

MAELIA



Résilience des systèmes culture-élevage

Une approche conceptuelle avec MAELIA

Manon Dardonville¹ & Rui Catarino², Olivier Therond³

Manon.dardonville@maelab.fr, olivier.therond@inrae.fr

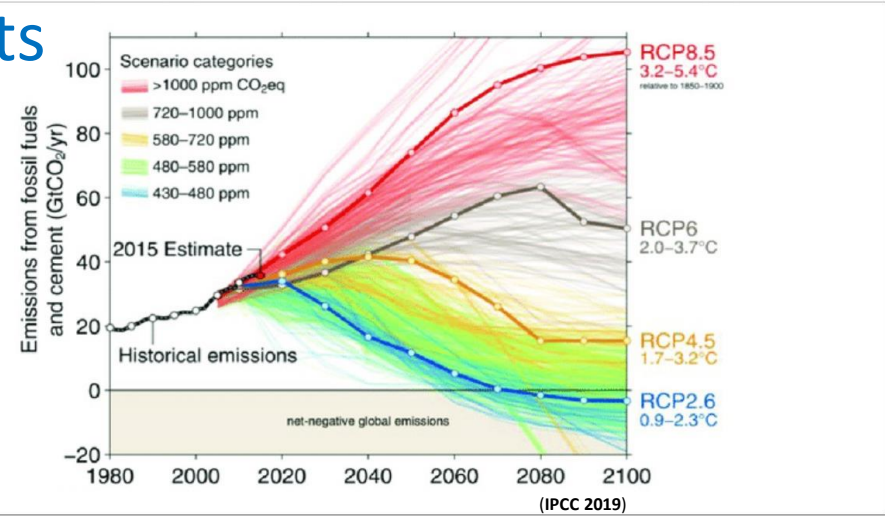
(1) SAS MAELAB, Colmar, France

(2) Joint Research Center of European Union, Ispra, Italy

(3) INRAE UMR 1132

Pressions économiques, écologiques et sociétales complexes

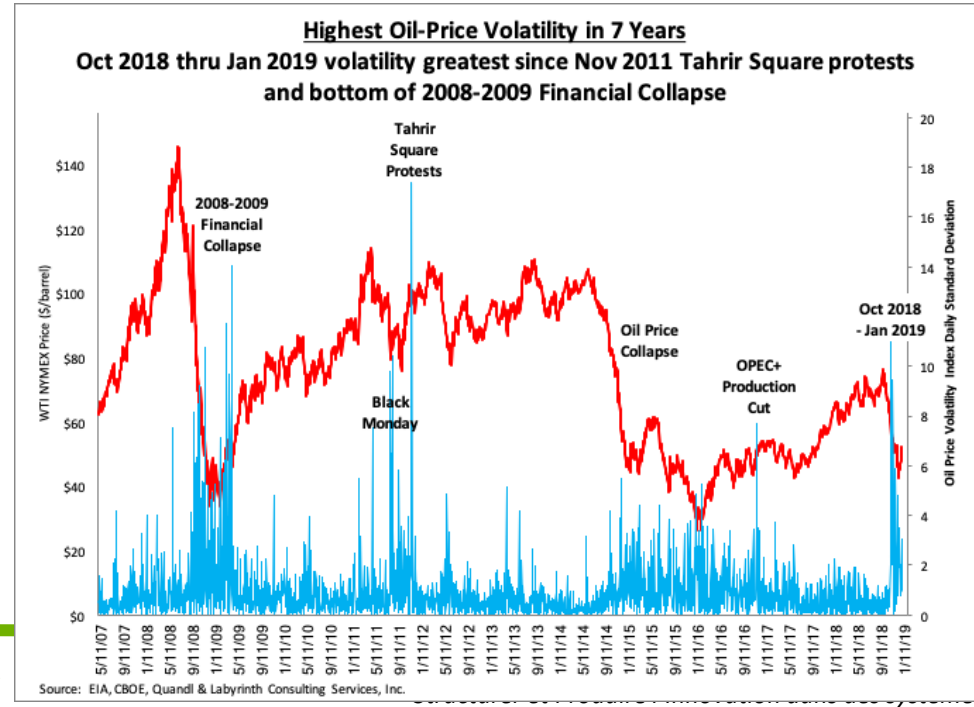
Changements climatiques



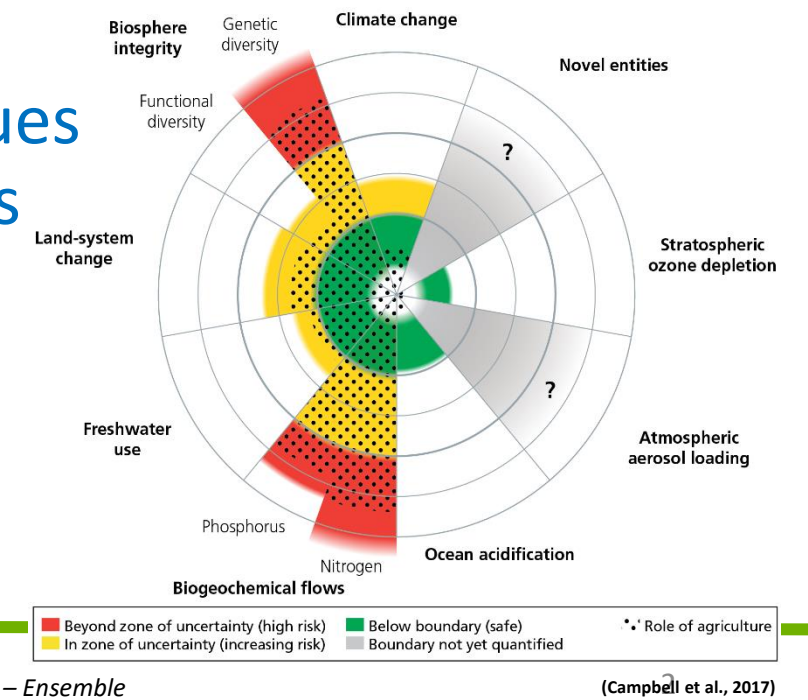
Stratégies politiques



Volatilité des marchés



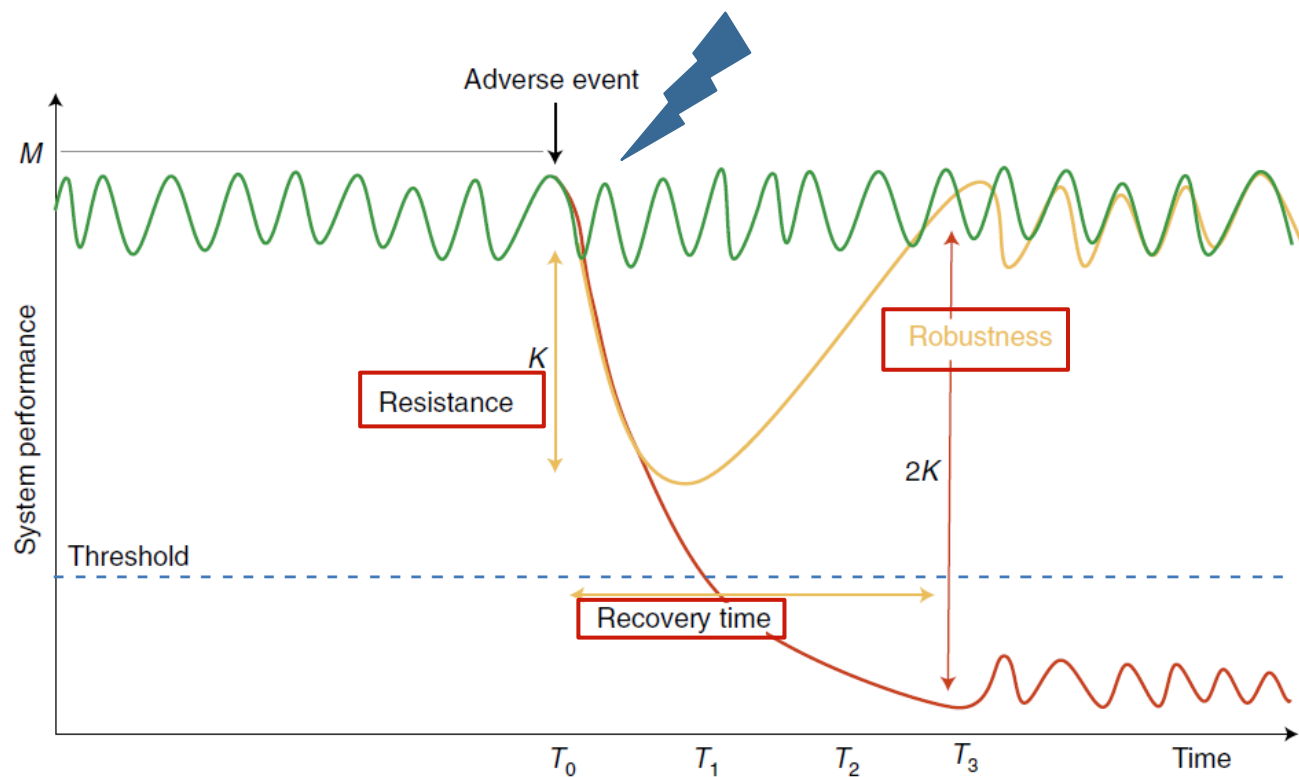
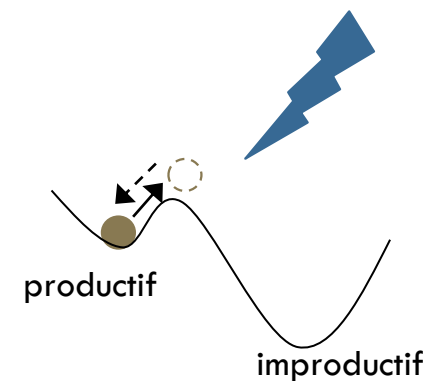
9 limites biophysiques planétaires



Faire face aux perturbations : la résilience

Ces menaces soulèvent des questions sur

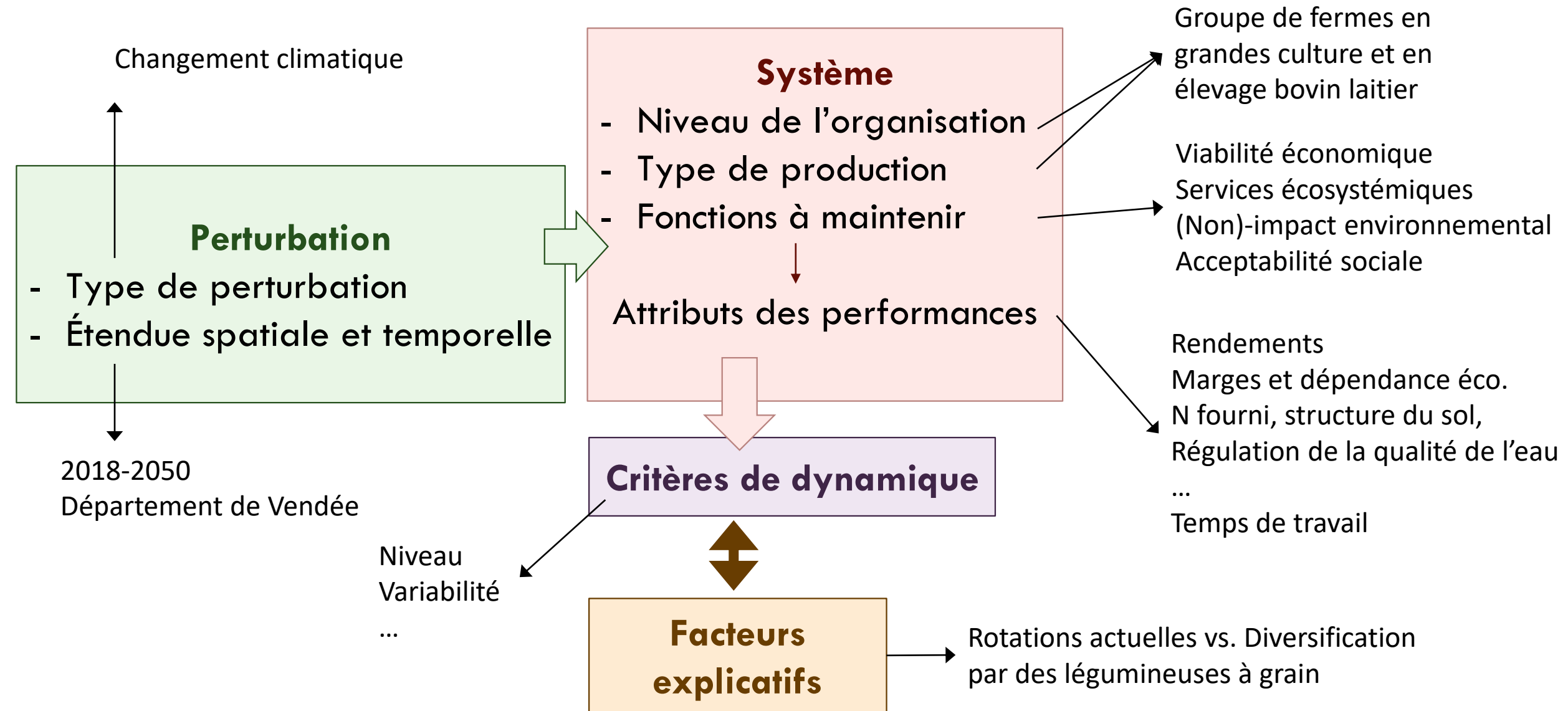
la capacité du système agricole à persister face aux perturbations



Évaluation de la résilience

- Analyse de la dynamique des performances
- Évaluation des «propriétés» de la résilience

Cadre analytique pour la résilience des systèmes agricoles



Mise en oeuvre d'une évaluation de la résilience

Exigences en matière de données

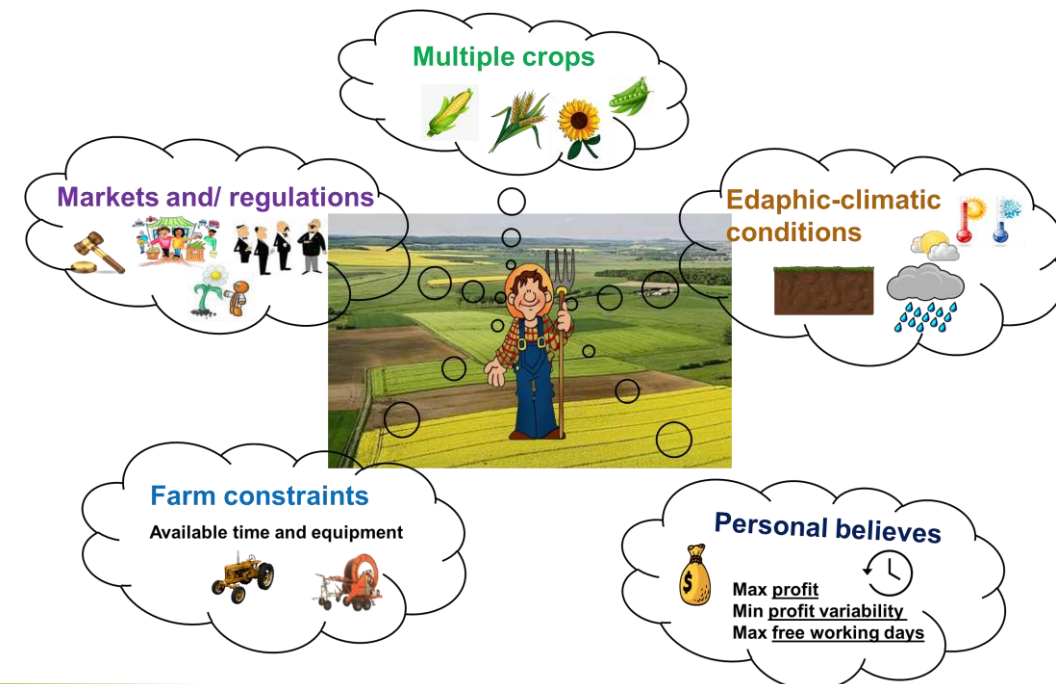
- Problèmes d'accès aux données historiques
- Nécessité d'analyses à long terme, historiques et prospectives
- Interaction dynamique et retour entre plusieurs facteurs de stress



Rain shelter (Zwicke et al., 2013)

Évaluation et modélisation intégrées (IAM)

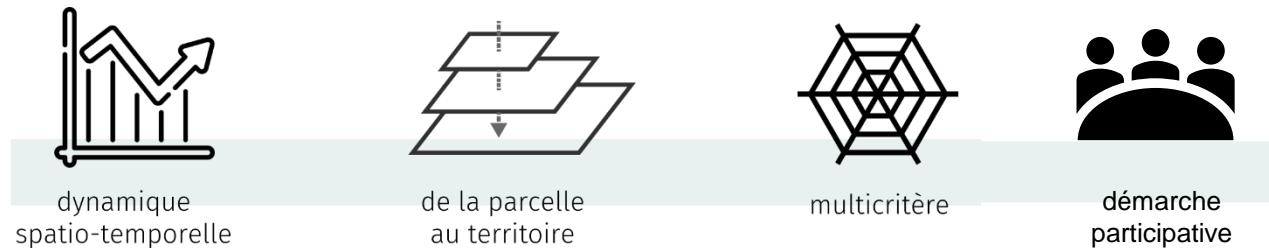
Explorer les interactions et les rétroactions entre différents systèmes et les propriétés, par ex. la résilience, qui en émergent



Plateforme de modélisation et d'évaluation



Une plateforme de modélisation
à haute résolution spatiotemporelle, à base d'agents
pour une évaluation intégrée des territoires agricoles, des
transitions agroécologiques et bioéconomiques



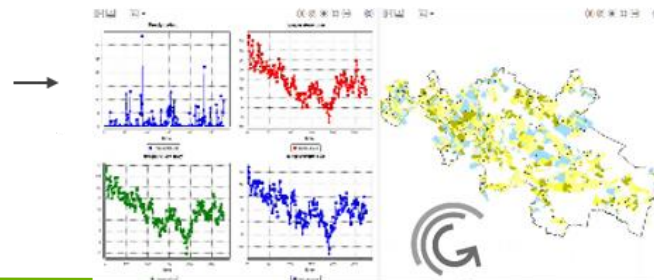
Données



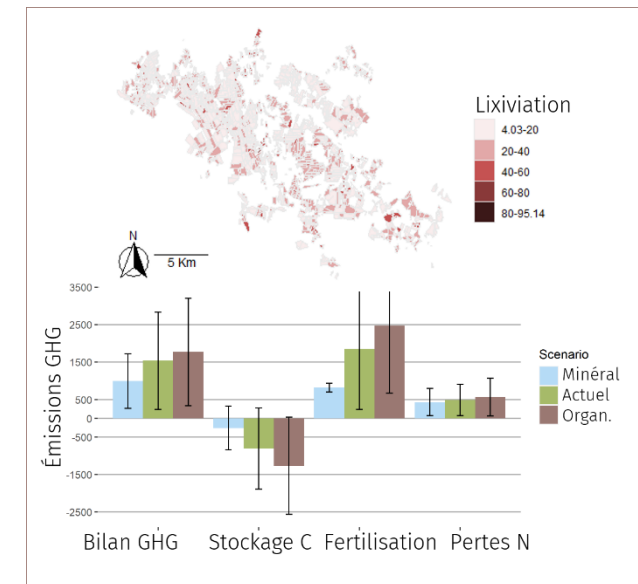
- Parcellaire
- Séquences de culture
- Caractéristiques horizons sol
- Météo locale
- Pratiques agricoles sous forme de règles de décision d'action
- Unités de transformation



Laboratoire numérique




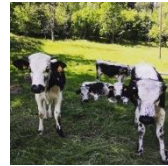
Indicateurs



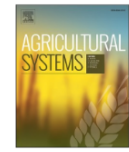
Échange direct de légumineuses pour l'alimentation animale entre élevages et exploitations de grandes cultures



Niveau d'étude: petit (697 ha)
7 Fermes (5 arables + 2 cheptels)

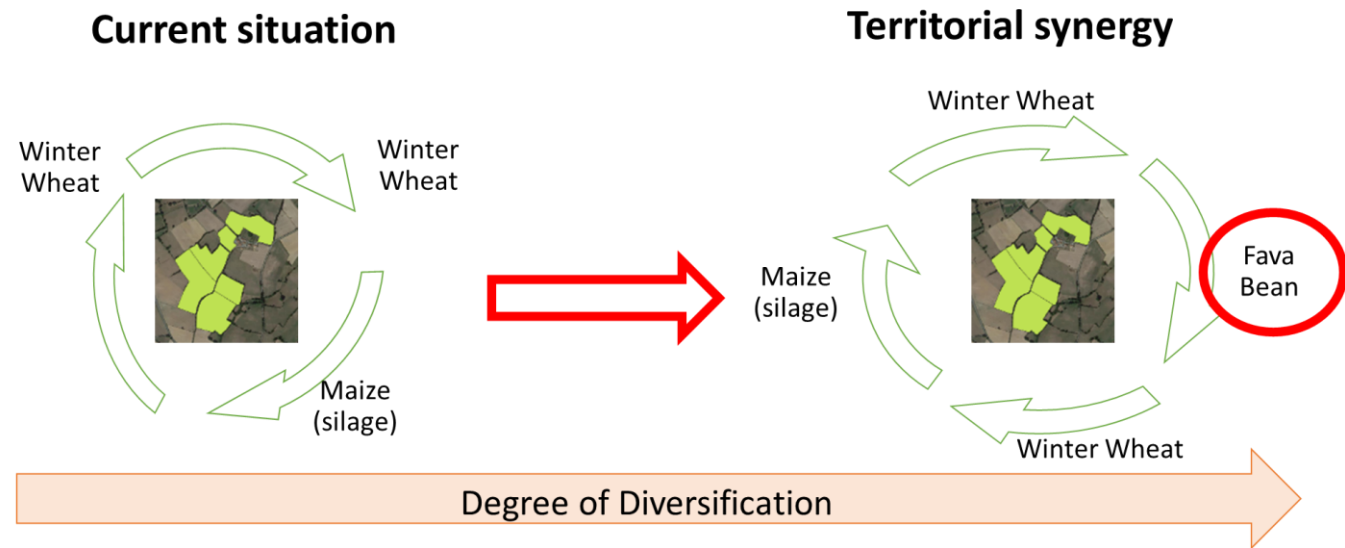
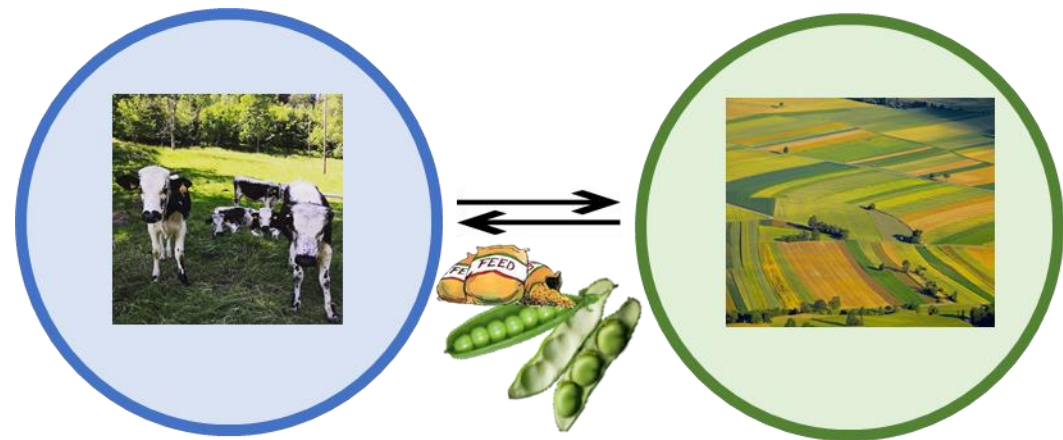




Agricultural Systems 189 (2021) 103066
Contents lists available at ScienceDirect
Agricultural Systems
journal homepage: www.elsevier.com/locate/agsy

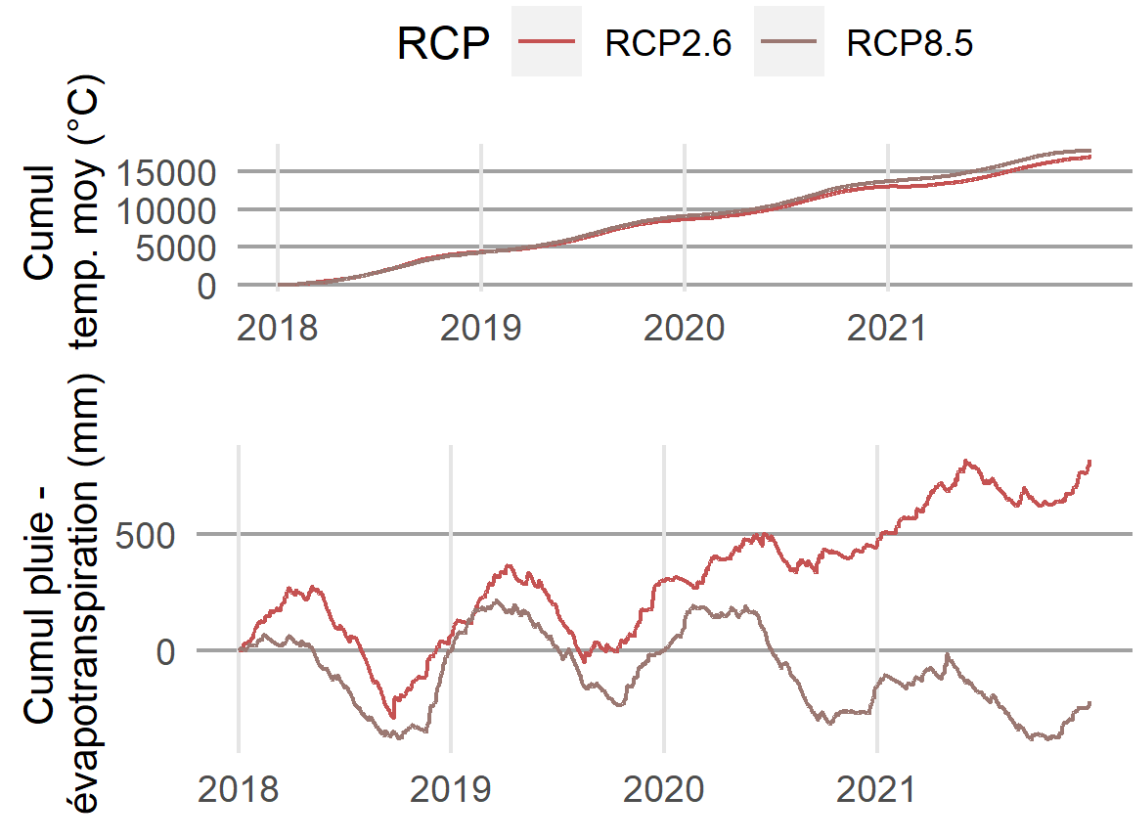
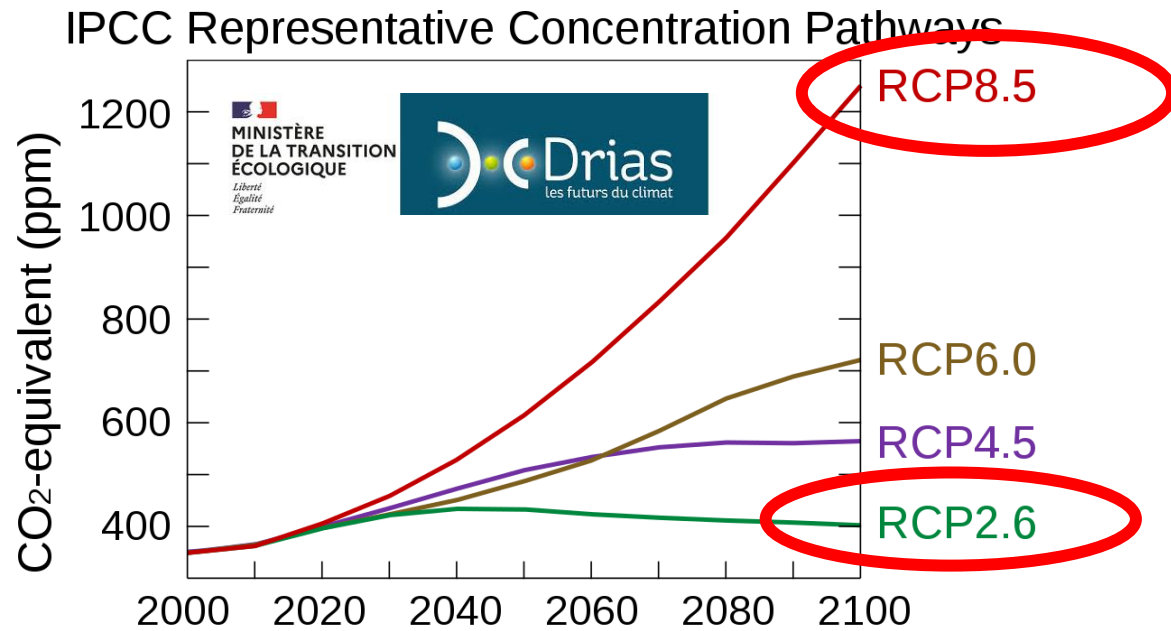


Fostering local crop-livestock integration via legume exchanges using an innovative integrated assessment and modelling approach based on the MAELIA platform

Rui Catarino^{a,*}, Olivier Therond^{a,*}, Jérémy Berthomier^c, Maurice Miara^c, Emmanuel Mérot^c, Renaud Misslin^a, Paul Vanhove^d, Jean Villerd^a, Frédérique Angevin^b



2 projections climatiques



Période d'étude
2018-2050

Attributs de performance des systèmes agricoles



Journal of Cleaner Production

Volume 286, 1 March 2021, 125456



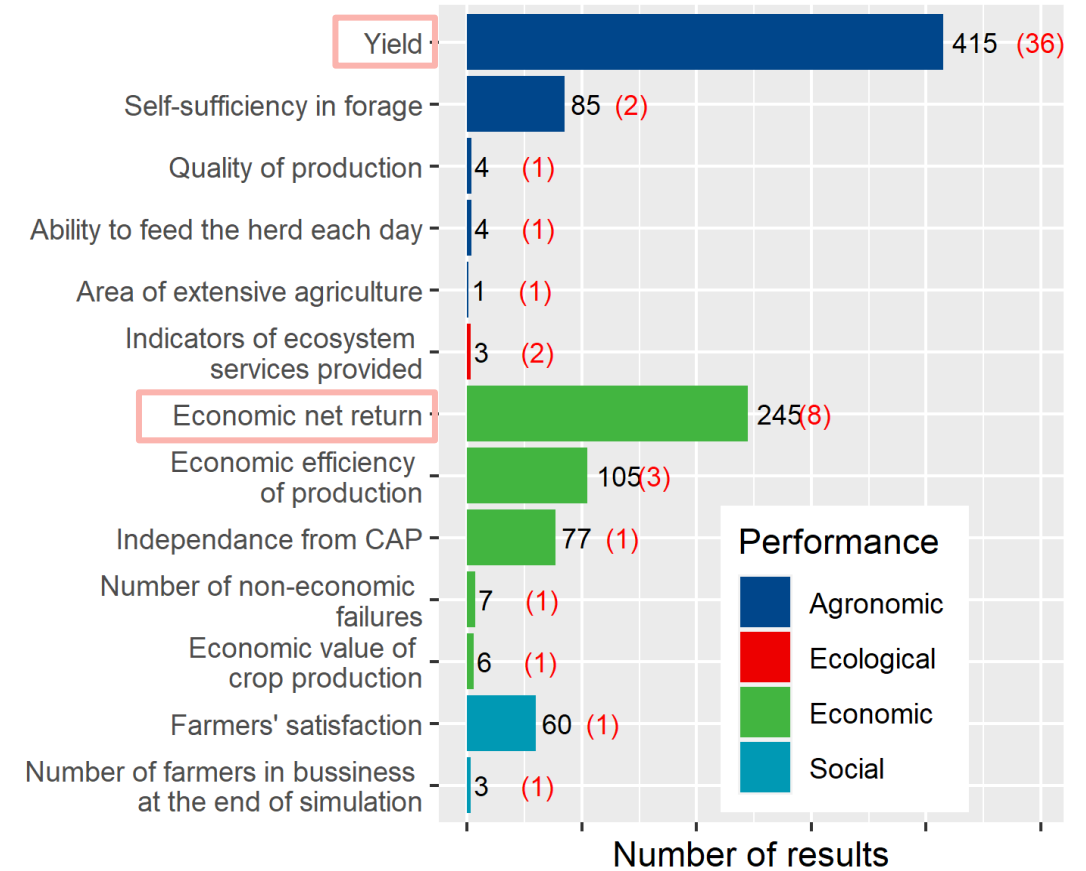
Review

Review of quantitative evaluations of the resilience, vulnerability, robustness and adaptive capacity of temperate agricultural systems

Manon Dardonville ^{a, b} ✉, Christian Bockstaller ^a, Olivier Therond ^a

- Rendements, marges économiques
- Peu d'approches multi-performances (13%)
- Peu de performances environnementales

Performances



Fonctions à préserver

Economique

Approvisionnement alimentaire

Viabilité économique

Environnemental

Services écosystémiques à la production

Services écosystémiques à la société

Intégrité environnementale

Social

Acceptabilité sociale

Fonctions à préserver

Economique

Approvisionnement alimentaire

- Rendement en kcal
- Rendement en protéines

Viabilité économique

- Marge brute
- Dépendance économique

Environnemental

Services écosystémiques à la production

- N fourni par le sol
- Structure du sol
- Régulation de la qualité de l'eau

Services écosystémiques à la société

- Stockage de C dans le sol
- Régulation de la quantité d'eau bleue

Intégrité environnementale

- Qtés de matières actives de pesticides
- **GFS**

Social

Acceptabilité sociale

- Charge de travail

Critères de dynamique des attributs de performances



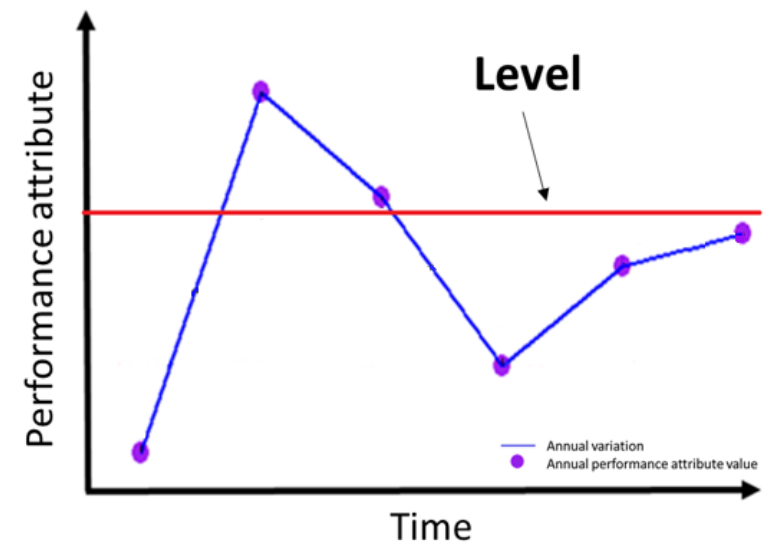
Agricultural Systems
Volume 197, March 2022, 103365



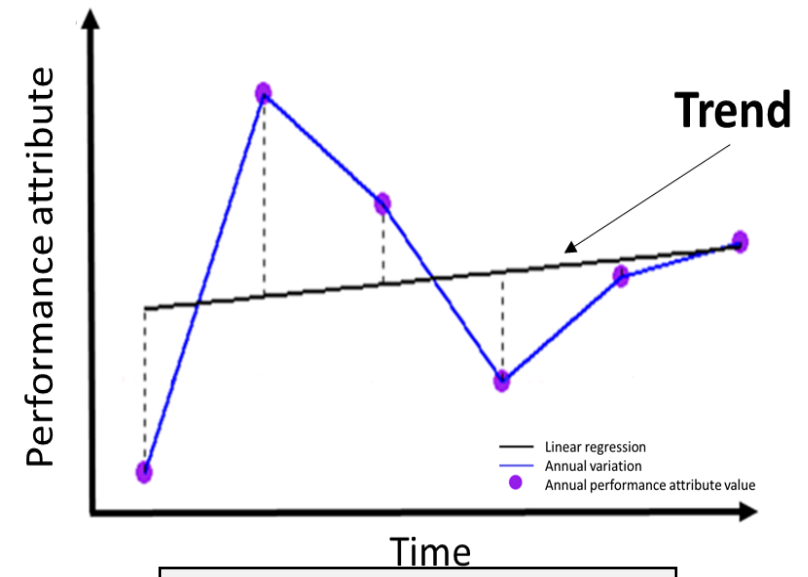
Resilience of agricultural systems: biodiversity-based systems are stable, while intensified ones are resistant and high-yielding

Manon Dardonville ^{a, b, c, d}, Christian Bockstaller ^{a, b}, Jean Villerd ^{a, b}, Olivier Therond ^{a, b}

Niveau



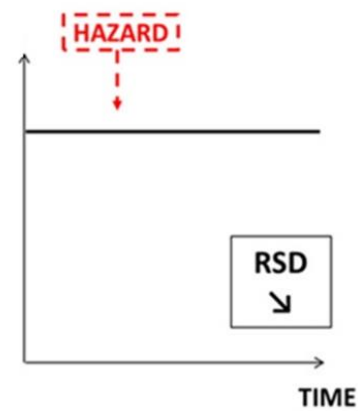
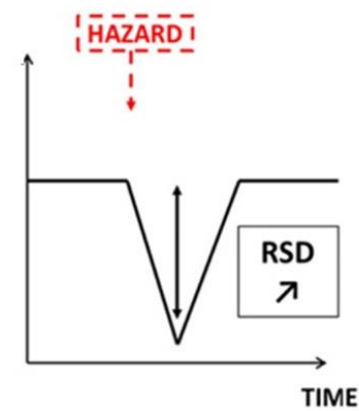
Tendance



Variabilité

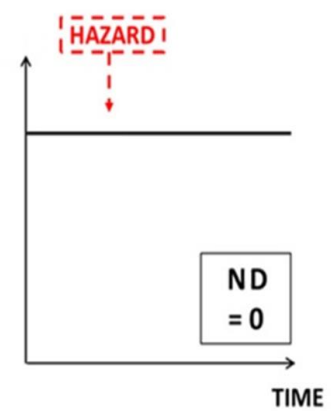
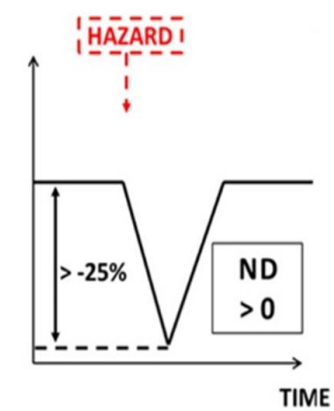
RELATIVE STANDARD DEVIATION OVER TIME (RSD)

$$RSD = \frac{\sigma}{\mu}$$



Résistance

NUMBER OF DISRUPTIONS



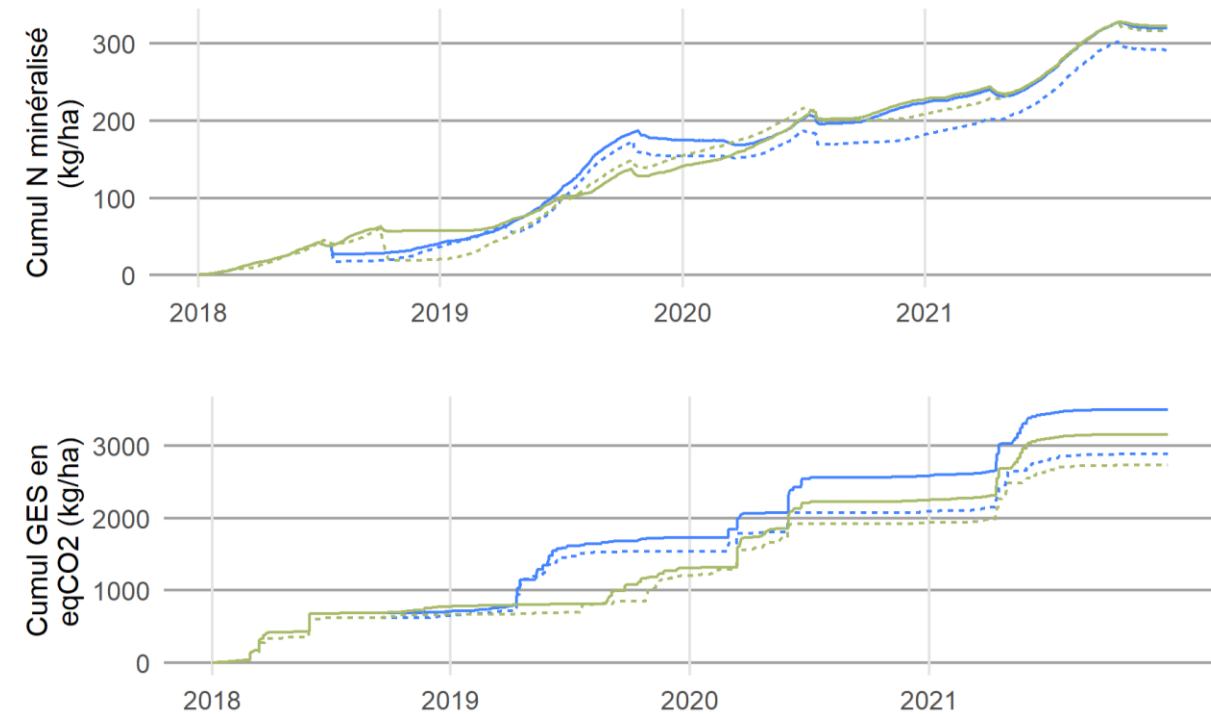
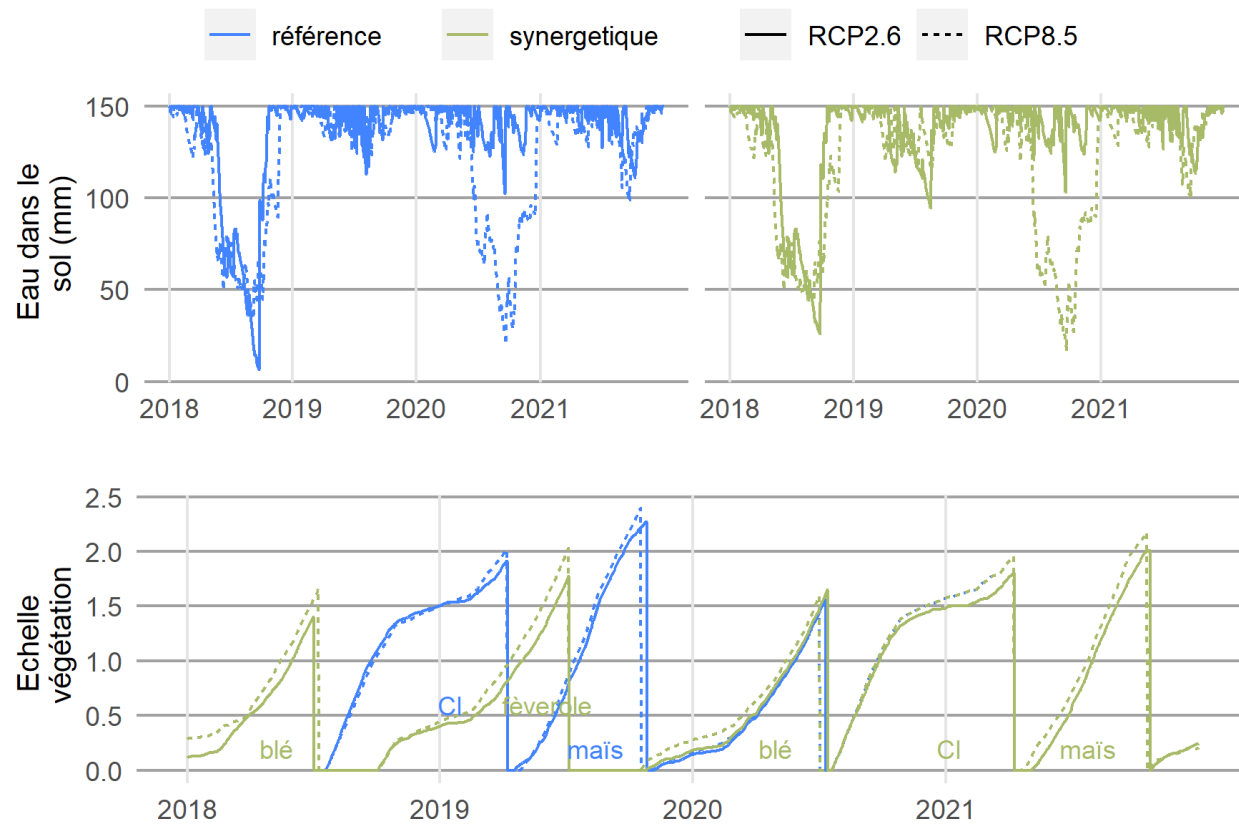
Résilience :

- Haut (bas) niveaux
- Stabilité
- Tendances à la hausse (baisse)
- Forte résistance aux perturbations



Struc

Résultats : exemple d'une parcelle



- La minéralisation de l'azote est augmentée durant la présence de maïs, probablement liée à l'irrigation, au cours de l'année 2019 mais cette différence s'atténue par la suite.
- Les émissions de GES, sont réduites pour la rotation avec féverole notamment grâce à l'absence de fertilisation de celle-ci.

Résultats : effet des projections climatiques

		Valeurs absolues pour le scénario de référence							
Critère Métrique	RCP	Niveau moyenne		Variabilité RSD en %		Résistance nb de pic		Tendance pente en %	
		2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5
Rendement énergie	Mj/kg DM/ha/yr	99.1	101.2	29.1	36.4	0	2	0.02	0.11
Rendement protéique	kg/ha/yr	692.4	695.8	46.6	41.7	6	2	-0.002	0.08
Marge brute	€/ha/yr	686.9	701.8	29.1	36.5	0	1	0.33	0.47
<i>Dépendance économique</i>	-	<i>0.211</i>	<i>0.208</i>	<i>51.6</i>	<i>17.6</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0.28</i>	<i>0.03</i>
N apporté par le sol	kgN/ha/yr	106.5	105.1	40.2	32			1.09	0.88
Structure du sol	-	0.0721	0.073	80.3	75.1			0.29	0.27
Stockage du carbone	kC/ha/yr	263.3	268.7	87	86.9			-4.12	-3.79
Qualité de l'eau	-	0.832	0.829	30.7	31.6			0.43	-0.28
<i>Matière active pest.</i>	<i>kg/ha/yr</i>	<i>2.4</i>	<i>2.3</i>	<i>90.3</i>	<i>70.3</i>			<i>0.05</i>	<i>-0.01</i>
Eau bleue	-	0.489	0.495	10.9	14.5			-0.3	-0.16
GES	kg eq CO2/ha/yr	828.8	801.5	143.5	132.9			6.21	5.26
Temps de travail	h/ha/yr	4.72	4.73	49.8	50.7	0	0	-0.04	-0.01
Comparaison de RCP8.5 vs. RCP2.6		mieux		moins bien		pas de changement			

- Performances économiques sous RCP8.5 seraient légèrement meilleures que sous RCP2.6
- Performances environnementales améliorées sous RCP8.5 sauf pour le N fourni par le sol et la régulation de la qualité de l'eau et le temps de travail
- - de stabilité pour 5/12 performances et plus de perturbations pour le rendement en kcal et la marge brute
- Evolution des tendances intéressantes du point de vue de la résilience pour 8/12 performances

Résultats : effet des projections climatiques

Critère Métrique	Valeurs absolues pour le scénario de référence								
	Niveau moyenne		Variabilité RSD en %		Résistance nb de pic		Tendance pente en %		
	RCP 2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	
Rendement énergie	Mj/kg DM/ha/yr	99.1	101.2	29.1	36.4	0	2	0.02	0.11
Rendement protéique	kg/ha/yr	692.4	695.8	46.6	41.7	6	2	-0.002	0.08
Marge brute	€/ha/yr	686.9	701.8	29.1	36.5	0	1	0.33	0.47
Dépendance économique	-	0.211	0.208	51.6	17.6	0	0	0.28	0.03
N apporté par le sol	kgN/ha/yr	106.5	105.1	40.2	32			1.09	0.88
Structure du sol	-	0.0721	0.073	80.3	75.1			0.29	0.27
Stockage du carbone	kC/ha/yr	263.3	268.7	87	86.9			-4.12	-3.79
Qualité de l'eau	-	0.832	0.829	30.7	31.6			0.43	-0.28
Matière active pest.	kg/ha/yr	2.4	2.3	90.3	70.3			0.05	-0.01
Eau bleue	-	0.489	0.495	10.9	14.5			-0.3	-0.16
GES	kg eq CO2/ha/yr	828.8	801.5	143.5	132.9			6.21	5.26
Temps de travail	h/ha/yr	4.72	4.73	49.8	50.7	0	0	-0.04	-0.01
Comparaison de RCP8.5 vs. RCP2.6		mieux		moins bien		pas de changement			

- Performances économiques sous RCP8.5 seraient légèrement meilleures que sous RCP2.6
- Performances environnementales améliorées sous RCP8.5 sauf pour le N fourni par le sol et la régulation de la qualité de l'eau et le temps de travail
- - de stabilité pour 5/12 performances et plus de perturbations pour le rendement en kcal et la marge brute
- Evolution des tendances intéressantes du point de vue de la résilience pour 8/12 performances

Résultats : effet des projections climatiques

	Critère Métrique	Valeurs absolues pour le scénario de référence							
		Niveau moyenne		Variabilité RSD en %		Résistance nb de pic		Tendance pente en %	
		RCP 2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5
Rendement énergie	Mj/kg DM/ha/yr	99.1	101.2	29.1	36.4	0	2	0.02	0.11
Rendement protéique	kg/ha/yr	692.4	695.8	46.6	41.7	6	2	-0.002	0.08
Marge brute	€/ha/yr	686.9	701.8	29.1	36.5	0	1	0.33	0.47
Dépendance économique	-	0.211	0.208	51.6	17.6	0	0	0.28	0.03
N apporté par le sol	kgN/ha/yr	106.5	105.1	40.2	32			1.09	0.88
Structure du sol	-	0.0721	0.073	80.3	75.1			0.29	0.27
Stockage du carbone	kC/ha/yr	263.3	268.7	87	86.9			-4.12	-3.79
Qualité de l'eau	-	0.832	0.829	30.7	31.6			0.43	-0.28
Matière active pest.	kg/ha/yr	2.4	2.3	90.3	70.3			0.05	-0.01
Eau bleue	-	0.489	0.495	10.9	14.5			-0.3	-0.16
GES	kg eq CO2/ha/yr	828.8	801.5	143.5	132.9			6.21	5.26
Temps de travail	h/ha/yr	4.72	4.73	49.8	50.7	0	0	-0.04	-0.01
Comparaison de RCP8.5 vs. RCP2.6		mieux		moins bien		pas de changement			

- Performances économiques sous RCP8.5 seraient légèrement meilleures que sous RCP2.6
- Performances environnementales améliorées sous RCP8.5 sauf pour le N fourni par le sol et la régulation de la qualité de l'eau et le temps de travail
- - de stabilité pour 5/12 performances et plus de perturbations pour le rendement en kcal et la marge brute
- Evolution des tendances intéressantes du point de vue de la résilience pour 8/12 performances

Résultats : effet des projections climatiques

		Valeurs absolues pour le scénario de référence							
	Critère Métrique	Niveau moyenne		Variabilité RSD en %		Résistance nb de pic		Tendance pente en %	
		RCP 2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5
Rendement énergie	Mj/kg DM/ha/yr	99.1	101.2	29.1	36.4	0	2	0.02	0.11
Rendement protéique	kg/ha/yr	692.4	695.8	46.6	41.7	6	2	-0.002	0.08
Marge brute	€/ha/yr	686.9	701.8	29.1	36.5	0	1	0.33	0.47
Dépendance économique	-	0.211	0.208	51.6	17.6	0	0	0.28	0.03
N apporté par le sol	kgN/ha/yr	106.5	105.1	40.2	32			1.09	0.88
Structure du sol	-	0.0721	0.073	80.3	75.1			0.29	0.27
Stockage du carbone	kC/ha/yr	263.3	268.7	87	86.9			-4.12	-3.79
Qualité de l'eau	-	0.832	0.829	30.7	31.6			0.43	-0.28
Matière active pest.	kg/ha/yr	2.4	2.3	90.3	70.3			0.05	-0.01
Eau bleue	-	0.489	0.495	10.9	14.5			-0.3	-0.16
GES	kg eq CO2/ha/yr	828.8	801.5	143.5	132.9			6.21	5.26
Temps de travail	h/ha/yr	4.72	4.73	49.8	50.7	0	0	-0.04	-0.01
Comparaison de RCP8.5 vs. RCP2.6		mieux		moins bien		pas de changement			

- Performances économiques sous RCP8.5 seraient légèrement meilleures que sous RCP2.6
- Performances environnementales améliorées sous RCP8.5 sauf pour le N fourni par le sol et la régulation de la qualité de l'eau et le temps de travail
- - de stabilité pour 5/12 performances et plus de perturbations pour le rendement en kcal et la marge brute
- Evolution des tendances intéressantes du point de vue de la résilience pour 8/12 performances

Résultats : comparaison des scénarios

Critère Métrique	variation relative (référence -> synergétique)								variation absolue (référence -> synergétique)								
	Niveau moyenne		Variabilité RSD en %		Résistance nb de pic		Tendance pente en %		Niveau moyenne		Variabilité RSD en %		Résistance nb de pic		Tendance pente en %		
	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	
RCP	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	
Rendement énergie	Mj/kg DM/ha/yr	-2	-2	-34	-16	0	-50	-28	-132	-1.76	-2.36	-9.87	-5.69	0.00	-1.00	-0.03	-0.02
Rendement protéique	kg/ha/yr	11	11	-67	-26	-33	0	-50	-1599	74.63	78.21	-31.39	-10.81	-2.00	0.00	-0.04	-0.03
Marge brute	€/ha/yr	5	5	11	-17	0	-100	-8	-3	36.09	33.14	3.31	-6.09	0.00	-1.00	-0.04	-0.01
Dépendance	-	2	2	-28	20	0	0	-127	-44	0.00	0.00	-14.56	3.56	0.00	0.00	-0.04	-0.13
N apporté par le sol	kgN/ha/yr	13	14	2	-22			-31	-24	13.47	14.56	0.73	-6.99			-0.27	-0.26
Structure du sol	-	-2	-2	-5	3			-17	-14	0.00	0.00	-4.11	2.18			-0.05	-0.04
Stockage du carbone	kC/ha/yr	-15	-16	67	177			-6	-8	-40.18	-42.19	58.49	153.42			-0.23	-0.32
Qualité de l'eau	-	-4	-4	47	-11			-7	-3	-0.03	-0.03	14.49	-3.38			-0.02	-0.01
Matière active pest.	kg/ha/yr	20	22	-44	-21			-873	-195	0.47	0.50	-39.75	-14.80			-0.05	-0.10
Eau bleue	-	-1	0	-21	-2			20	-35	0.00	0.00	-2.33	-0.25			0.03	-0.10
GES	kg eq CO2/ha/yr	-8	-8	29	95			-1	0	-67.25	-67.39	41.15	125.85			-0.07	0.00
Temps de travail	h/ha/yr	-5	-6	1	0	0	0	106	29	-0.25	-0.27	0.70	-0.07	0.00	0.00	0.01	0.01

Souhaité pour la résilience

vers résilience

vers vulnérabilité

pas de changement

- Augmentation des performances économiques, stabilisation mais augmentation tendancielle ralenties bien que faibles initialement
- Augmentation N apporté par le sol et réduction de GES mais dégradation de tous les autres performances env. en particulier le stockage de C et la qté de matière active. Variabilité variable et tendances plutôt dégradées.
- Temps de travail diminué, même variabilité, résistance et tendance, initialement cste.

Résultats : comparaison des scénarios

Critère Métrique	variation relative (référence -> synergétique)								variation absolue (référence -> synergétique)								
	Niveau moyenne		Variabilité RSD en %		Résistance nb de pic		Tendance pente en %		Niveau moyenne		Variabilité RSD en %		Résistance nb de pic		Tendance pente en %		
	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	
RCP	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	
Rendement énergie	Mj/kg DM/ha/yr	-2	-2	-34	-16	0	-50	-28	-132	-1.76	-2.36	-9.87	-5.69	0.00	-1.00	-0.03	-0.02
Rendement protéique	kg/ha/yr	11	11	-67	-26	-33	0	-50	-1599	74.63	78.21	-31.39	-10.81	-2.00	0.00	-0.04	-0.03
Marge brute	€/ha/yr	5	5	11	-17	0	-100	-8	-3	36.09	33.14	3.31	-6.09	0.00	-1.00	-0.04	-0.01
Dépendance	-	2	2	-28	20	0	0	-127	-44	0.00	0.00	-14.56	3.56	0.00	0.00	-0.04	-0.13
N apporté par le sol	kgN/ha/yr	13	14	2	-22			-31	-24	13.47	14.56	0.73	-6.99			-0.27	-0.26
Structure du sol	-	-2	-2	-5	3			-17	-14	0.00	0.00	-4.11	2.18			-0.05	-0.04
Stockage du carbone	kC/ha/yr	-15	-16	67	177			-6	-8	-40.18	-42.19	58.49	153.42			-0.23	-0.32
Qualité de l'eau	-	-4	-4	47	-11			-7	-3	-0.03	-0.03	14.49	-3.38			-0.02	-0.01
Matière active pest.	kg/ha/yr	20	22	-44	-21			-873	-195	0.47	0.50	-39.75	-14.80			-0.05	-0.10
Eau bleue	-	-1	0	-21	-2			20	-35	0.00	0.00	-2.33	-0.25			0.03	-0.10
GES	kg eq CO2/ha/yr	-8	-8	29	95			-1	0	-67.25	-67.39	41.15	125.85			-0.07	0.00
Temps de travail	h/ha/yr	-5	-6	1	0	0	0	106	29	-0.25	-0.27	0.70	-0.07	0.00	0.00	0.01	0.01

Souhaité pour la résilience vers résilience vers vulnérabilité pas de changement

- Augmentation des performances économiques, stabilisation mais augmentation tendancielle ralenties bien que faibles initialement
- Augmentation N apporté par le sol et réduction de GES mais dégradation de tous les autres performances env. en particulier le stockage de C et la qté de matière active. Variabilité variable et tendances plutôt dégradées.
- Temps de travail diminué, même variabilité, résistance et tendance, initialement cste.

Résultats : comparaison des scénarios

Critère Métrique	variation relative (référence -> synergétique)								variation absolue (référence -> synergétique)								
	Niveau moyenne		Variabilité RSD en %		Résistance nb de pic		Tendance pente en %		Niveau moyenne		Variabilité RSD en %		Résistance nb de pic		Tendance pente en %		
	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	
RCP	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	
Rendement énergie	Mj/kg DM/ha/yr	-2	-2	-34	-16	0	-50	-28	-132	-1.76	-2.36	-9.87	-5.69	0.00	-1.00	-0.03	-0.02
Rendement protéique	kg/ha/yr	11	11	-67	-26	-33	0	-50	-1599	74.63	78.21	-31.39	-10.81	-2.00	0.00	-0.04	-0.03
Marge brute	€/ha/yr	5	5	11	-17	0	-100	-8	-3	36.09	33.14	3.31	-6.09	0.00	-1.00	-0.04	-0.01
Dépendance	-	2	2	-28	20	0	0	-127	-44	0.00	0.00	-14.56	3.56	0.00	0.00	-0.04	-0.13
N apporté par le sol	kgN/ha/yr	13	14	2	-22			-31	-24	13.47	14.56	0.73	-6.99			-0.27	-0.26
Structure du sol	-	-2	-2	-5	3			-17	-14	0.00	0.00	-4.11	2.18			-0.05	-0.04
Stockage du carbone	kC/ha/yr	-15	-16	67	177			-6	-8	-40.18	-42.19	58.49	153.42			-0.23	-0.32
Qualité de l'eau	-	-4	-4	47	-11			-7	-3	-0.03	-0.03	14.49	-3.38			-0.02	-0.01
Matière active pest.	kg/ha/yr	20	22	-44	-21			-873	-195	0.47	0.50	-39.75	-14.80			-0.05	-0.10
Eau bleue	-	-1	0	-21	-2			20	-35	0.00	0.00	-2.33	-0.25			0.03	-0.10
GES	kg eq CO2/ha/yr	-8	-8	29	95			-1	0	-67.25	-67.39	41.15	125.85			-0.07	0.00
Temps de travail	h/ha/yr	-5	-6	1	0	0	0	106	29	-0.25	-0.27	0.70	-0.07	0.00	0.00	0.01	0.01

Souhaité pour la résilience
vers résilience
vers vulnérabilité
pas de changement

- Augmentation des performances économiques, stabilisation mais augmentation tendancielle ralenties bien que faibles initialement
- Augmentation N apporté par le sol et réduction de GES mais dégradation de tous les autres performances env. en particulier le stockage de C et la qté de matière active. Variabilité variable et tendances plutôt dégradées.
- Temps de travail diminué, même variabilité, résistance et tendance, initialement cste.

Résultats : comparaison des scénarios

Critère Métrique	variation relative (référence -> synergétique)								variation absolue (référence -> synergétique)								
	Niveau moyenne		Variabilité RSD en %		Résistance nb de pic		Tendance pente en %		Niveau moyenne		Variabilité RSD en %		Résistance nb de pic		Tendance pente en %		
	RCP	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5	2.6	8.5
Rendement énergie	Mj/kg DM/ha/yr	-2	-2	-34	-16	0	-50	-28	-132	-1.76	-2.36	-9.87	-5.69	0.00	-1.00	-0.03	-0.02
Rendement protéique	kg/ha/yr	11	11	-67	-26	-33	0	-50	-1599	74.63	78.21	-31.39	-10.81	-2.00	0.00	-0.04	-0.03
Marge brute	€/ha/yr	5	5	11	-17	0	-100	-8	-3	36.09	33.14	3.31	-6.09	0.00	-1.00	-0.04	-0.01
Dépendance	-	2	2	-28	20	0	0	-127	-44	0.00	0.00	-14.56	3.56	0.00	0.00	-0.04	-0.13
N apporté par le sol	kgN/ha/yr	13	14	2	-22			-31	-24	13.47	14.56	0.73	-6.99			-0.27	-0.26
Structure du sol	-	-2	-2	-5	3			-17	-14	0.00	0.00	-4.11	2.18			-0.05	-0.04
Stockage du carbone	kC/ha/yr	-15	-16	67	177			-6	-8	-40.18	-42.19	58.49	153.42			-0.23	-0.32
Qualité de l'eau	-	-4	-4	47	-11			-7	-3	-0.03	-0.03	14.49	-3.38			-0.02	-0.01
Matière active pest.	kg/ha/yr	20	22	-44	-21			-873	-195	0.47	0.50	-39.75	-14.80			-0.05	-0.10
Eau bleue	-	-1	0	-21	-2			20	-35	0.00	0.00	-2.33	-0.25			0.03	-0.10
GES	kg eq CO2/ha/yr	-8	-8	29	95			-1	0	-67.25	-67.39	41.15	125.85			-0.07	0.00
Temps de travail	h/ha/yr	-5	-6	1	0	0	0	106	29	-0.25	-0.27	0.70	-0.07	0.00	0.00	0.01	0.01

Souhaité pour la résilience
vers résilience
vers vulnérabilité
pas de changement

- Augmentation des performances économiques, stabilisation mais augmentation tendancielle ralenties bien que faibles initialement
- Augmentation N apporté par le sol et réduction de GES mais dégradation de tous les autres performances env. en particulier le stockage de C et la qté de matière active. Variabilité variable et tendances plutôt dégradées.
- Temps de travail diminué, même variabilité, résistance et tendance, initialement cste.

→ Un gain de résilience globalement mitigé, certain du point de vue socioéconomique mais questionnable du point de vue env.

- **Intérêt de la démarche avec MAELIA :**
 - + évaluation multicritère, fine, dynamique
 - + gagnants/perdants d'une nouvelle organisation territoriale
 - + compromis entre performances économiques, sociales et env.
- **Perspectives de développement :**
 - Introduction de légumineuses en mélanges en ci ou en prairies temp.
 - Mobilisation d'effluents d'élevage et modulation de la fertilisation post-légumineuse
 - Dynamique de taille de troupeau, de performance animale et des prairies permanentes
 - Exploration scénarios de prix

Autres usages de MAELIA



CA2-AGRI-GE

Capacités d'atténuation et d'adaptation
du/au changement climatique
des systèmes agricoles en région Grand-Est

MAELAB

lae
laboratoire
agronomie et
environnement

AGRICULTURES
& TERRITOIRES
CHAMBRE D'AGRICULTURE
GRAND-EST

Grand Est
ALSACE CHAMPAGNE-ARDENNE LORRAINE

RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

ADEME
AGENCE DE LA
TRANSITION
ÉCOLOGIQUE



Couverts intermédiaires et flux d'eau
dans les agro-hydrosystèmes

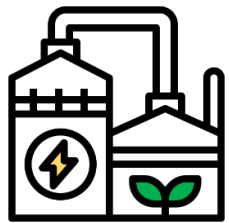
CouvAgrEau

MAELAB

lae
laboratoire
agronomie et
environnement

AGIR

OFB
OFFICE FRANÇAIS
DE LA BIODIVERSITÉ



LEGUMETHA

Introduction de légumineuses dans les
rotations pour une valorisation en
méthanisation

OPAAE

MAELAB

lae
laboratoire
agronomie et
environnement

ECOSYS
FARE

GRDF
GAZ RÉSEAU
DISTRIBUTION FRANCE

INRAE

RMT SPICEE

Séminaire annuel du RMT SPICEE

Structurer et Produire l'Innovation dans des systèmes ayant des Cultures et de l'Élevage – Ensemble
9 décembre 2022

Agronomie systèmes

Manon Dardonville



Coordinateur

Olivier Therond



Application cas d'études

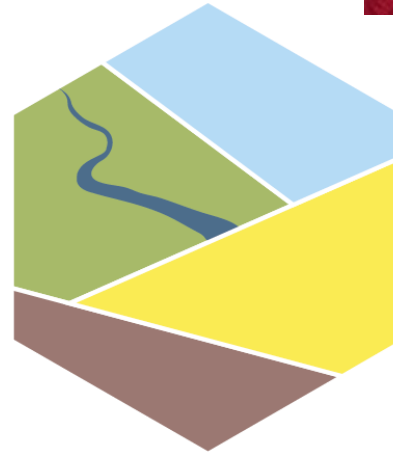
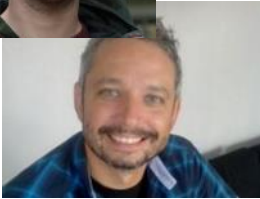
Rui Catarino, Nirina Ratsimba



Modélisation

Jean Villerd

Renaud Misslin



Méthanisation

Floriane Colas



Cycle NC

Hugues Clivot



Bioéconomie territoriale

Julie Wohlfahrt



<http://maelia-platform.inra.fr/>



@MAELIA_platform

olivier.therond@inrae.fr

Manon.dardonville@maelab.fr

Géomaticienne

Marine Belorgey