

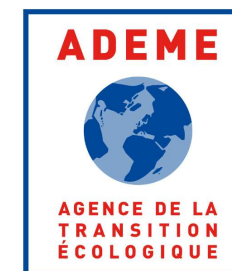
Séminaire Recherche
« Evaluer et améliorer la santé des sols agricoles »
19 & 20 novembre 2025



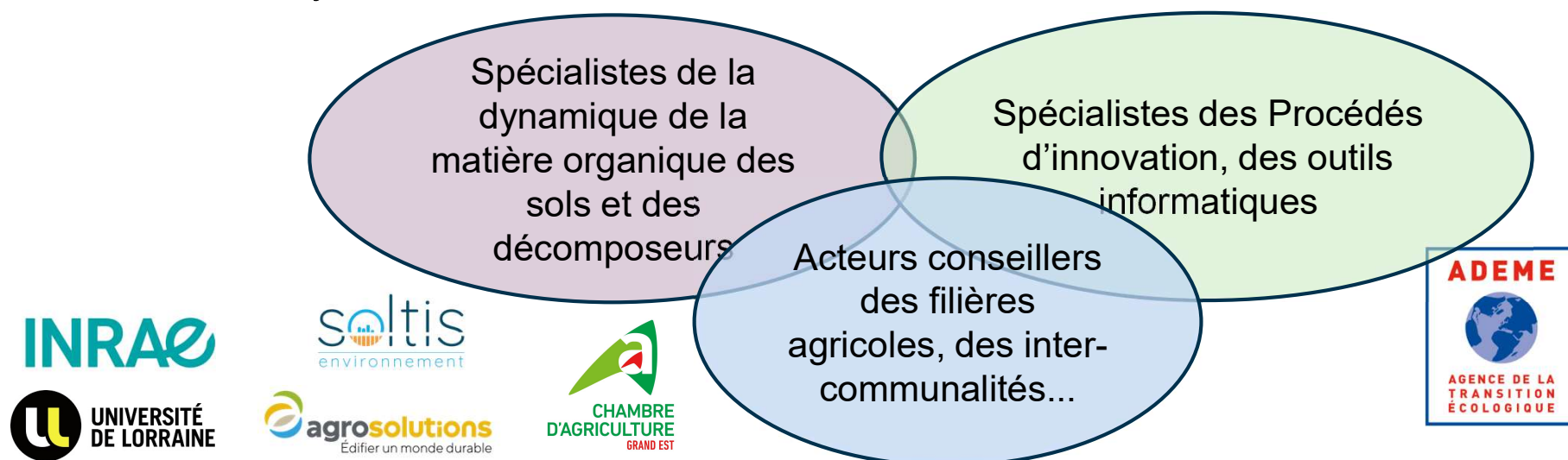
RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Projet BIOSOL-EVAL



Delphine Derrien, Kevin Hoeffner, Apolline Auclerc, Florence, Baptist, Loick Berthiaud, Vincent Boly, Marie-Caroline Brichler, Margaux Clesse, Naïma Dambrine, Marie-France Dignac, Benjamin Ennesser-Serville, Véronique Falk, Anne Jaffrézic, Sophie Maillant, Brunelle Marche, Thierry Morvan, Clément Munier, Stéphanie Ouvrard, Guénola Pérès, Séverine Piutti, Mickaël Pourcelot, Rodnay Sormani, Maëll Texier, Inass Zayani, Bernd Zeller



avec le soutien financier de l'ADEME

CONTEXTE, celui de l'APP ADEME Graine 2023

Directive Européenne sur la surveillance et la **résilience des sols** + prise de conscience collective du **besoin de durabilité des sols** qui fait désormais partie des **préoccupations dans les entreprises**



Outils pour évaluer la santé des sols, et en particulier pour **caractériser leur activité biologique**

Enjeu de concilier **amélioration de la santé des sols** avec **intensification du prélèvement de biomasse** et le **recyclage des biodéchets**

Challenges :

- manque de connaissances scientifiques sur le contrôle de l'activité biologique par les propriétés des sols, leurs usages et les pratiques agricoles de gestion de la biomasse,
- limitations des solutions de diagnostic de l'activité biologique des sols actuellement proposées sur le marché (coût, technicité / manque de robustesse, manque de référentiel....)

AMBITION PRINCIPALE

➔ Développer une solution de diagnostic de la qualité biologique des sols, nommée AVATAR-SOL, pour guider la prise de décision des porteurs d'enjeu et des acteurs des filières de production et/ou de recyclage de la biomasse, en favorisant l'activité biologique de leurs sols

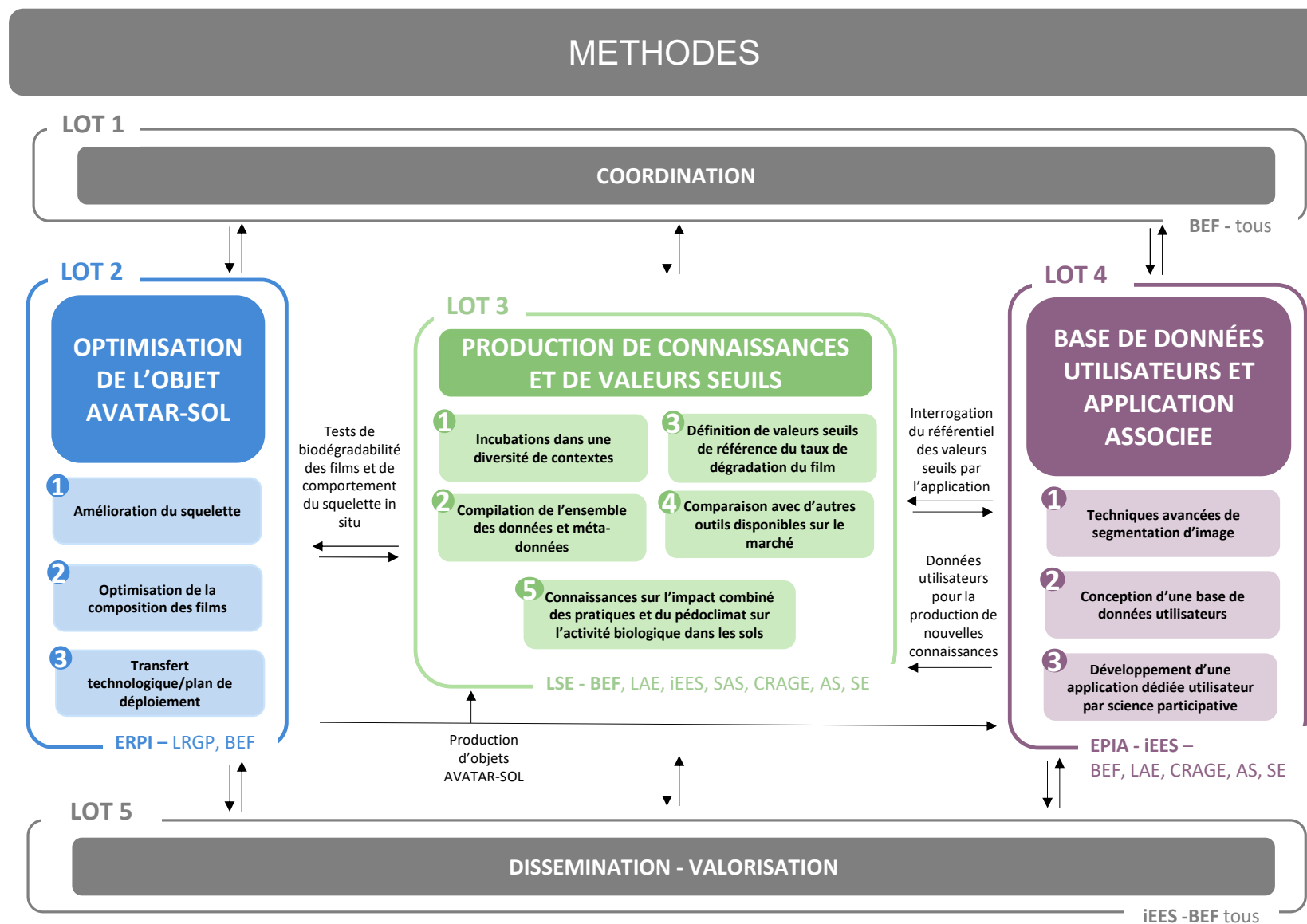


Elle se distinguera des solutions actuelles par

- son **faible coût**,
- son adossement à un **référentiel d'interprétation**
- une **solution digitale d'analyse in-situ facile d'utilisation**



AVATAR-SOL est basée sur un **film cellulosique biodégradable** inséré dans un squelette rigide. L'activité biologique du sol est estimée en mesurant le taux de dégradation du film après incubation dans le sol, à 5cm de profondeur, durant quatre à six semaines (en fonction des conditions).



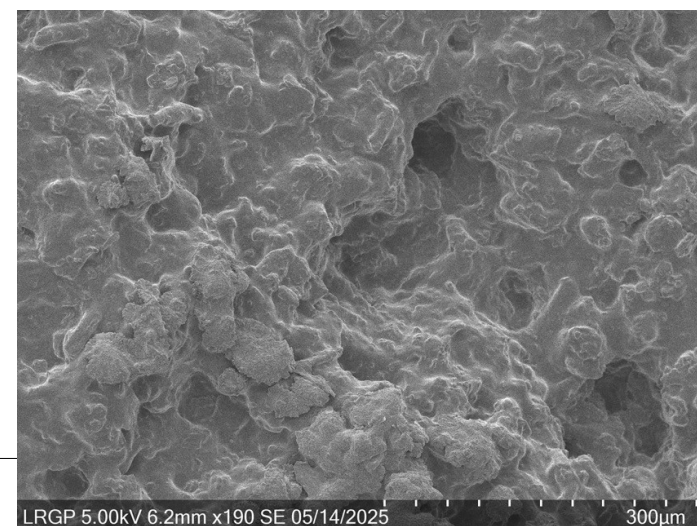
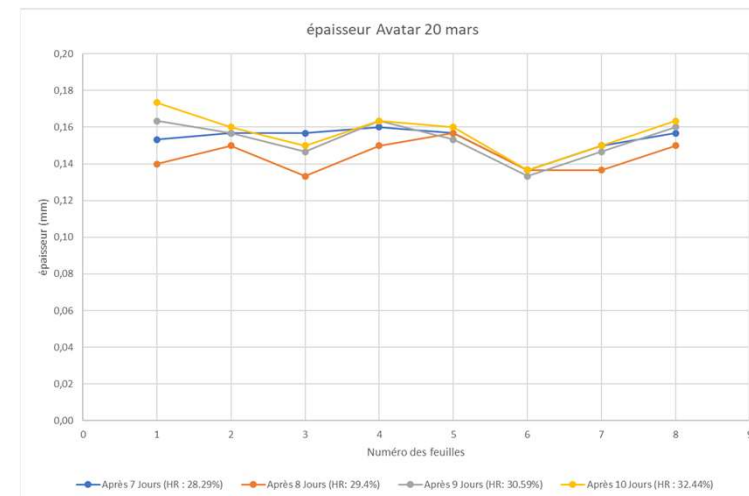
METHODES

				2025												2026												2027													
Lot	Sous-lot	Description	Partenaires impliqués	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
COORDINATION	1	Accord de consortium, KickOff Meeting COPIL / COTECH, Réunion finale	BEF - Tous	D1, D2, D3												D2, D3												D2, D3										D2, D3	D4		
OPTIMISATION DE L'OBJET	2.1	Amélioration du squelette	UL (ERPI / LRGP)								J1		D5, D6																												
	2.2	Optimisation de la composition des films	UL (ERPI / LRGP) + partenaires sites								J1		D5, D6																												
	2.3	Transfert technologique/plan de déploiement	UL (ERPI / LRGP), SE								J2																													D8	
VALEURS SEUILS / COMPARAISON DE METHODES /PRODUCTION DE CONNAISSANCES	3.1	Incubations sur des sites hautement et peu instrumentés	INRAE (tous labos) + CRAGE+ AS + SE																																						
	3.2	Compilation de l'ensemble des données et méta- données disponibles pour tous les contextes	BEF, IEES																																						
	3.3	Etablissement de valeurs de référence qualifiant l'activité biologique d'un sol pour AVATAR-SOL	INRAE (tous sauf EPIA) + CRAGE+ AS + SE																																						
	3.4	Analyse comparative des différentes méthodologies pour caractériser l'activité biologique des sols	INRAE (tous sauf EPIA) + CRAGE+ AS + SE																																					D11	
	3.5	Production de connaissances sur les facteurs contrôlant l'activité biologique	BEF - IEES - LSE																																						D12
DEVELOPPEMENT APPLICATION SMARTPHONE	4.1	Techniques avancées de segmentation d'image	INRAE (EPIA)					J7						D13																											
	4.2	Modélisation de la base de données destinée à soutenir l'application	EPIA-BEF											J8		J9, D14																									
	4.3	Développement d'une application dédiée utilisateur dans une démarche de science participative	EPIA - BEF - IEES, UL (ERPI), SE, CRAGE																																						
VALORISATION - DISSEMINATION	5	Rédaction rapports finaux Présentation lors de séminaires et publications	Tous																																						D17, D18

OPTIMISATION DE L'OBJET AVATAR-SOL

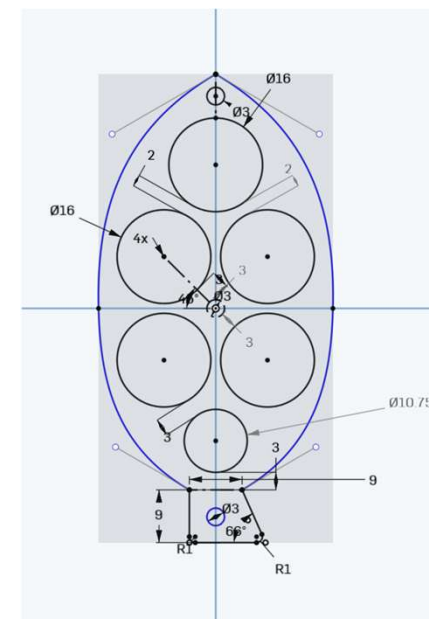
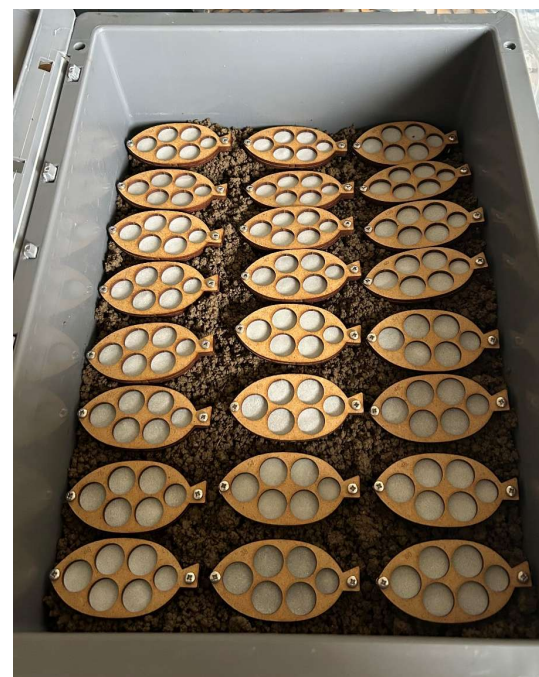
Optimisation de la composition des films

- Tests de formulation du film cellulosique
- Tests sur l'homogénéité de l'épaisseur, de la masse
- Mesure de rhéologie
- Observations microscopiques des surfaces
- Tests de dégradation



OPTIMISATION DE L'OBJET AVATAR-SOL

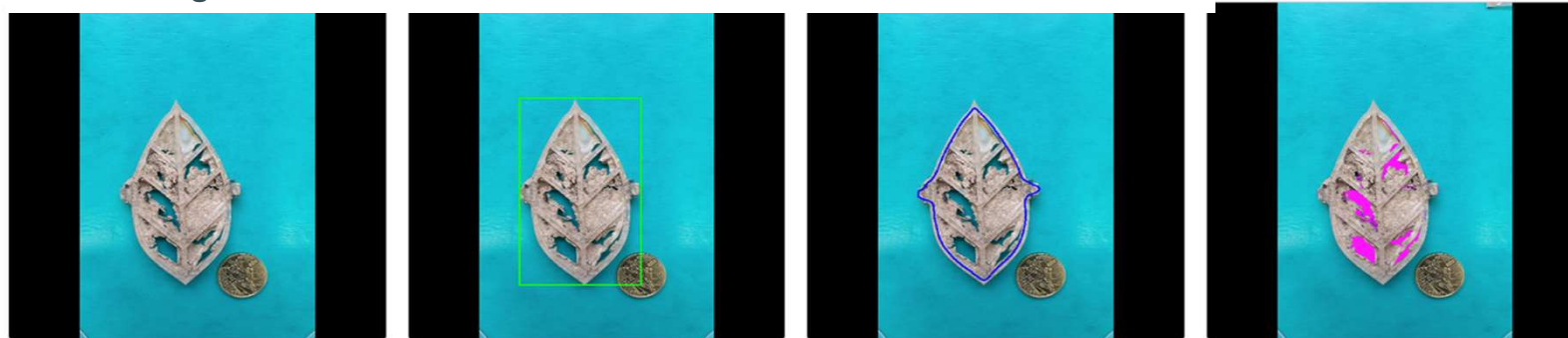
Amélioration du squelette



BASE DE DONNÉES UTILISATEURS ET APPLICATION ASSOCIEE

Taux de dégradation de 18.98%.

Technique basée sur segmentation d'image

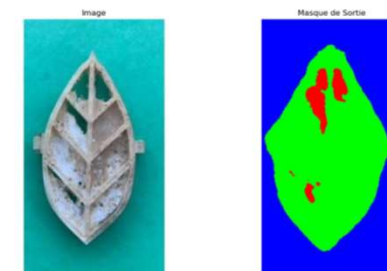


Proportion de surface dégradée basée sur le ratio entre les pixels dégradés (représentés en rose dans l'image) et la surface délimitée par le contour (en bleu) corrigée de la surface des nervures.

Images

Masques de vérité

Technique basée sur l'IA en décembre



Production d'un référentiel d'interprétation

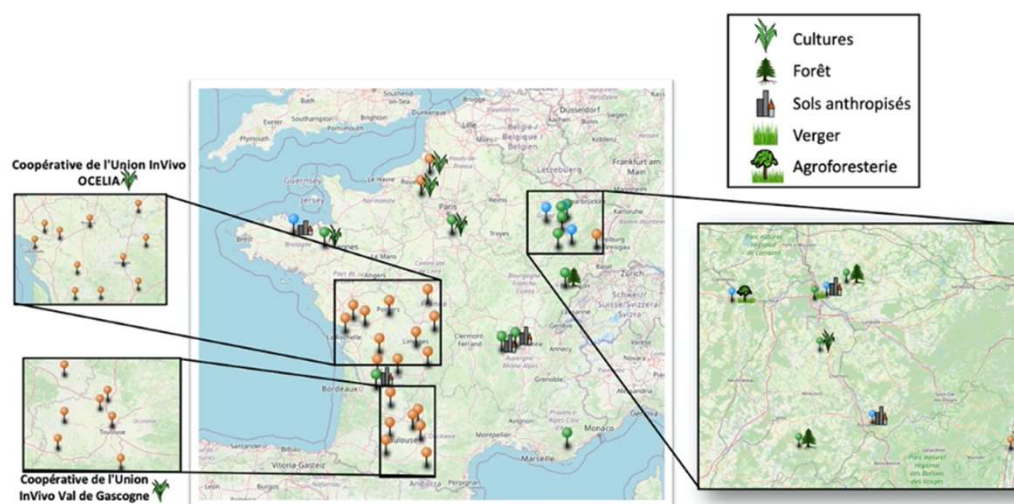


Figure 6 : Répartition et usage de sol des sites qui seront utilisés dans le projet, en niveau 1 et niveau 2. A ces sites seront ajoutés a minima 70 points du RMQS (ou RMQS-Biodiversité) ce qui permettra d'améliorer la couverture de la diversité des contextes pédoclimatiques

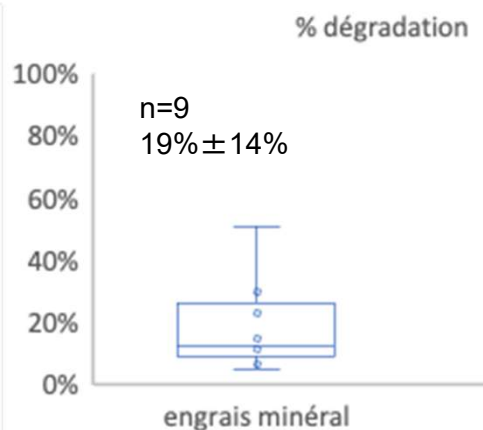
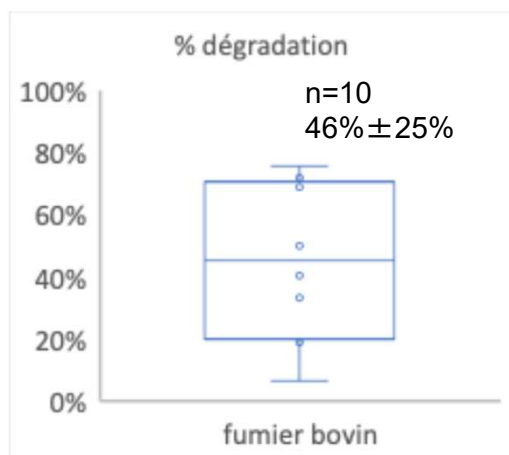
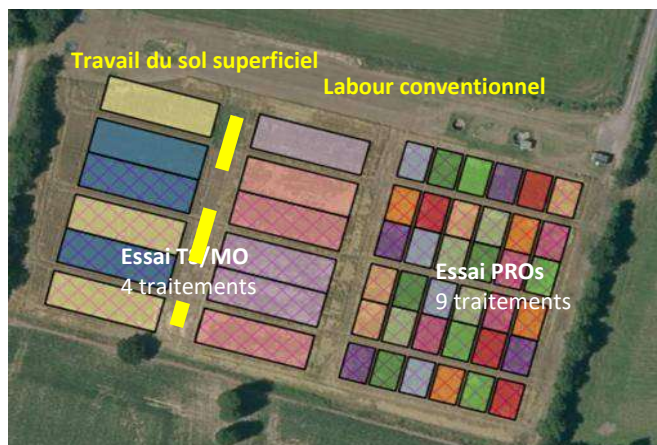
D'ici fin 2026 : incubations dans une grande diversité de contextes agro-pédoclimatiques pour corriger le taux de dégradation des effets pédoclimats

- 182 parcelles sur 30 dispositifs de recherche expérimentaux
- plus de 200 parcelles chez des partenaires non académiques testant des pratiques de gestion contrastées.

Démarche de co-construction : Les agriculteurs partenaires seront également questionnés sur leurs attentes vis-à-vis de l'évaluation de la santé des sols et leurs suggestions d'amélioration de l'outil seront recueillies. (lien projet ADEME ABMC - Soutien IRIS-E pour stage M2)

Production d'un référentiel d'interprétation

Incubation SOERE PRO EFELE (35) : 13 février – 28 mars 2024 (6 semaines et un jour)



Différence significative mise en évidence par avatars (p-value : 0,01)

Fumier de bovin

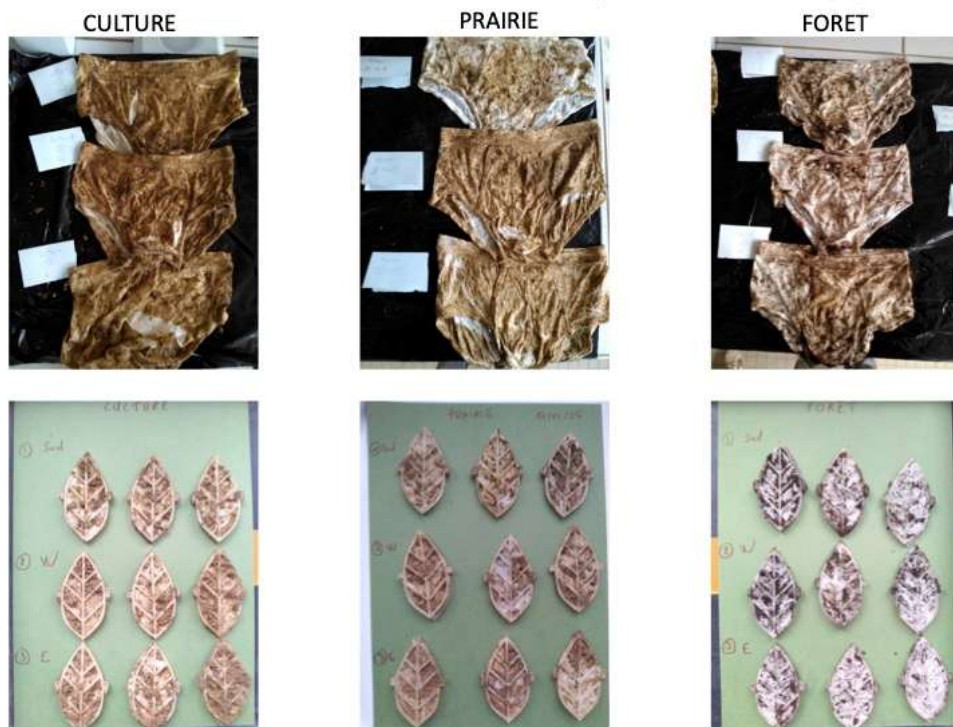


Fertilisant
minéral



Comparaison avec d'autres méthodes

Incubation entre la mi-décembre 2024 et la mi janvier 2025 au Rheu (35)



Projet IndiQualSol T. Morvan : Avatars sur 6 sites

Mesures/indicateurs	Fonction
Fractionnement MO	Dynamique MO
C labile	
Levabag	Activité biologique
Potentiel minéralisation N	Nutriments
P Olsen	
Biomasse moléculaire microbienne	Activité microbienne
Abondance relative champignons/bactéries	
Test bêche	Etat structural
Stabilité structurale	
Activités enzymatiques	Vie biologique



Emplacement des avatars

PERSPECTIVES - AMBITIONS

- ➔ Un cahier des charges pour le déploiement industriel de la solution
- ➔ Un outil robuste, facile à utiliser et adossé à un référentiel métropolitain pour guider les acteurs cherchant à optimiser l'activité biologique du sol
- ➔ De nouvelles connaissances scientifiques sur l'effet des propriétés pédoclimatiques et des pratiques de gestion sur l'activité biologique des sols
- ➔ Une mise à la disposition des données AVATAR-SOL et des méta-données associées pour la communauté scientifique
- ➔ La sensibilisation de toute une communauté d'acteurs-utilisateurs de AVATAR-SOL à la santé des sols.

