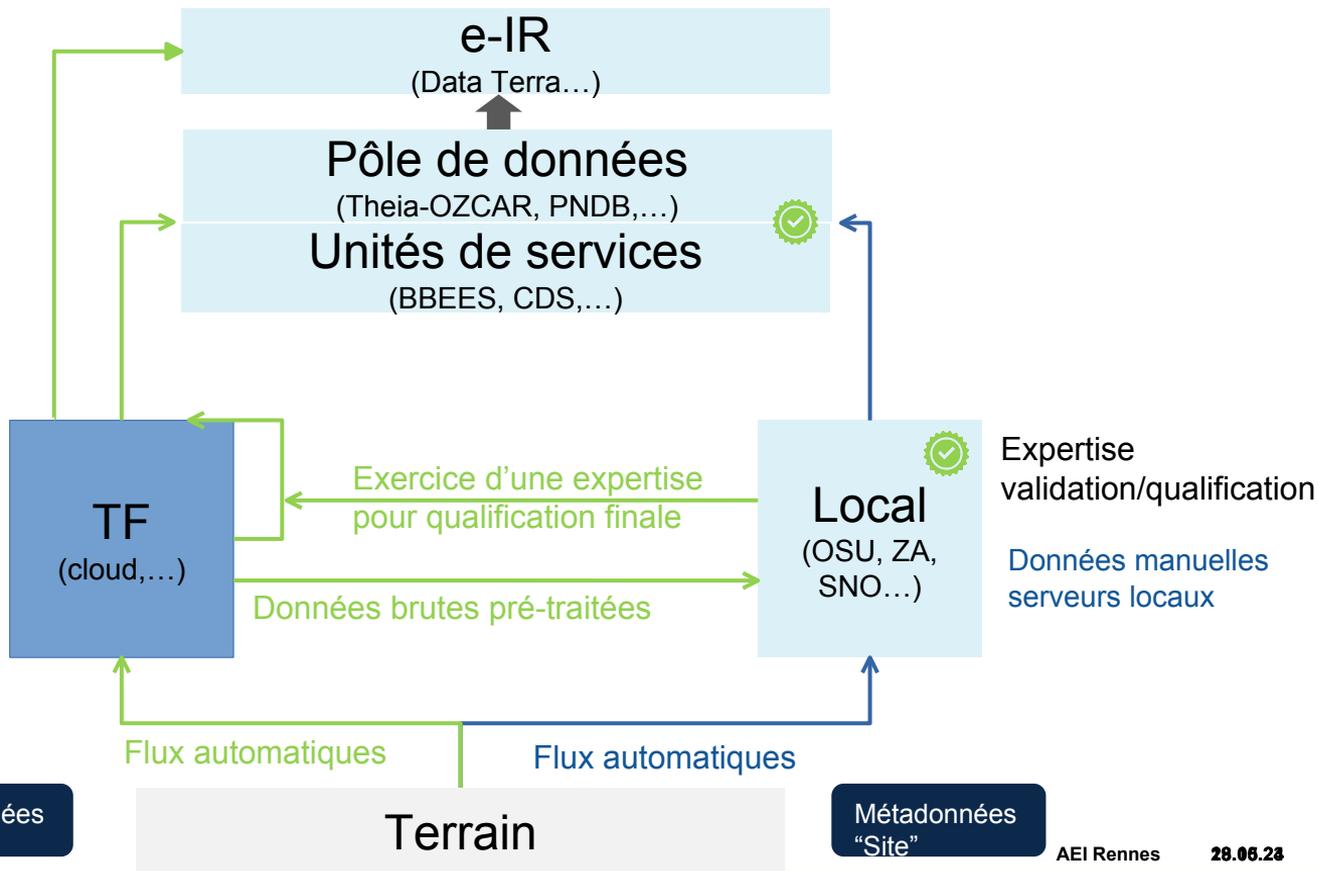
- Test des capteurs TF pour l'étude des flux et des concentrations de CO₂/CH₄ (eaux souterraines, interface sol-atmosphère)
 - Cartographie haute résolution des GES (WP2.5)
 - Gaz dissous dans l'eau (WP2.3)
 - Sonde MOD (WP2.2b)
- Apport aux questions scientifiques associées à la variabilité spatiale des flux de CO₂ / CH₄ :
 - Bilan et flux, production, transfert, flux vers l'atmosphère
 - Voies métaboliques en jeu dans la méthanogènesetrophie



Partenariat :
IRs OZCAR - RZA
PEPR FairCarbon

Voies à construire

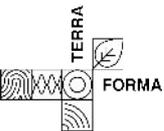
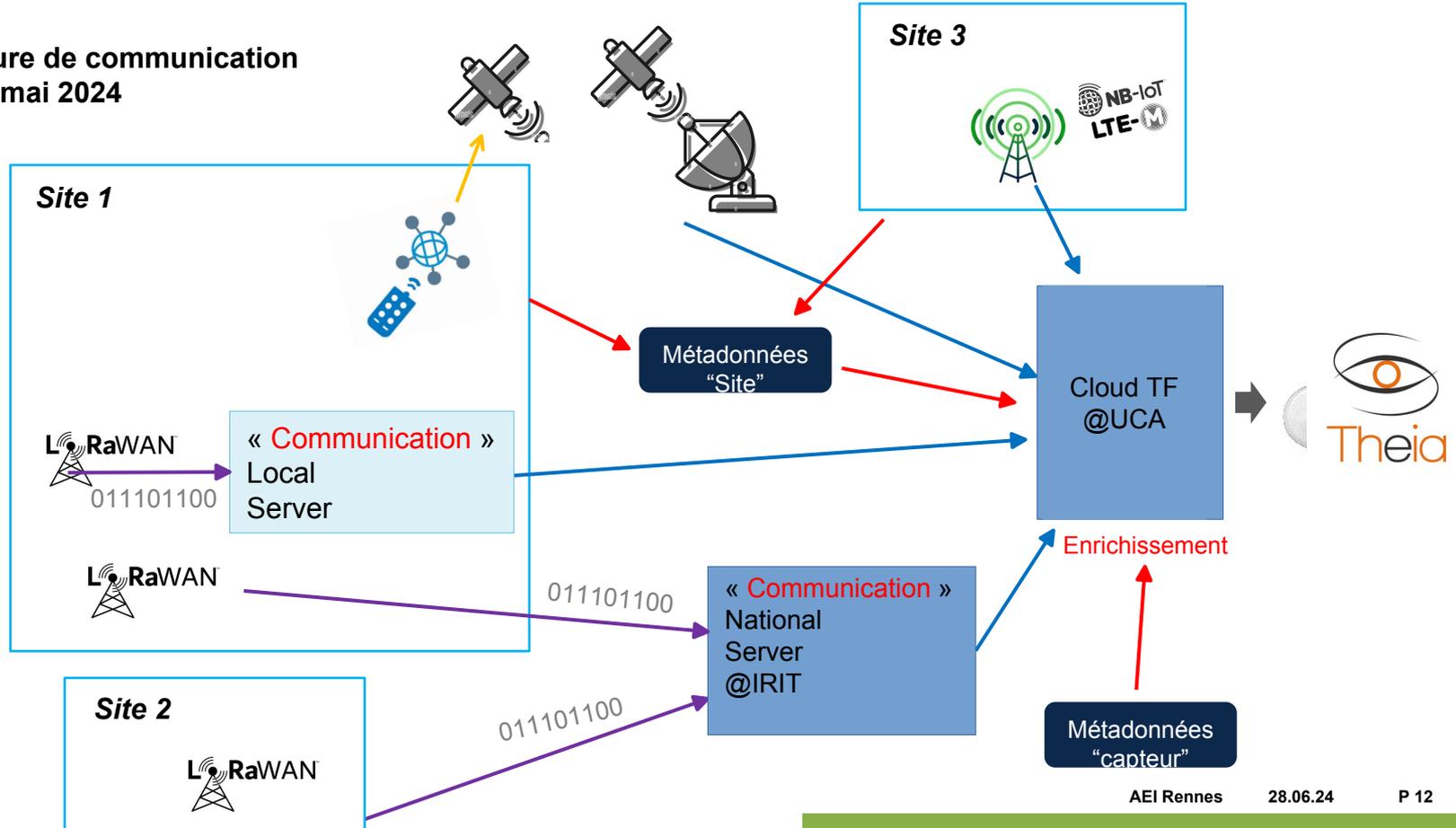
Harmonisation des formats
Homogénéisation des pratiques
...



WP3 - Du capteur aux serveurs de données

Architecture de communication testée fin mai 2024

- Données brutes
- Données « décodées »



WP5-6 – 13 observatoires de l'anthropocène



Deux étapes :

- ✓ Co-déploiement sur **3 sites pilotes**
- ✓ Implémentation sur **10 sites supplémentaires (AMI)**

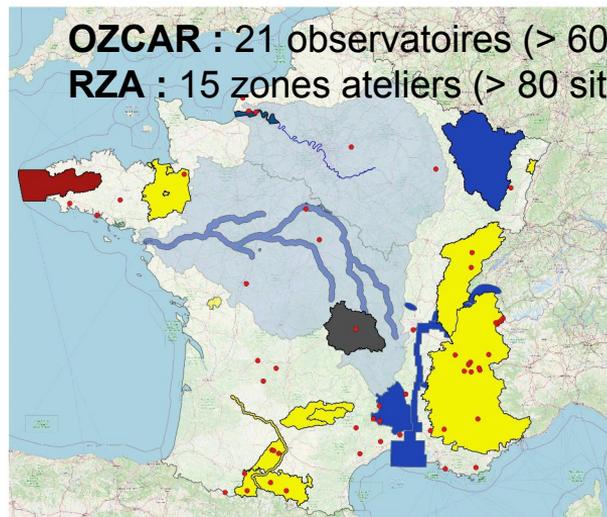
Lautaret-Oisans



Auradé



Guidel-Ploemeur



OZCAR : 21 observatoires (> 60 sites instrumentés)

RZA : 15 zones ateliers (> 80 sites instrumentés)

Interactions PC2 OneWater - TERRA FORMA

- Atelier 3.1 : Quelles sont les mesures indispensables ? – (Salle 314)
 - Sonde humidité
 - Tiges géophysique (résistivité + IP)
 - Capteur hyperspectral
- Atelier 3.2 : Quelles sont les sondes à utiliser ? – (Salle 407)
 - Développement de capteur - Base de connaissance (eRECA) et démarche qualité
- Atelier 3.3 : Quels nombres de répliques, fréquences des analyses et profondeurs des mesures ?
 - Représentativité avec le milieu environnant (réseaux capteurs distribués)
 - Parc instrumental (cartographies GES)
- Atelier 4.1 : Pourquoi partager les données lysimétriques et comment gérer l'hétérogénéité des méthodes de mesures ?
 - Flux de données annexes / spatialisées
 - Structuration en amont des données chaudes, BD capteur nationale et étapes d'enrichissement

Laboratoires impliqués : CARRTEL, CEBC, CEFE, Centre de Géosciences, CERFE, CESBIO, Chrono-environnement, CRAL, CReSTIC, DT-INSU, Dynafor, ECOBIO, ECOLAB, EVS, GET, GR, GSMA, HABITER UR, IGE, IM2NP, IPAG, IPGP, IRISA, IRIT, ISM, ISTO, LAAS, LCA, LECA, LEMAR, LHYGES, LIG, LIRMM, LMGE, LPC, LRGP, LIS, RiverLy, SAS, Subatech.

Tutelles et partenaires non académiques : **CNRS** : INSU, INEE, INSIS, IN2P3, INP, INS2I, INSHS, INSB. **Autres organismes de recherche** : IRD, INRAE, IPGP. **Ecole d'ingénieur** : Mines ParisTech. **Universités** : Grenoble, Savoie-Mont-Blanc, Toulouse, Rennes, Clermont-Auvergne, Montpellier, Reims, Toulon, Franche Comté, Orléans, Strasbourg, Aix Marseille. **EPIC** : INERIS. **PME** : Extralab

Soutiens: CNES, OFB, BRGM, Agence de l'eau Loire Bretagne, Réseau RECOTOX, l'observatoire du sol vivant, Institut Carnot Eau&Environnement, Groupes Régionaux des experts du climat, Régions, Office régionales de la biodiversité, Fondation François Sommer

Remerciement aux autrices du livre TERRA FORMA qui nous ont laissé l'emprunt de leur titre.

Contact(s): terra-forma@services.cnrs.fr

<https://terra-forma.cnrs.fr/>

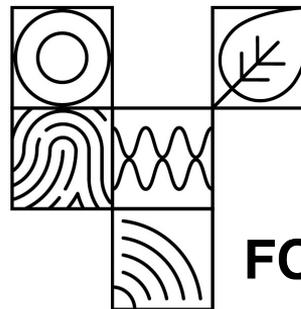
<https://www.canal-u.tv/chaines/terra-forma>

anr[®]
agence nationale
de la recherche



ANR-21-ESRE-0014

TERRA



FORMA

