



Carrefours de l'innovation INRAE
Agriculture / Alimentation / Environnement

L'évaluation multicritère pour accompagner les transitions

25 septembre 2025 – UniLaSalle



> Introduction

Philippe Choquet – Directeur Général UniLaSalle

Sophie Nicklaus – Directrice Scientifique Alimentation et
Bioéconomie Adjointe - INRAE

Aude Alaphilippe – Ingénieur de Recherche - INRAE



Programme



9h30 - Brève histoire de l'évaluation des systèmes agricoles

10h00 - Évaluer pour concevoir

11h00 – PAUSE

11h30 - Retours d'expériences de l'utilisation de l'évaluation multicritères

12h30 – Repas (séquence poster & Visite de l'APEX)

14h00 - Méthodes et ressources pour évaluer

14h45 - Défis méthodologiques de l'évaluation

16h15 - Quels besoins de développement (séquence interactive) ?

16h25 - Évaluation multicritères au service de l'éclairage des Politiques publiques

16h45 – Fin de la journée



➤ Brève histoire de l'évaluation des systèmes agricoles

Christian Bockstaller - INRAE

Frédérique Angevin - INRAE



➤ Brève histoire de l'évaluation des systèmes agricoles

Christian Bockstaller (INRAE, LAE Colmar)

Frédérique Angevin (INRAE, Info&Sols, Orléans)



➤ Introduction

Développement durable – durabilité de l'agriculture?

Problématique multi-enjeux (critère)

Nécessité d'**évaluer** les systèmes/solutions

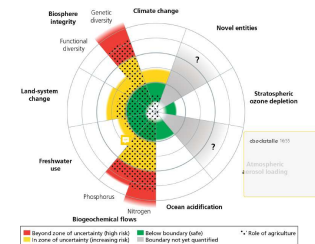
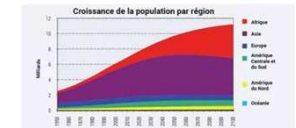
- ☞ diagnostic, suivi
- ☞ conseil, conception
- ☞ communication

Recherche opérationnelle

☞ Analyse multicritère

Sciences de la durabilité

☞ Indicateurs, évaluation



➤ Une conception pragmatique de l'évaluation

Les travaux pionniers (et critiqués)
de l'INRA de Colmar



> Tout a commencé ...



SYSTEMES DE CULTURE INTEGRES

La démarche se décompose en 3 étapes : diagnostic, mise au point d'objectifs et d'indices agroécologiques intégrés et évaluation du degré de réalisation de ces objectifs.

2 - Calcul de l'indice (IAI)

Après consultation des spécialistes, on pourrait établir qu'une culture de blé d'hiver correspond à une couverture hivernale du sol de 30 %, un seigle à 60 %, un engrais vert à 100 %, un maïs à 0 % etc... En fonction de son assolement, l'agriculteur calculera son niveau moyen de couverture du sol (par exemple pour assolement Blé 25 %, Colza 10 %, Maïs (sol nu) 30 %, Orge 25 %, Engrais verts 10 %, l'indice serait de 33 %).

L'agriculteur se positionnera ensuite par rapport à l'objectif régional (40 % par exemple). Pour l'atteindre, il pourra soit diminuer la sole Maïs et augmenter la sole Colza, soit augmenter sa surface en engrais verts.

3 - Vérification de la pertinence de l'objectif et du mode de calcul de l'indice.

COLMAR, le 12 Mars 1993

Philippe GIRARDIN

Les premiers acquis



Les premiers indicateurs

- Sommes de notes
- IPest (I-Phy)

Premiers travaux méthodologiques

- Une démarche en 7 étapes
- Méthode d'agrégation
 - Electre
 - Arbre de décision flou

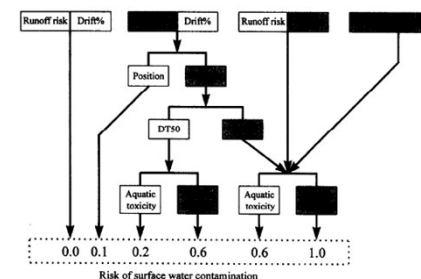
Les premiers tests

- avec des agriculteurs

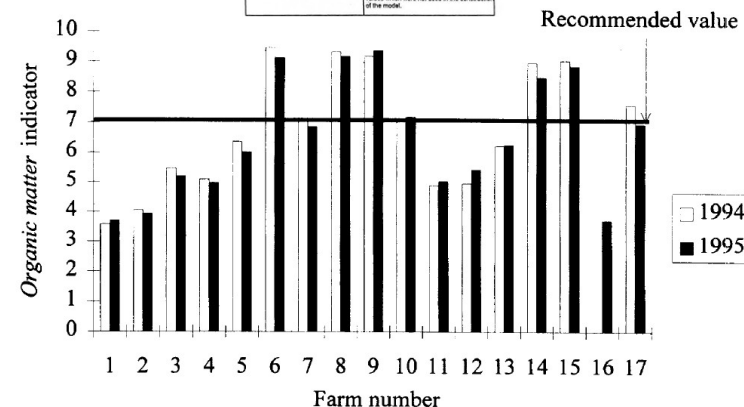
Bockstaller et al. 1997

van der Werf et Zimmer 1998

Girardin et al. 1999



INDICATOR	SIMULATION MODEL (Bockstaller, 1997)
1. Definition of objectives	1. Definition of objectives
2. Choice of basic hypotheses and driving variables	2. Choice of basic hypotheses and driving variables
3. Creation of an indicator: elaboration of its method of calculation	3. Construction of a system of equations relating state variables and input variables
4. Determination of references or norms and of veto thresholds	4. Verification: this is a matter of checking that the model accurately provides values for the output variables which are of the expected order of magnitude. If not, it implies that the construction of the model and its underlying hypotheses must be re-examined
5. Sensitivity test: to test the effect of variations of the value of a parameter, on the value of an indicator	5. Sensitivity test: to test the impact on the output variables of variation in a parameter or an input variable. This test should be done for a whole range of values of both parameters and input variables
6. Probability test: to verify the value of the indicator to the measured values of the variables which indicate the state of the system	6. Evaluation: to re-evaluate certain parameters to improve fitting between output values and measured values which were used in the construction of the previously verified model
7. Usefulness test: to check with users that the indicator is being used as a diagnostic tool or decision aid	7. Validation: to compare the values of the adjusted output variables provided by the model with some observed experimental values which were not used in the construction of the model



➤ Les premières méthodes d'évaluation



« Le club des cinq »

IDEA 2



~~DIAGE~~

~~DIALECT
DIALOGUE~~



INDIGO



Premières comparaisons

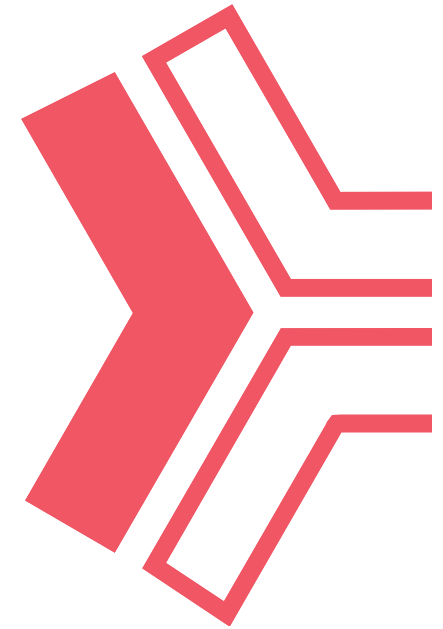


Galan et al. 2007

*Ph. Viaux (un des auteurs d'IDEA)
IDEA: une première approche, les
agriculteurs qui veulent aller plus loin
peuvent utiliser INDIGO*

➤ Une phase de maturation
scientifique et de
reconnaissance
institutionnelle de l'EMC

Différents groupes qui se forment



➤ Au sein de l'INRAE



Une demande à l'INRA

Le département « environnement et agronomie

- Le rapport Capillon (2005)

Le programme ANR Agriculture et Développement Durable (ADD)

- Projet Discotech (2005-2008)

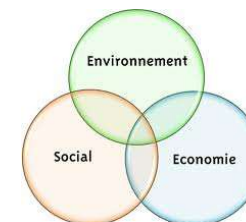
Les publications qui « explosent »

- Une « indicator explosion » (Riley 2001)
- Création d'Ecological indicators en 2002

➤ Des évaluations de la durabilité en considérant :

Des performances diverses :

- Économiques,
- Sociales,
- Environnementales.



Des impacts s'exprimant à des échelles de temps variées :

- à court terme (ex : la rentabilité),
- à moyen terme (ex : les risques pour la santé),
- à long terme (ex : le réchauffement climatique)



Des préoccupations associées à différents niveaux d'organisation :

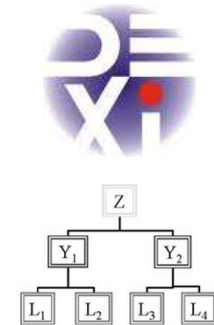
- Agriculteur
- Filière
- Territoire, Société



➤ Choix du logiciel DEXi

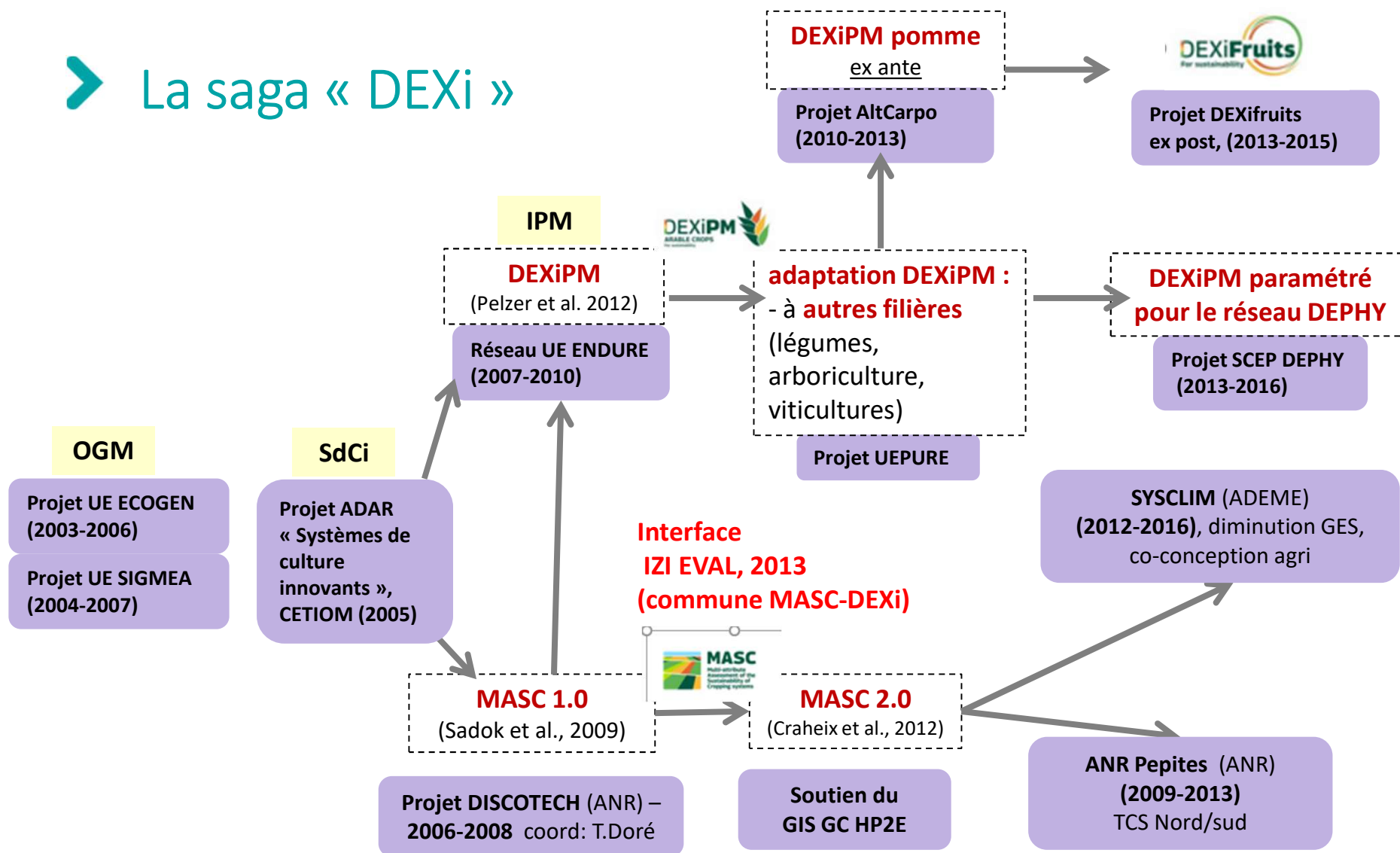
<http://kt.ijs.si/MarkoBohanec/dexi.html>

- ☐ **Développement de modèles d'aide à la décision**
- ☐ **Décomposition structurée et transparente de la problématique**
....en agrégeant les critères retenus dans une arborescence
- ☐ **Agrégation d'information ayant des unités différentes**
... en passant par des variables qualitatives communes
ex : *faible/moyen/élevé*
- ☐ **Contextualisation des évaluations**
... en modifiant le paramétrage (préférences et spécificités locales)
- ☐ **Un logiciel gratuit et facile à prendre en main**



Bohanec, M., Rajkovič, 1999
Sadok et al. 2009

➤ La saga « DEXi »



➔ Et cela continue DEXisol, DEXiCSC (Ecosse), I-BIO, DEXiAF, DEXiCacao, etc.



➤ L'analyse de cycle de vie



Travaux à INRAE Rennes, INRAE Cirad, SupAgro Montpellier

Une méthode puissante: évaluation des impacts, comparaison de systèmes hétérogènes

Un cadre méthodologique normalisé (mais pas les méthodes de calcul)

Une communauté scientifique au niveau international

Méthodes
« conventionnelles »



*Prise en compte de l'amont
dans les indicateurs « énergie »*

*Indicateurs évaluant les effets
directs du système*

Analyse cycle de vie
(ACV)



Bockstaller et al., 2015; Repar et al. 2017

➤ Une méthode qui dure ... IDEA



1997

Demande de la DGER



1996-2000 IDEA 1



L. Vilain, P. Girardin C. Mouchet, P. Viaux et al.

2000-2002 IDEA 2



2008 IDEA 3



2017-2022 IDEA 4



Casdar ACTION



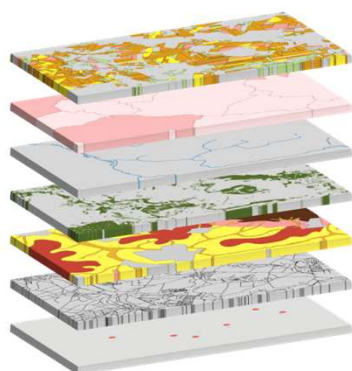
F. Zahm et un nouveau conseil scientifique

➤ On change d'échelle : MAELIA (Therond et al. 2014)

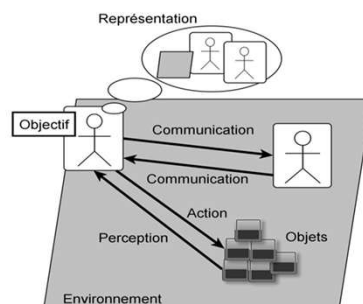


Développement de la plateforme d'évaluation et de modélisation intégrée des territoires agricoles : MAELIA

SIG à haute résolution



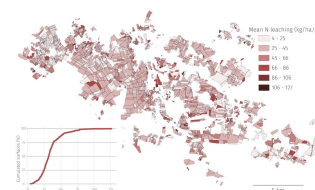
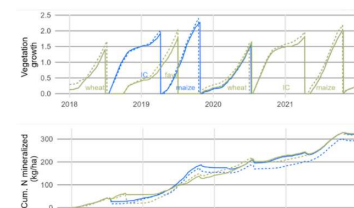
Système multi-agent



Co-construction
Représentation territoire
Scénarios



- Evaluation multicritères
- Simulations dynamiques <-> résilience
- Spatialement explicite



Criteria	Unit	Trend	Variability	Resistance
Performance attributes				
Energy yield	kg/ha	0.18	0.75	0
Protein yield	kg/ha	0.07	0.25	0
Gross Margin	€/ha	0.75	0.75	1
Mineral economic	€/ha	-0.02	0.75	1
Mineral N supplied to the ecosystem	kg/ha	0.07	0.75	0
Carbon storage in the soil	kgC/ha	0.07	0.75	0
Blue water	kg/ha	-0.02	0.75	1
Water quality	kg/ha	-0.02	0.75	1
Greenhouse gas emissions	kgCO2e/ha	-0.02	0.75	1
Mineral N supplied to the ecosystem	kg/ha	0.07	0.75	0
Carbon storage in the soil	kgC/ha	0.07	0.75	0
Blue water	kg/ha	-0.02	0.75	1
Water quality	kg/ha	-0.02	0.75	1
Greenhouse gas emissions	kgCO2e/ha	-0.02	0.75	1
Mineral N supplied to the ecosystem	kg/ha	0.07	0.75	0
Carbon storage in the soil	kgC/ha	0.07	0.75	0
Blue water	kg/ha	-0.02	0.75	1
Water quality	kg/ha	-0.02	0.75	1
Greenhouse gas emissions	kgCO2e/ha	-0.02	0.75	1

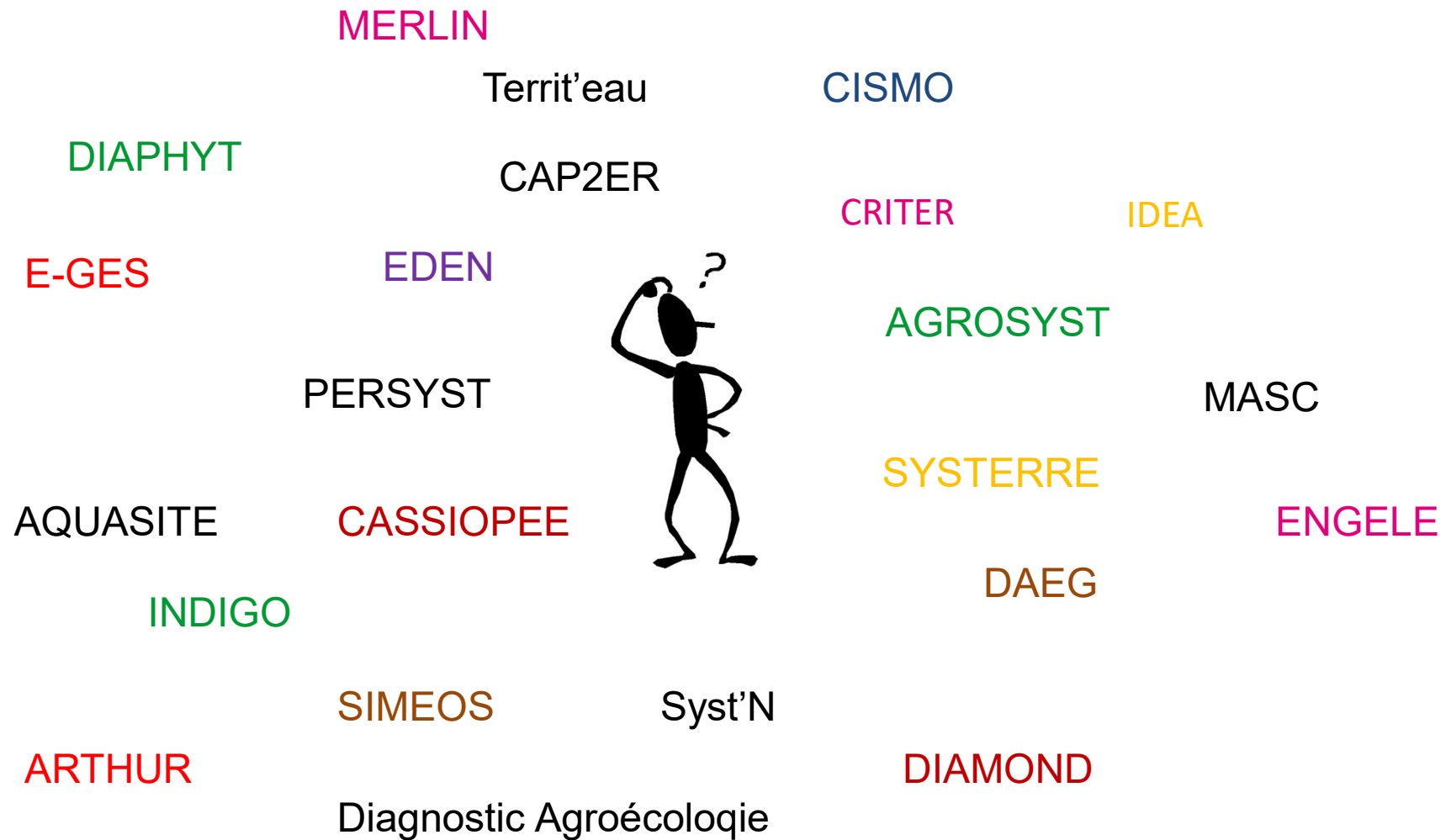
20 publications
35 cas d'étude
20 postdoc
14 thèses

> ... à l'explosion de méthodes

Le besoin de synthèses,
d'aide au choix de méthode



➤ Une diversité de méthodes et outils



➤ Une plate forme d'aide au choix des méthodes ➤



Définition de la situation d'usage

☞ Evaluer quoi, pour quoi, pour qui ? etc.

Aide au choix



Sorties: méthodes répondant au mieux aux critères

ETAPE : **ETAPE 1** ETAPE 2

Critères étape 1

Production(s) dominante(s)

- ☐ Grandes Cultures
- ☐ Viticulture
- ☐ Arboriculture
- ☐ Productions maraîchères / horticultures
- ☐ Légumes de plein champ
- ☐ Cultures tropicales
- ☒ Elevage herbivore
- ☐ Elevage monogastrique
- ☐ Cultures hors sol

Enjeu

- ☐ Economique
- ☐ Social
- ☐ Technique / agronomique

Environnement

- ☐ Déchets
- ☒ Energie

Sol

- ☐ Erosion et ruissellement
- ☐ Matière organique
- ☐ Compactage

Homme

- ☐ Paysage
- ☐ Nuisances
- ☐ Santé

Air

- ☒ Emission de GES
- ☐ Autres (gaz acidifiants, PP)

Biodiversité

- ☐ Contribution à la biodiversité domestique
- ☐ Contribution à la biodiversité sauvage

Eau

UTILISATEUR : Invité

RESULTATS

Etape 1

Intégrer un outil dans le tableau de résultat :

Critère	Modalité	CAP2ER NIVEAU 2	CAP2ER NIVEAU 1	CLIMAGRI	DIALECTE	DIA'TERRE	ENGELE
Production(s) dominante(s)	Elevage herbivore						
Enjeu > ... > Environnement	Energie						
Enjeu > ... > Air	Emission de GES						
Echelle spatiale de restitution des indicateurs	Atelier d'élevage						
Finalité de l'évaluation	Faire des simulations de changement de pratiques						
NOTE		5/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5

Autre(s) outil(s) ayant une note de 4 :

IDEA - Méthasim - Xpert Environnement

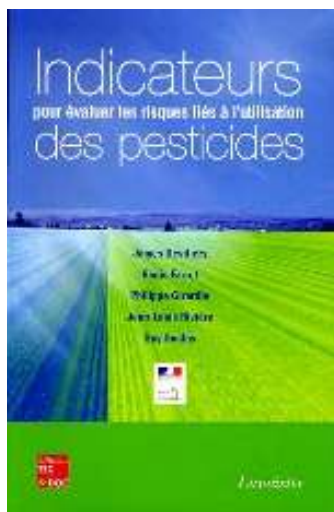
A SAVOIR : Pour affiner votre recherche, passez à l'étape 2

Télécharger le pdf de l'étape 1 :

➤ Des synthèses

Sur les indicateurs

Pesticides (Devilleers et al. 2005)



Sur les méthodes

Lairez et al. 2016

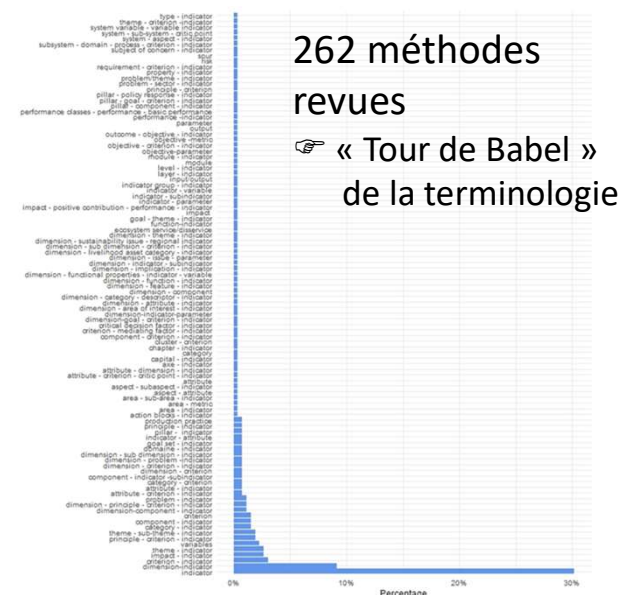


(Soulé et al. 2021)



Environmental sustainability assessment in agricultural systems: A conceptual and methodological review

Emma Soulé^{a,b,*}, Philippe Michonneau^b, Nadia Michel^c, Christian Bockstaller^a



Biodiversité (Bockstaller et al. 2019)

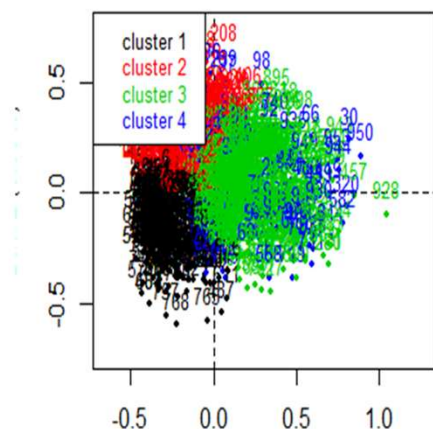
Innovations Agronomiques 75 (2019), 73-86

Les indicateurs de biodiversité pour accompagner les agriculteurs : embarras du choix ou pénurie ?

Bockstaller C.¹, Lassere-Joulin F.², Meiss H.², Sausse C.³, van der Werf H.⁴, Denoirjean T.⁵, Ranjard L.⁶, Angevin F.⁷, Manneville V.⁸, Michel N.², Tosser V.⁵, Plantureux S.²

➤ Investissement collectif à INRAE

Analyse des travaux INRAE sur EMC (n=954) (Groupe EMC Gésan-Guiziou et al. 2020)



Groupe 1 (n=239) : sans cadre méthodologique EMC pour choisir

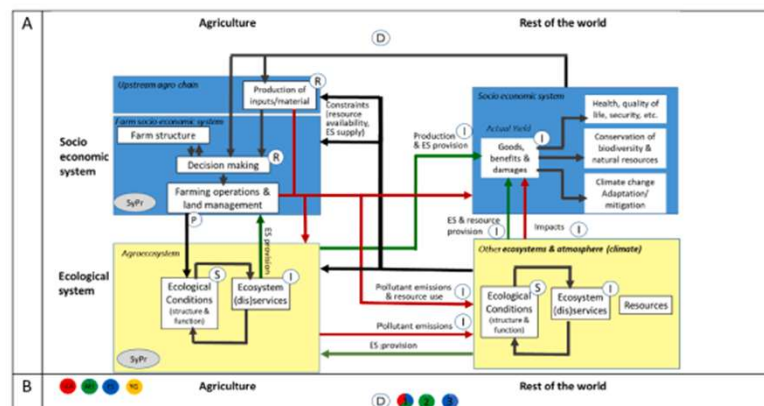
Groupe 2 (n=280) : avec méthode EMC spécifique concernant

qualité des aliments et impact sur **santé humaine**

Groupe 3 (n=359) : avec méthode EMC spécifique sur objet varié
(plante, animal, territoire) pour **l'évaluation de la durabilité**

Groupe 4 (n=76) : étude avec participation des acteurs

Unification des cadres (étude INRAE TempAg Bergez et al. 2022)



- Indicateurs agro-environnementaux
- Services écosystémiques
- Analyse de cycle de vie
- Yield gap

➤ La base INDIC



116 méthodes, 6 revues, 4916 indicateurs recensés et décrits sur les quatre dimensions

- Inventaire réalisé dans le cadre des travaux du GIS Grandes Cultures et projet Ecophyto E-DISC

METHODS AND REVIEWS SHEETS

INDIC 2.1: Methods and Reviews Sheets

PART 1 : GENERAL DATA ON THE METHOD OR REVIEW

Method or Review name	IDEA 3	Method or Review number	M001 If it is a method : Mxxx If it is a review : Rxxx
Reference	Boisset K., Girardin P., Guillaumin A., Mouchet C., Viaux P., Vilain L., Zahm F., 2007, IDEA3 Indicateurs de durabilité des exploitations agricoles. Bergerie Nationale.	Previous number	M001
Type of reference	Book	Seminal work	Vilain L., La méthode IDEA. Educagri, 2000, Dijon (France).
Origin	France	PDF file	
Year of publication	2008	Multithematic	☒
Identifiers (DOI, ISBN)	978-2-84444-669-5	Comment	Self-assessment Pedagogical tool The web link refers to the pdf document. The mention "book" in the type of ☐ English or English and German
Webpage	https://methode-idea.org/ressources/version-1		

PART 2 : METHOD'S DATA

If it is a review : Do not complete this part, go directly to Part 3.

Scope	Generic	Method's Designer(s)	Method's User(s)
Geographical scope	France (based on example and test implementation given in the reference)	Research ☐	Research ☒

Before starting, read the user guide [User guide](#)

[Research item in method](#)
[Research indicator by key word](#)
[Research ambiguities](#)
[Research indicators by sub-criteria](#) [Link to criteria_subcriteria](#)

This project was financed by the GIS Grande Culture à Hautes Performances Économiques et Environnementales. It was also financed by the OFV in the framework of the Ecophyto project "E-DISC". Authors: Thomas-Delille Emilie, Feschet Pauline, Schneller Chloé, Bockstaller Christian, 2015. Update: Hufschmitt Elisabeth, Bockstaller Christian, 2021-2023, Tromp Emma 2023. With scientific support of Frederic Zahm,

Pour plus d'informations, contactez :
 Christian Bockstaller : christian.bockstaller@inrae.fr
[Exit INDIC](#)

➤ La plateforme MEANS



Faciliter mise en œuvre ACV

- Outil In-Out
- Lien avec logiciel ACV

Mettre à disposition :

- des méthodes EMC INRAE (grandes cultures, arboriculture, élevage...)
- Une méthode d'agrégation intégrant de la logique floue (CONTRA)
- Une interface pour les modèles conçus avec DEXI (sorties graphiques, analyses de sensibilité)

➤ Les questions de recherche actuelles

Cadre conceptuel

Prise en compte des services

Prise en compte de l'incertitude avec la logique floue

Changement échelle



➤ Conclusions et perspectives

Un développement marquant des travaux en 30 ans

De l'évaluation environnementale à celle de la durabilité

Une explosion d'indicateurs et de méthodes

Un recours à l'agrégation pour comparer des options et choisir (DEXi, CONTRA...)

Des thèmes à approfondir ou à aborder :

Biodiversité, microplastiques, impacts sur santé humaine, etc.

Des questions :

Comment prendre en compte

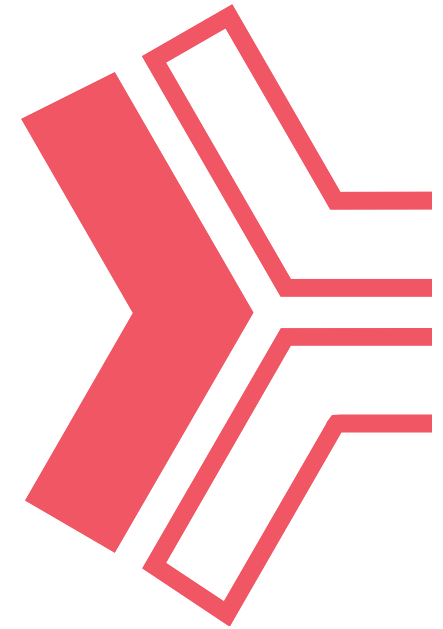
- les aspects dynamiques (résilience) ?
- les services rendus par les pratiques agroécologiques ?

Comment changer d'échelle (de la parcelle au territoire) ?

Comment faciliter l'utilisation (prise en compte des situations d'usage, ergonomie, capitalisation des efforts et de l'existant, etc.) ?

Cf. la table ronde

➤ Questions - Réponses



➤ Évaluer pour concevoir



➤ Evaluer la durabilité dans les processus de conception d'innovations

Frédérique Angevin et Caroline Pénicaud
INRAE, UR Info&Sols, Orléans

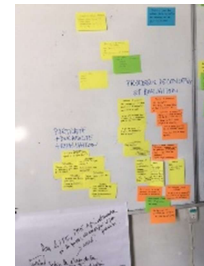
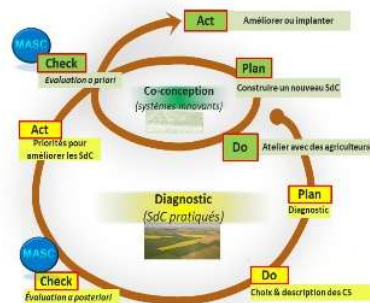
Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech,
UMR SayFood, Palaiseau



➤ Origine de ce travail



IV- Utiliser de MASC dans un processus de co-conception innovante



Quand la durabilité doit-elle être évaluée dans le cadre d'un processus de conception innovante ?

Février 2018
Séminaire



Atelier d'écriture

Questions de recherche

Opérationnel

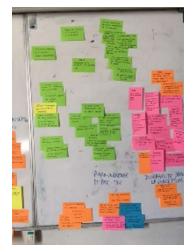
➤ Q1 Comment mesurer, évaluer et améliorer la valeur durable collective ?

Organisationnel

➤ Q2 Comment permettre un pilotage collectif de la valeur durable en identifiant les données et les flux d'information à partager entre acteurs ?

Stratégique

➤ Q3 Comment faire adhérer tous les acteurs autour de l'harmonisation de leurs objectifs DD ?



Quelles sont les caractéristiques essentielles d'une évaluation de la durabilité pour qu'elle soit efficace et utile ?

➤ Méthode



Réflexion sur un cas emblématique : les biocarburants

Recherche bibliographique (1960–2019)



bio(-)fuel,
bio(-)ethanol,
bio(-)diesel

- (1) Life cycle assessment or LCA,
- (2) second generation or 2G,
- (3) stakeholder(s)
- (4) design process

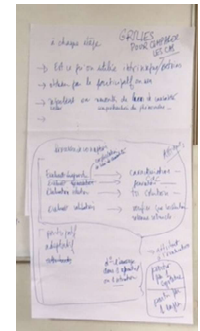


Recherche bibliographique (1960–2019)

The biofuel keywords
with Life Cycle Assessment or LCA and
Sustainability assessment



- Schématisation de la prise en compte progressive de la question de la durabilité dans le développement d'une nouvelle technologie
- Partage de connaissances sur les pratiques respectives de conception et d'innovation dans les cadres agricole et alimentaire



Contexte



« La sécurité alimentaire sera de plus en plus compromise par le changement climatique à venir en raison de la baisse des rendements, en particulier dans les régions tropicales, de l'augmentation des prix, de la réduction de la qualité des nutriments et des perturbations de la chaîne d'approvisionnement » (GIEC, 2019)

- Baisse des rendements, qualité des nutriments, instabilité des productions, réduction de l'accessibilité à l'alimentation (économique et physique)
- Végétalisation de l'alimentation pour une réduction de l'usage des sols et des émissions de GES, réduction des inégalités économiques pour garantir l'accès à tous aux ressources, réduction du gaspillage, développement des bioénergies

➔ Des objectifs qui peinent à être poursuivis simultanément et requièrent des évaluations multicritères et multidimensionnelles des systèmes existants et des impacts des solutions de transformation envisagées



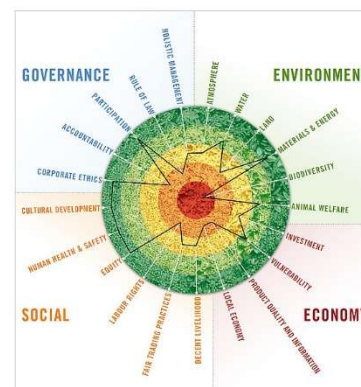
Environmental sustainability assessment in agricultural systems: A conceptual and methodological review

Emma Soulé^{a,b}, Philippe Michonneau^b, Nadia Michel^c, Christian Bockstaller^a

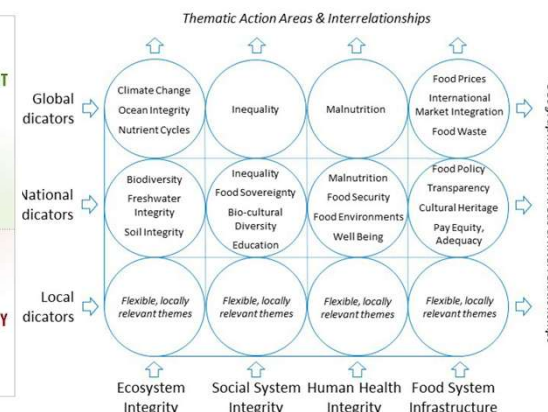
262 études couvrant le secteur agricole mondial entre 1993 et 2019 en prenant en compte uniquement la dimension environnementale

Metric	Indicator	Median	Source	GDP correlation
Food Nutrient Adequacy	Shannon Diversity of Food Supply	41	Remans et al. ³³	0.53
	Non-Staple Food Energy	44	Remans et al. ³³	0.42
	Modified Functional Attribute Diversity	46	Remans et al. ³³	0.72
	Population Share with Adequate Nutrients	76	This study	0.70
	Nutrient Balance Score	75	This study	0.64
Ecosystem Stability	Nutrient Balance Score	12	This study	0.46
	Disqualifying Nutrient Score	47	This study	-0.74
	Ecotone State	43	Hsu et al. ³⁴	-0.36
Affordability and Availability	Per-Capita GHG Emissions	31	This study	0.51
	Per-Capita blue water consumption	50	This study	-0.79
	Per-Capita Land Use	50	This study	-0.75
	Per-Capita Non-Renewable Energy Use	28	World Bank ³⁵	-0.09
	Per-Capita Biodiversity Footprint	30	Chaudhary et al. ³⁶	0.02
Sociocultural Wellbeing	Food Affordability	43	GFPI ³⁷	0.83
	GFPI Food Availability Score	56	GFPI ³⁷	0.80
	Poverty Index	88	GFPI ³⁷	0.82
	Income Equality	82	World Bank ³⁸	0.24
	Gender Equity	60	WFP ³⁹	0.71
Resilience	Extent of Child Labor	50	WFP ³⁹	0.43
	Respect for Community Rights	60	WFP ³⁹	0.63
	Animal Health and Welfare	60	WFP ³⁹	0.70
Food Safety	SDG-SDG Country Index	57	Chen et al. ⁴³	0.64
	Food Production Diversity	64	Remans et al. ³³	0.80
	Global Burden of Foodborne Illnesses	53	WFP ³⁹	0.76
Waste and Loss Reduction	Food Safety Score	88	GFPI ³⁷	0.70
	Pre- and Post-Consumer Food Waste and Loss	68	GFPI ³⁷	0.80

Chaudhary et al., 2018



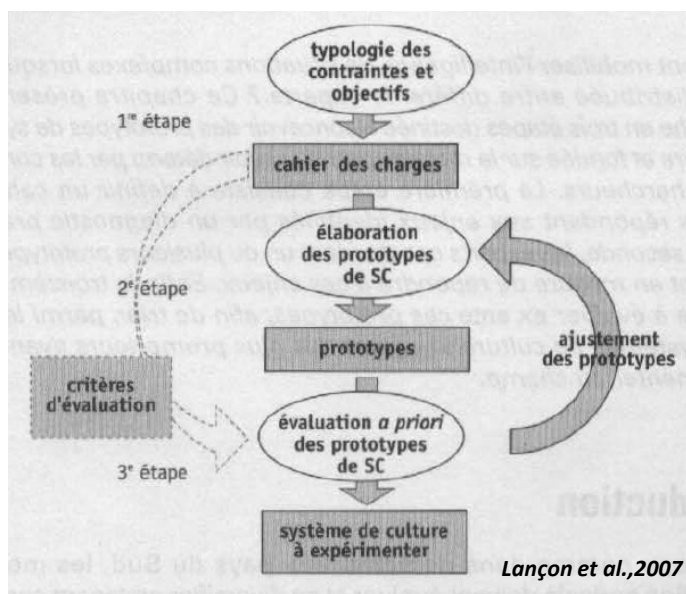
Le SAFA de la FAO (2013) propose 21 thèmes et 58 sous-thèmes



➤ Conception innovante



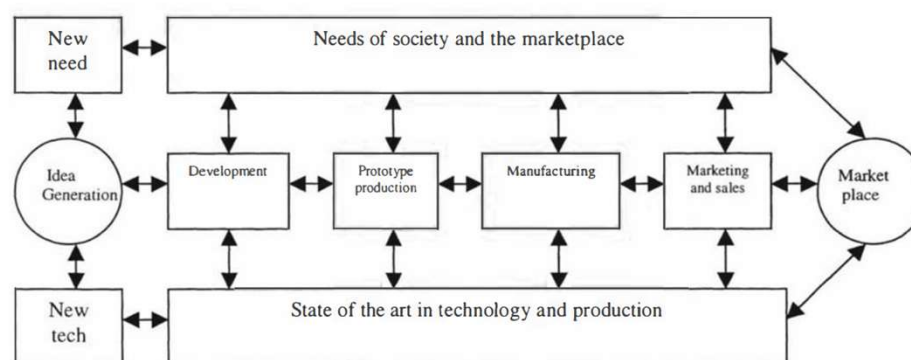
Pour les systèmes agricoles : une activité de type R&D



Approches à tendance linéaire :

- basées sur des expertises de natures diverses
- avec des rétroactions

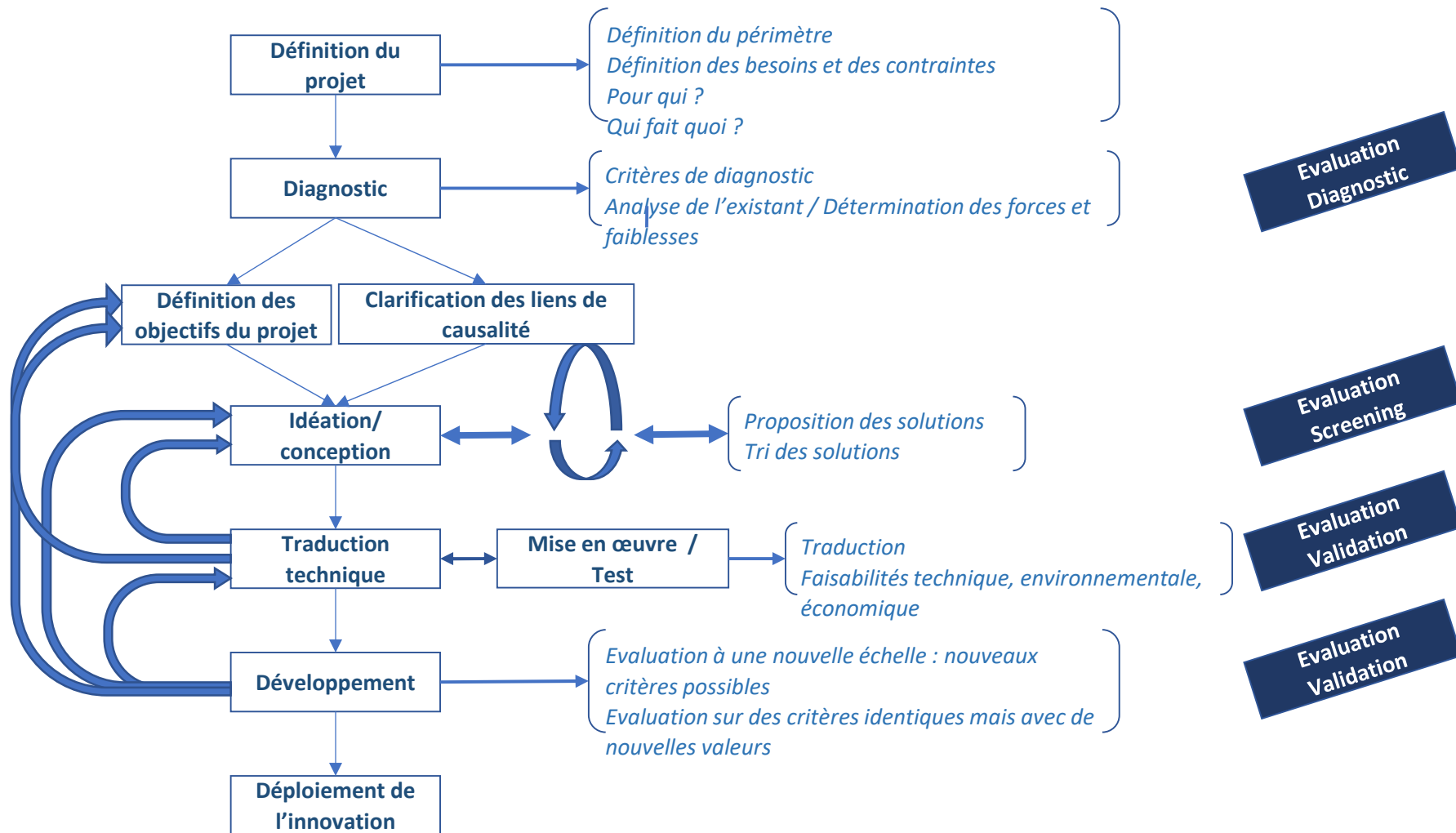
En agroalimentaire : une activité intégrée



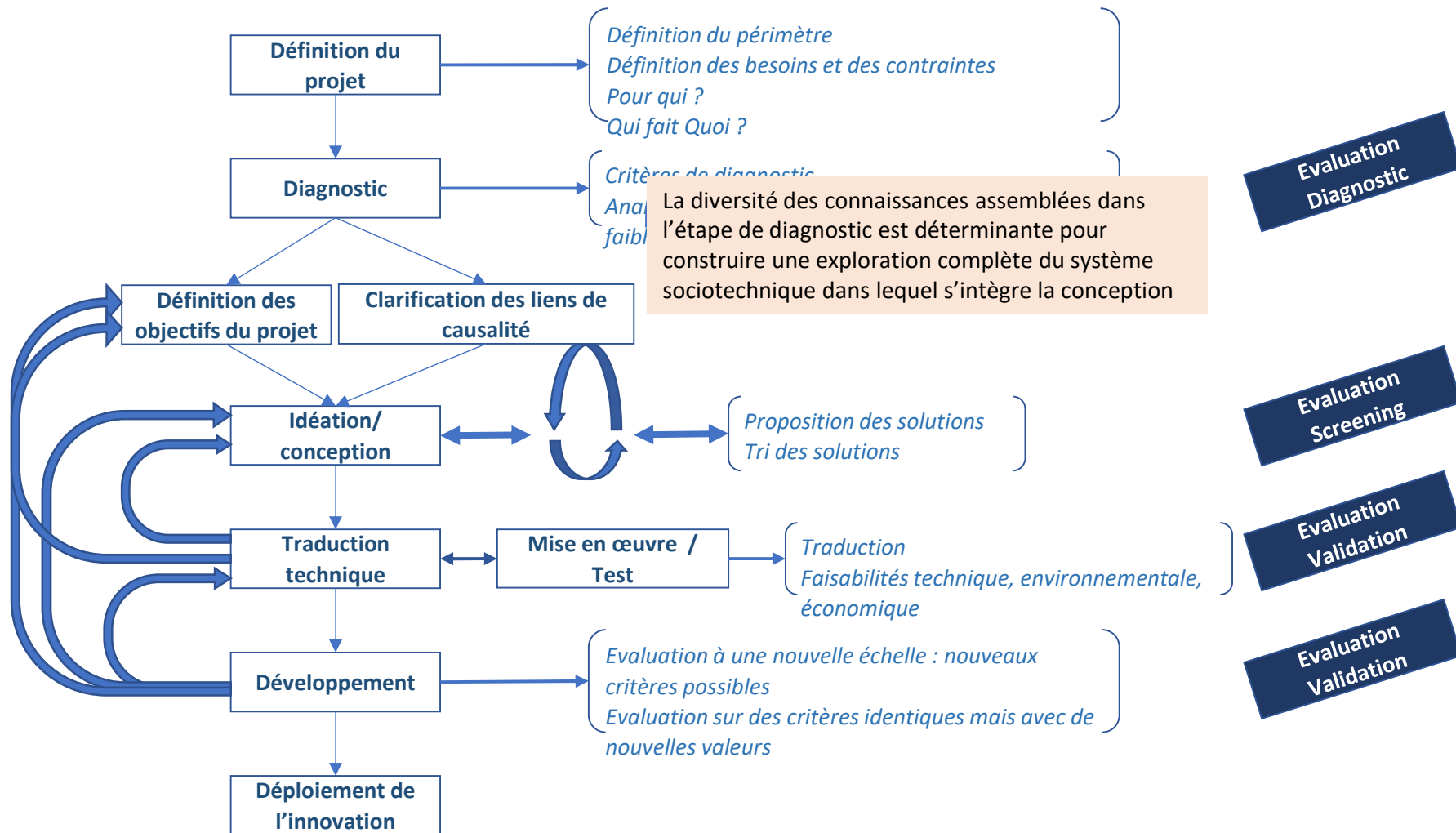
Source: Rothwell (1992)

Activité relativement linéaire inscrite dans le fonctionnement de l'entreprise, reliée par de multiples facettes à des écosystèmes externes, mais dont le processus décisionnel demeure interne malgré le développement des approches de Design Thinking (Kimbrell, 2011 ; Pedersen, 2020)

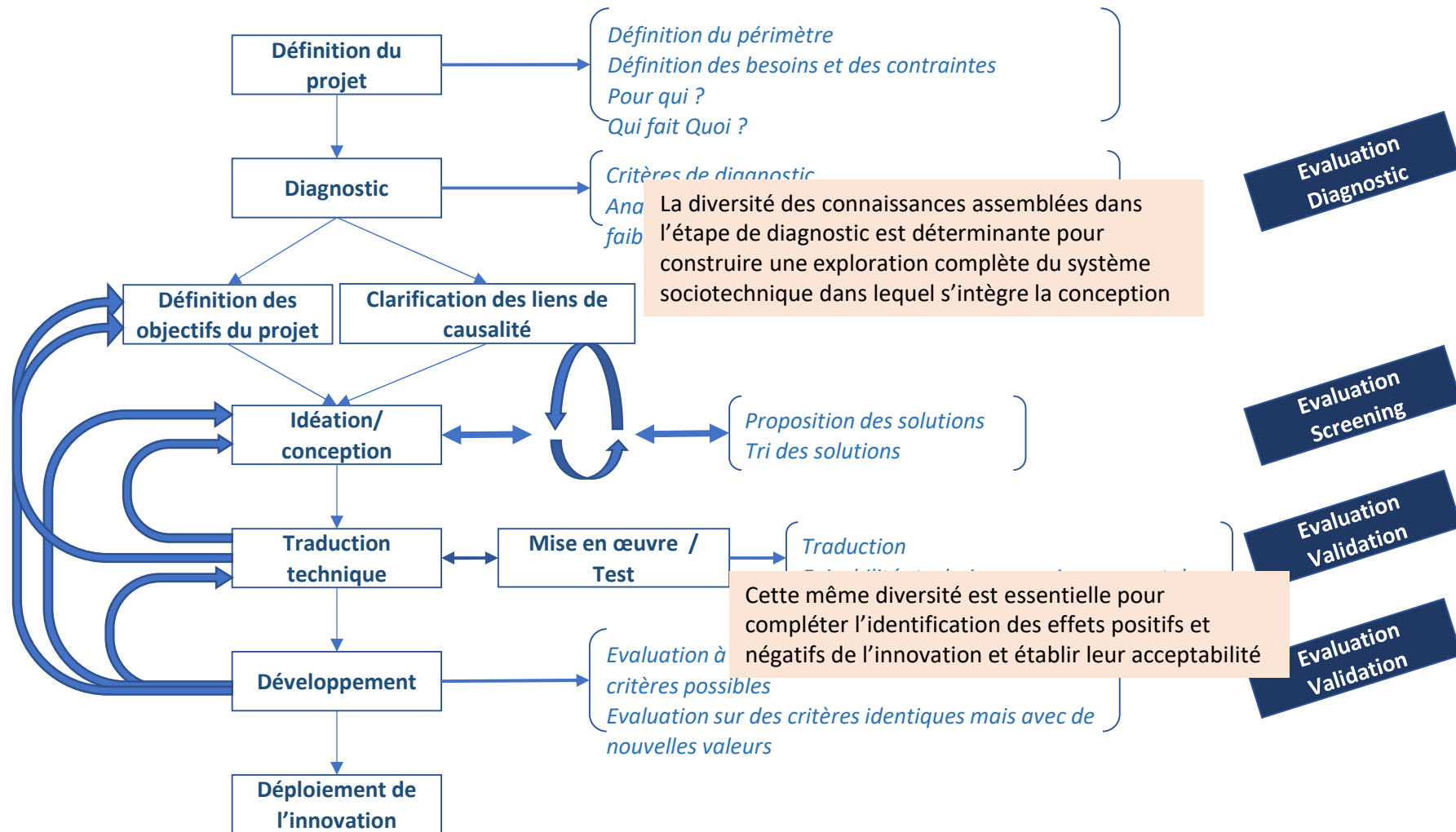
➤ Un cadre générique pour la conception d'innovations durables



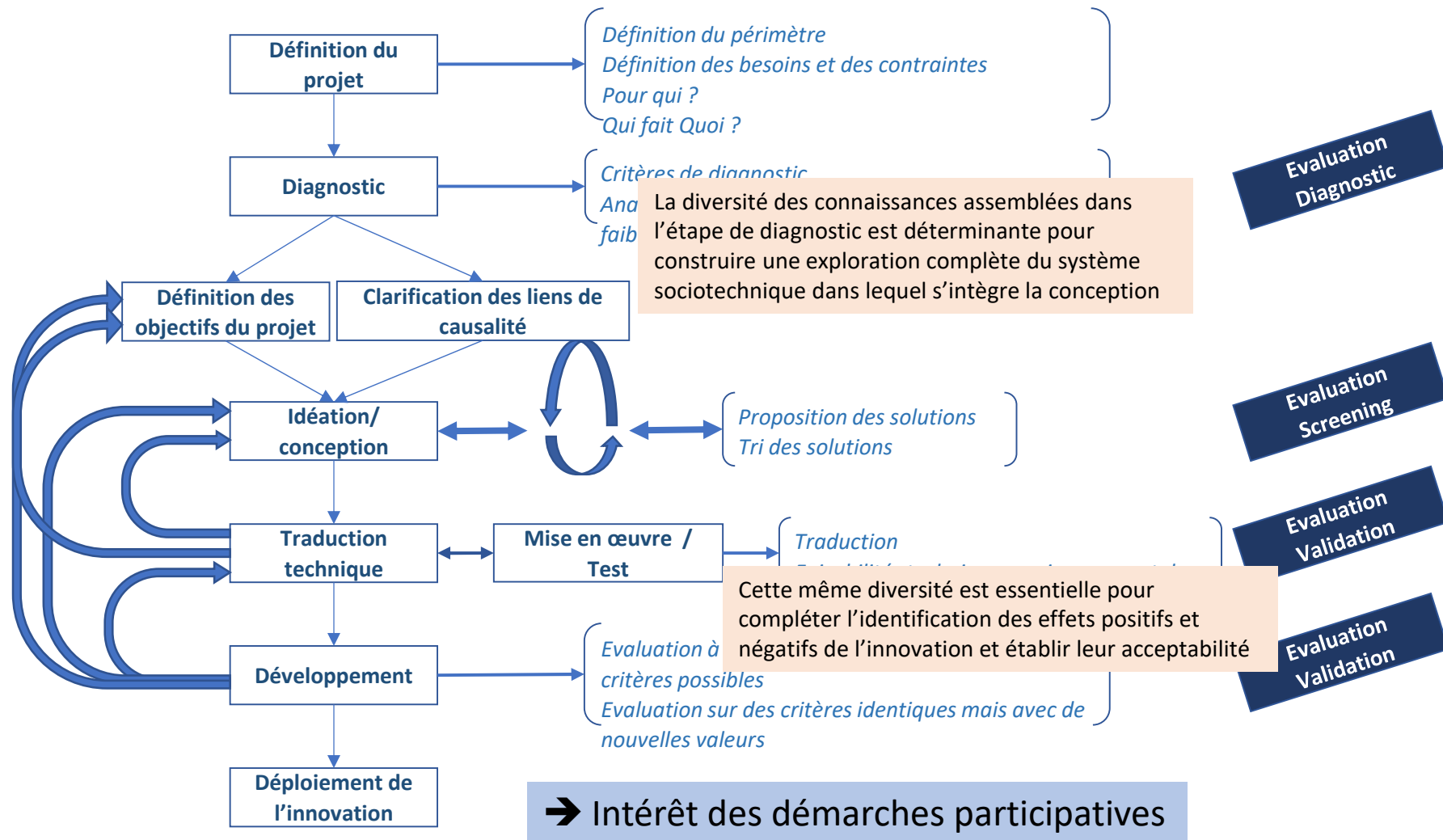
➤ Un cadre générique pour la conception d'innovations durables



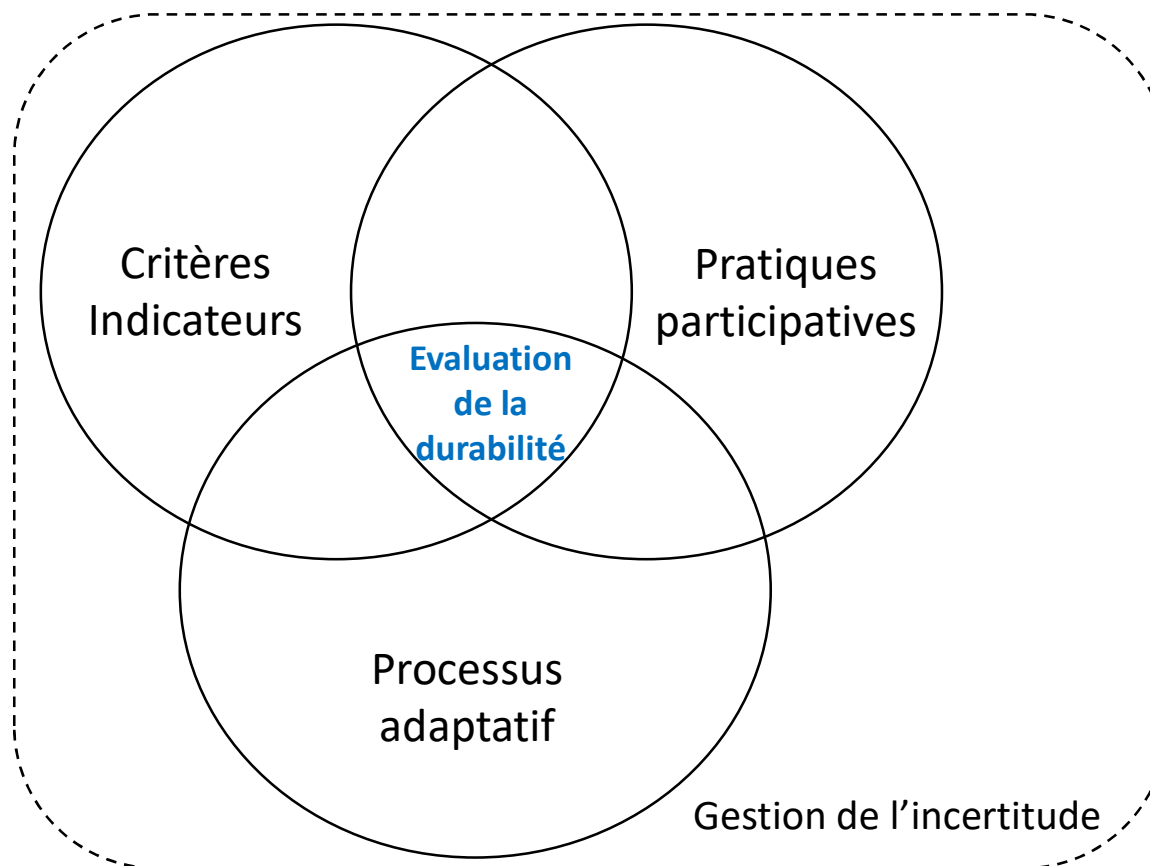
➤ Un cadre générique pour la conception d'innovations durables



➤ Un cadre générique pour la conception d'innovations durables



➤ Quelles caractéristiques pour une évaluation de la durabilité efficace ?

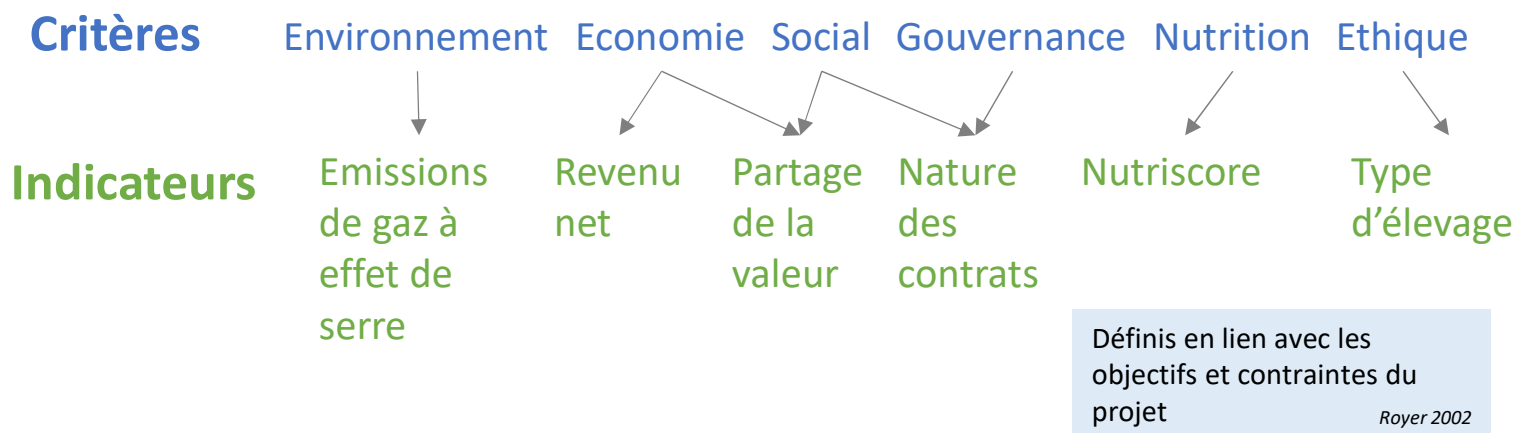


➤ Critères et indicateurs



Durabilité : toujours une question multicritère...

- Agriculture
 - Premières priorités : objectifs économiques et agronomiques
 - Environnement : pertes azotées, pollution aux pesticides, érosion des sols, pertes de biodiversité, émissions de gaz à effet de serre
- Alimentation
 - Premières priorités : objectifs technico-économiques, acceptabilité consommateurs (études de marché), contraintes réglementaires

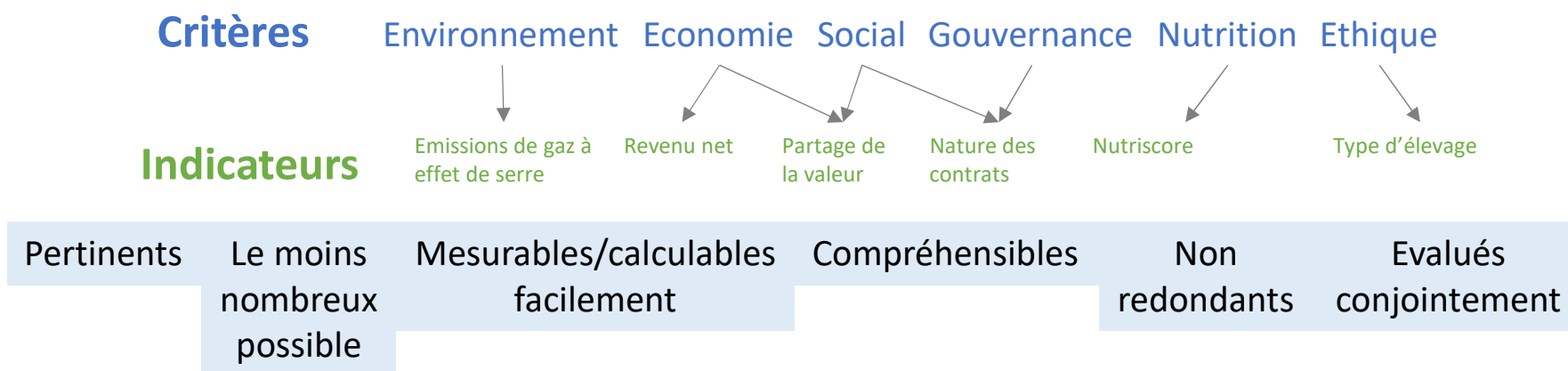


Critères et indicateurs



Durabilité : toujours une question multicritère...

- Agriculture
 - Premières priorités : objectifs économiques et agronomiques
 - Environnement : pertes azotées, pollution aux pesticides, érosion des sols, pertes de biodiversité, émissions de gaz à effet de serre
- Alimentation
 - Premières priorités : objectifs technico-économiques, acceptabilité consommateurs (études de marché), contraintes réglementaires



Baker et al. 2002; Keeney and Raiffa 1976; Maystre et al. 1994; Recchia et al. 2011; Sadok et al. 2009

Carrefour de l'Innovation Inrae

25/09/2025 – L'évaluation multicritère pour accompagner les transitions

p. 42

➤ Critères et indicateurs



Durabilité : toujours une question multicritère...

- Agriculture
 - Premières priorités : objectifs économiques et agronomiques
 - Environnement : pertes azotées, pollution aux pesticides, érosion des sols, pertes de biodiversité, émissions de gaz à effet de serre
- Alimentation
 - Premières priorités : objectifs technico-économiques, acceptabilité consommateurs (études de marché), contraintes réglementaires

Critères Environnement Economie Social Gouvernance Nutrition Ethique

L'impact sur la durabilité ne peut être évalué que si des indicateurs extrinsèques portant sur les impacts environnementaux et sociaux externes sont inclus dans l'évaluation ➔ A inclure explicitement dans l'objectif

Développer un nouvel aliment avec des protéines végétales

VS

Diminuer l'impact environnemental des aliments riches en protéines

Sadok et al. 2009

p. 43

➤ Pratiques participatives



Objectifs

- ✓ Déterminer des objectifs
- ✓ Définir des critères et indicateurs
- ✓ Prioriser les critères et indicateurs
- ✓ Proposer des scénarios
- ✓ Evaluer des modalités (faisabilité)

De Luca et al. 2017

Avantages

- ✓ Connaissances et données situées
- ✓ Indicateurs intrinsèques basés sur connaissances expertes
- ✓ Acceptabilité /Acceptation de l'innovation

Altieri 2004; Cerf et al. 2012

Points de vigilance

- ✓ Chronophage/laborieux
- ✓ Qui inclure ? Quelles contributions attendues ?
- ✓ Quelle méthode utiliser ?

Challenge : via des indicateurs extrinsèques rendre visible les rôles, les attentes, les valeurs ou les contraintes des acteurs non humains (ex : environnement) et des acteurs humains dont les positions sociales les rendent difficilement audibles

➤ Processus adaptatif



Durabilité

Concept évolutif

Pas forcément le même pas de temps d'évolution



Innovation

Objet conçu évolue
Processus dynamique

Evaluation = photo à un instant t

- à répéter plusieurs fois lors du processus
- alimente les boucles de rétroaction

Forme et contenu (critères, indicateurs) peuvent évoluer au cours du temps

Objectifs, connaissances, parties prenantes, sorties attendues, changement d'échelle

Chebaeva et al. 2021

Gestion de l'incertitude



Durabilité : notion à définir

Approche participative



Recherche de consensus

Données

Exactitude
Précision

Représentativité
Variabilité
biologique

Réplication mesures

Prototypage

Connaissances expertes

Modèle d'évaluation

Calcul des indicateurs Structure
 Modèles non linéaires
Méthode d'agrégation Paramètres
 Calibration, Validation

Approche mathématique

Approche participative



- ✓ Représenter clairement l'incertitude dans le résultat de l'évaluation
- ✓ Combinaison d'approches mathématiques spécifiques (ex : logique floue) et méthodes multicritères

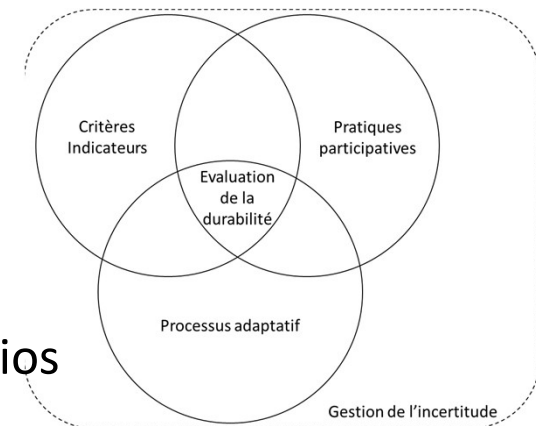
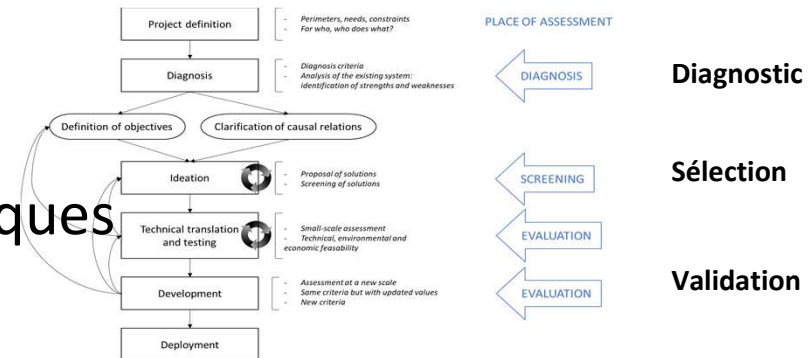
Walker et al. 2003

Ardente et al. 2004; Bockstaller et al. 2017; Diaz-Balteiro et al. 2017

➤ Conclusion



- ✓ Mobiliser des indicateurs extrinsèques ciblant les objectifs de durabilité
- ✓ Processus itératif
 - Boucles de rétroaction initiées par l'évaluation
 - Critères définis avant et pendant le processus
- ✓ Implication parties prenantes pour
 - Déterminer des objectifs
 - Définir des indicateurs intrinsèques
 - Apporter des connaissances et des données
 - Evaluer des modalités et/ou proposer des scénarios
- ✓ Représentation transparente de l'incertitude



➤ Merci pour votre attention !



Article complet :

Aurélie Perrin, Gwenola Yannou-Le Bris, Frédérique Angevin, Caroline Pénicaut. Sustainability assessment in innovation design processes: place, role, and conditions of use in agrifood systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 2023, 43 (1), <10.1007/s13593-022-00860-x> ; <hal-03997371f>

➤ Soutenir la conception d'aliments intégrant les dimensions environnementales, nutritionnelles et sensorielles

Caroline Pénicaud

Directrice de recherche INRAE

UMR SayFood, Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech



Contexte & Enjeux



Production d'aliments

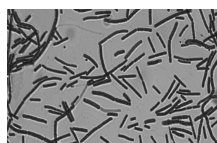


Qualité sanitaire



Comment intégrer la dimension environnementale dans la conception et la conduite des systèmes de production d'aliments ?

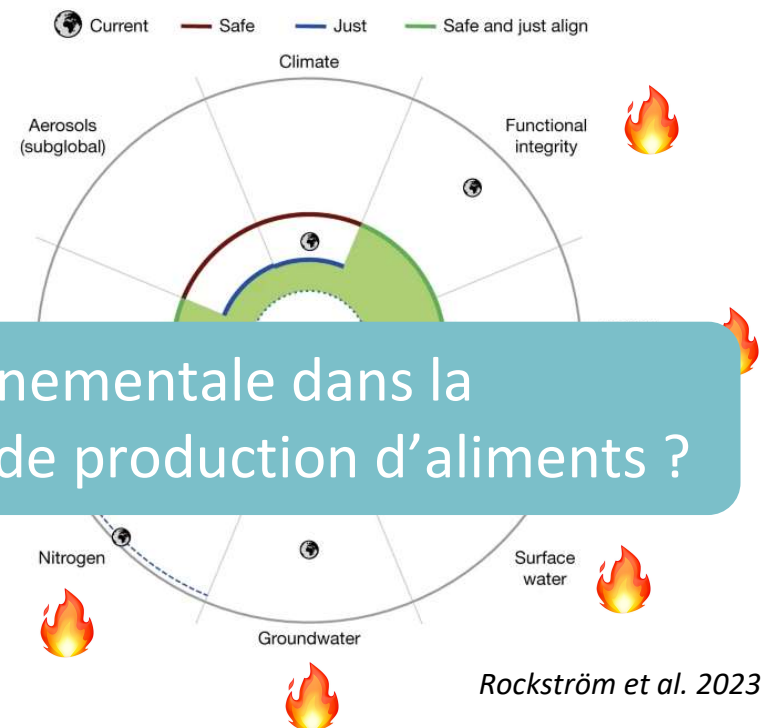
Qualité fonctionnelle



Qualité environnementale



Urgence environnementale



~1/3 des impacts environnementaux liés à la production des systèmes alimentaires

Tukker et al. 2006, Xu et al. 2021

➤ Evaluation multicritère



Objectif : développer un outil permettant de (re)concevoir un produit alimentaire en tenant compte de plusieurs dimensions de sa qualité

Usages souhaités de l'outil

- Evaluer un produit par rapport à d'autres produits de la même catégorie alimentaire
- Analyser la contribution des différents critères et indicateurs
- Améliorer la qualité de l'aliment en identifiant des moyens de le repenser

Cas d'étude

Pizzas



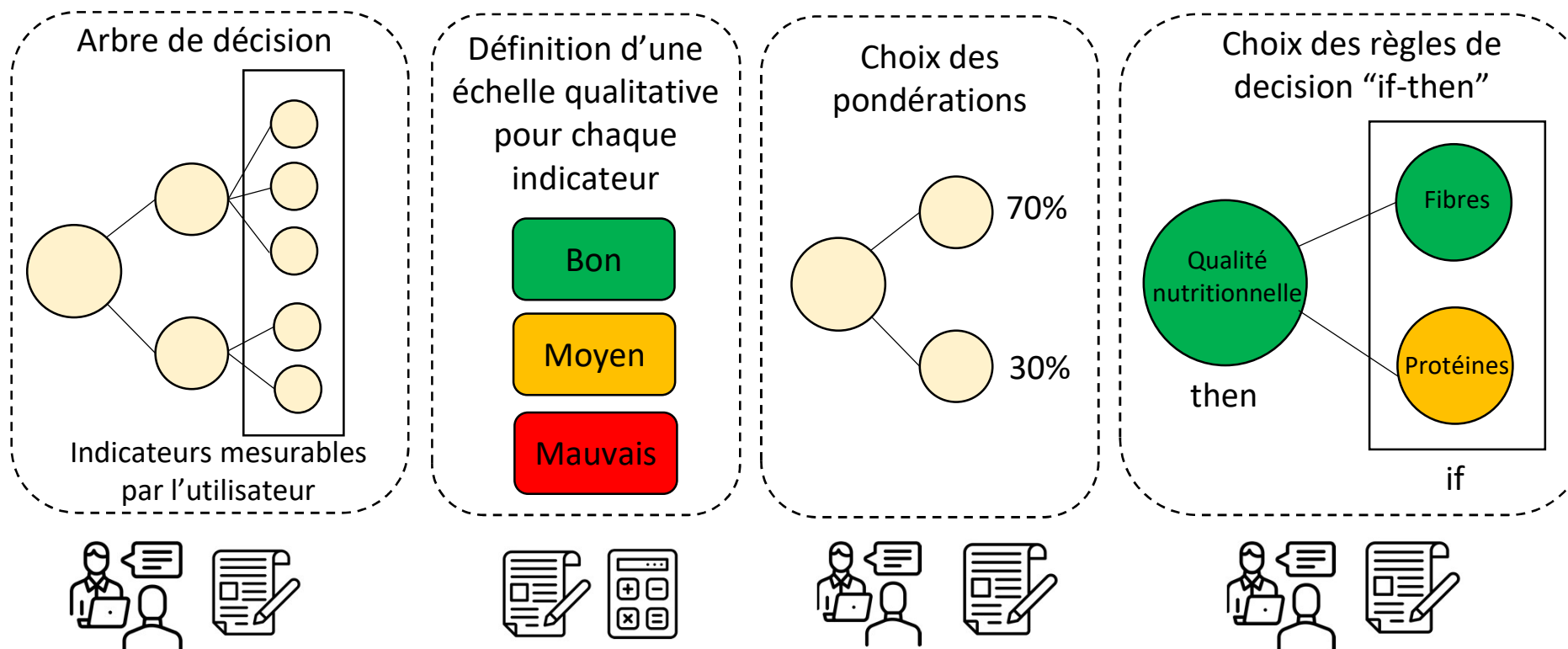
Cortesi et al. 2022

Environnement à
inclure obligatoirement
dans les critères

Outil d'évaluation multicritère



Développement du modèle multicritère sur DEXi



Approche multi-acteurs
Critères & Indicateurs
Définition
Hiérarchie

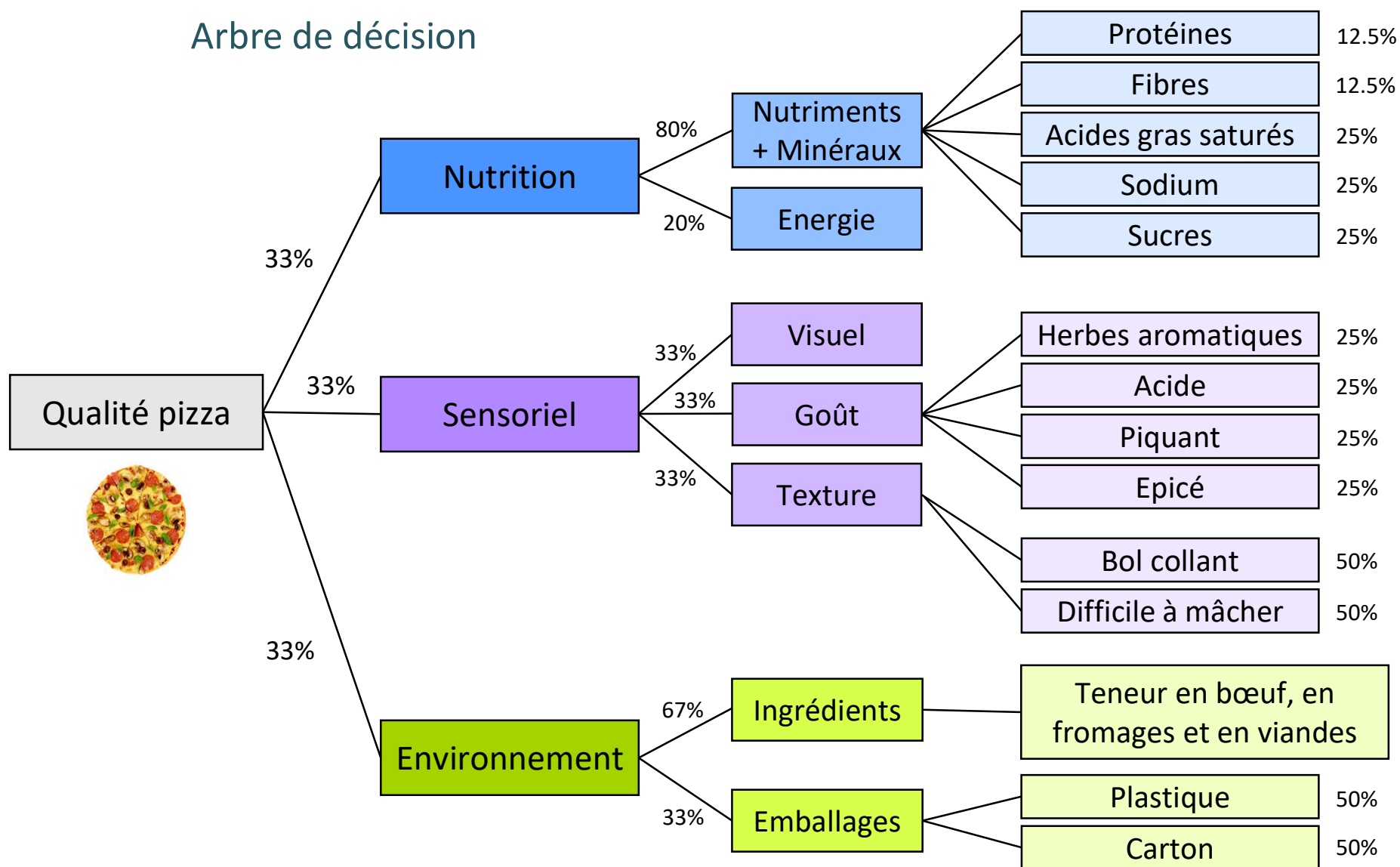


- Critères quantitatifs et qualitatifs
- Flexibilité du paramétrage pour les utilisateurs

➤ Outil d'évaluation multicritère



Arbre de décision



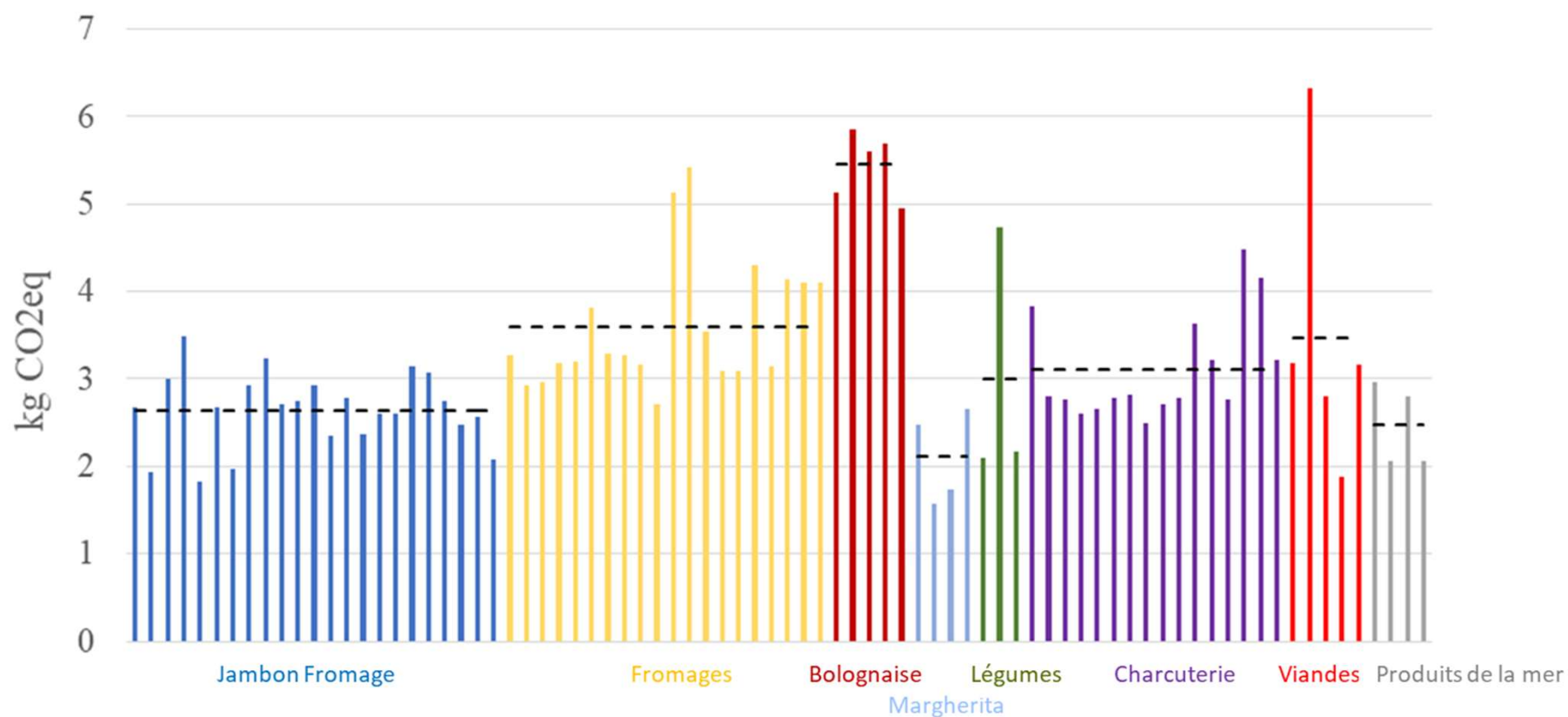
Outil d'évaluation multicritère

Indicateurs environnementaux

Ingrédients

80 pizzas industrielles

Cortesi et al. 2022

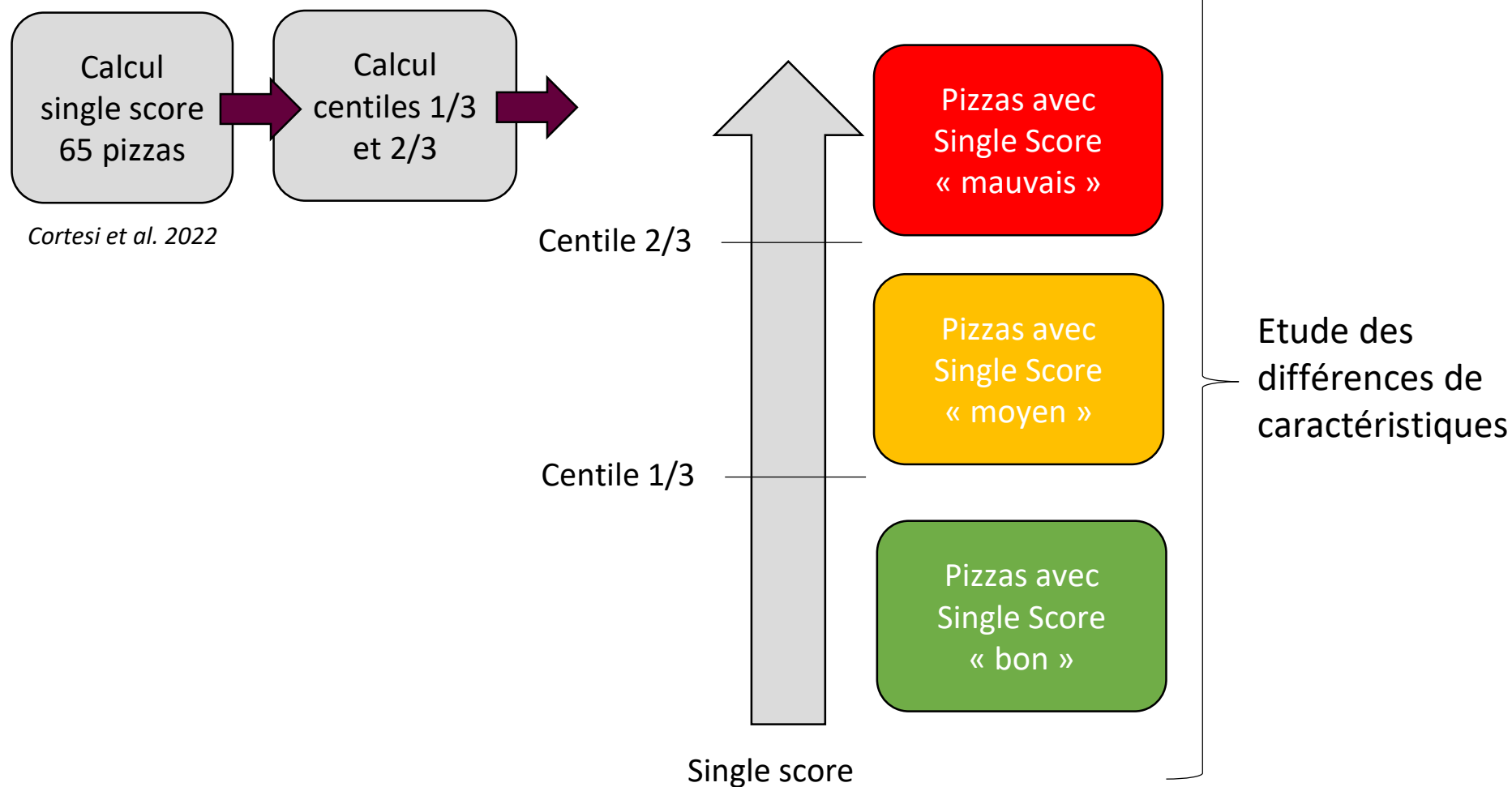


Outil d'évaluation multicritère



Indicateurs environnementaux

Ingrédients

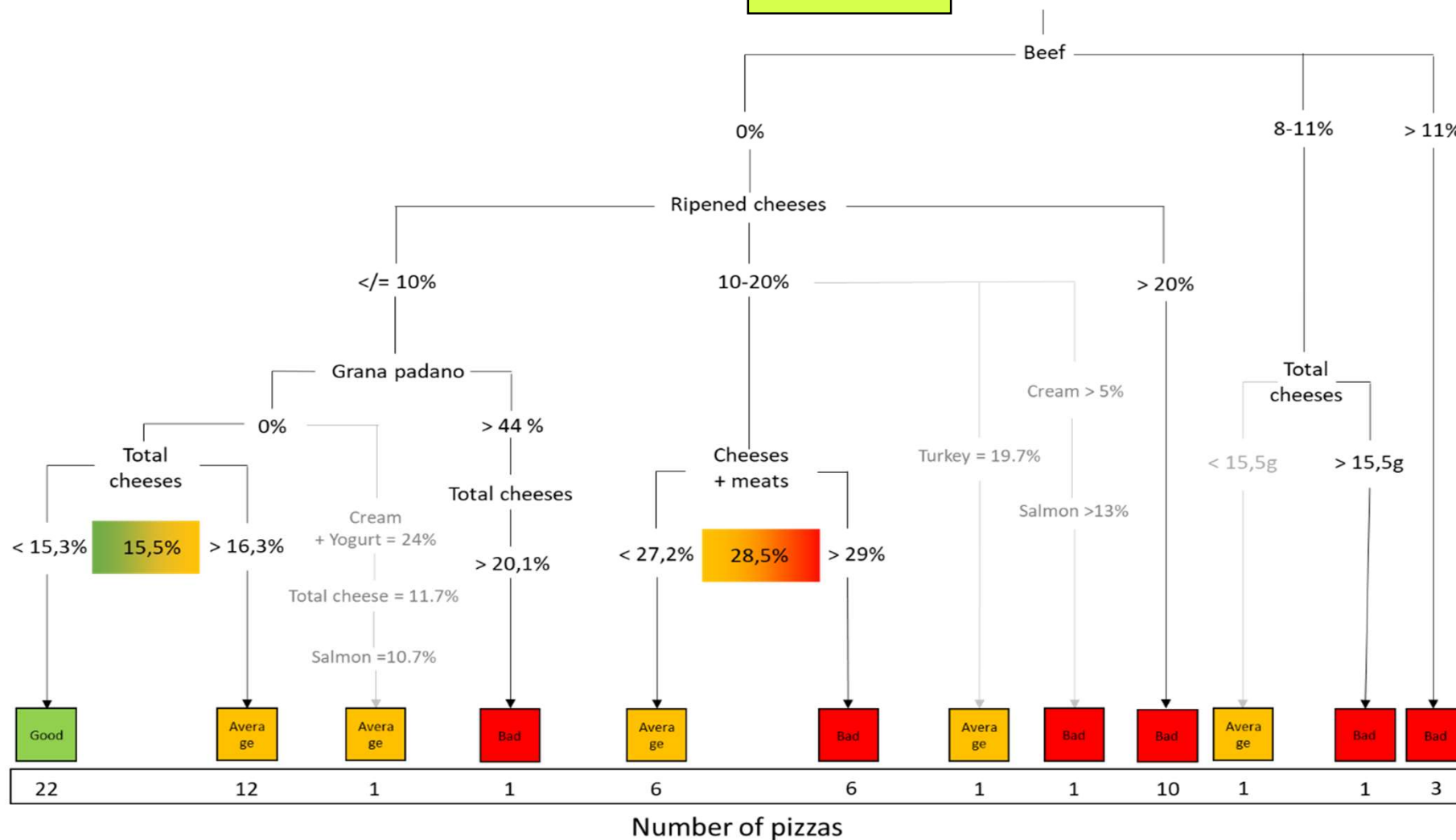


> Outil d'évaluation multicritère



Indicateurs environnementaux

Ingrédients



> Outil d'évaluation multicritère

Indicateurs environnementaux

Emballages

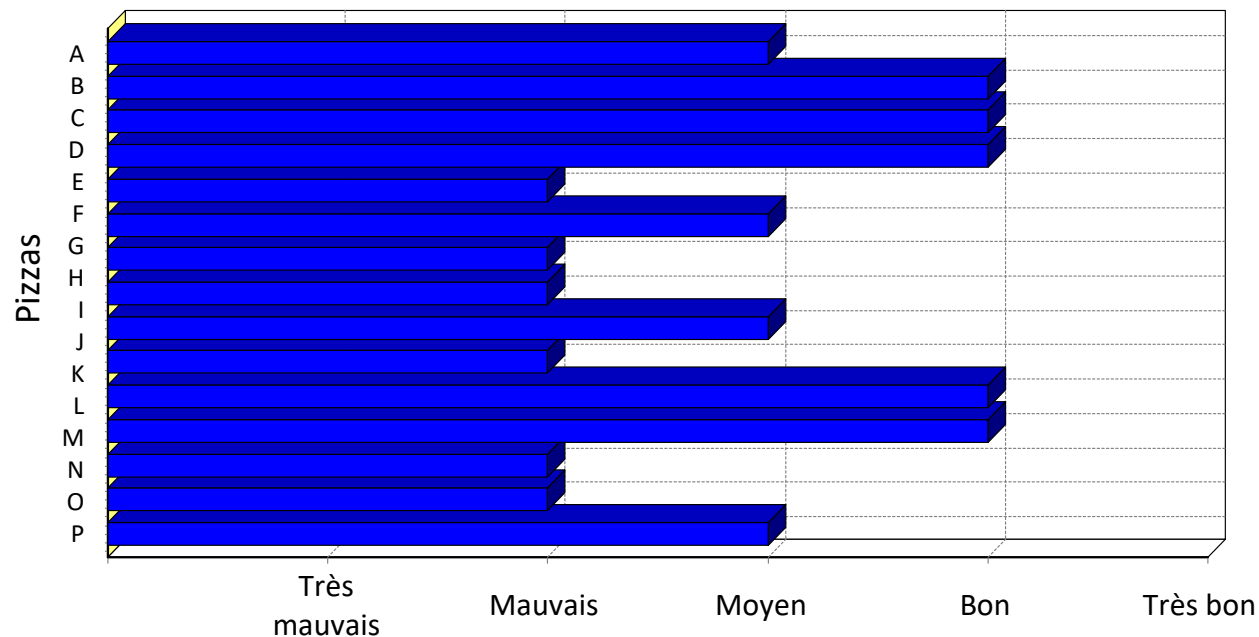
Plastique

Carton

Règles de décision

	Ingredients	Packaging	Environme
1	Bad	Bad	Very bad
2	Bad	Average	Bad
3	Bad	Good	Bad
4	Average	Bad	Bad
5	Average	Average	Average
6	Average	Good	Average
7	Good	Bad	Average
8	Good	Average	Good
9	Good	Good	Good

➤ Evaluer la qualité d'une pizza selon les 3 dimensions

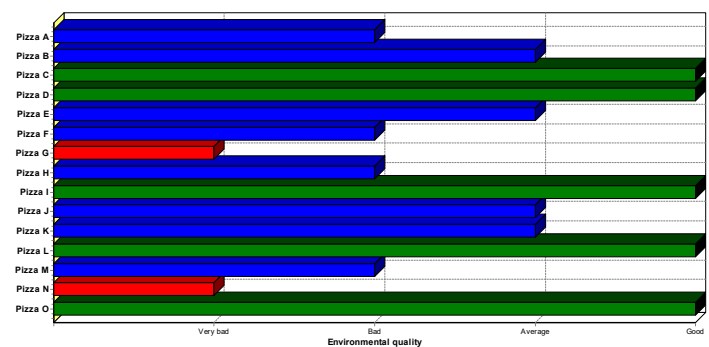
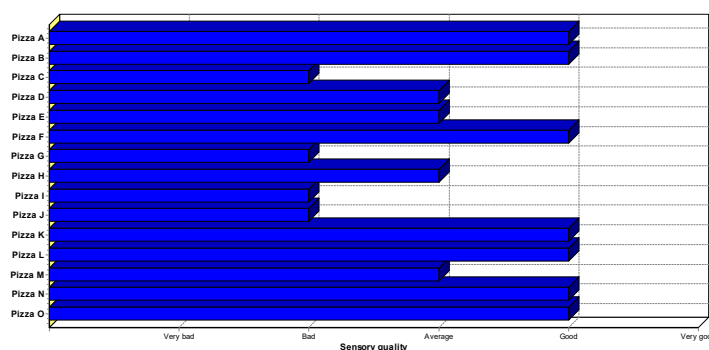
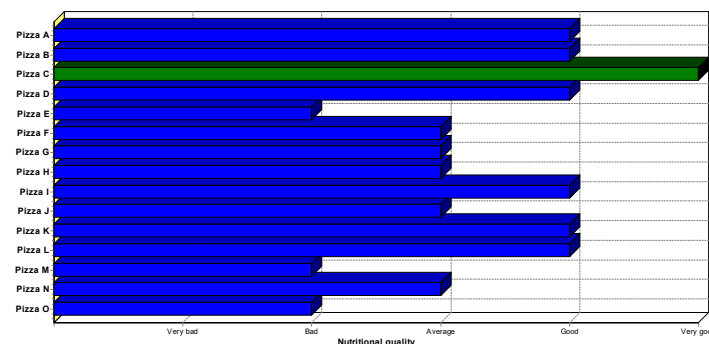
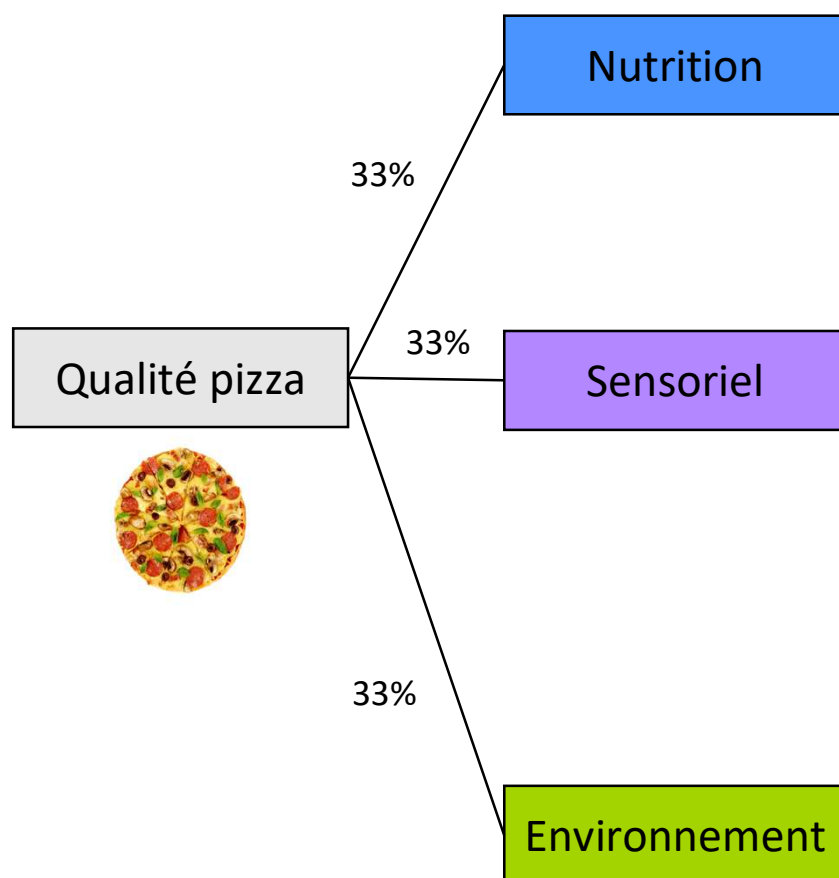


Pizzas avec faible teneur en fromage et forte teneur en légumes



Pizzas avec forte teneur en fromage et/ou bœuf ou lardons

➤ Analyser les contributions des dimensions



➤ Reconcevoir une pizza



Attribute	Pizza N
Pizza quality	Bad
Environmental quality	Very bad
Ingredients	Bad
Packaging	Bad
Plastic	Bad
Carboard	Good
Nutritional quality	Average
Energy	Very bad
Nutrients & minerals	Average
Protein	Good
Fiber	Bad
Saturated fatty acids	Bad
Sodium	Average
Sugars	Good
Sensory quality	Good
Visual	Average
Taste	Good
Acidic	Average
Pungent	Average
Spicy	Average
Aromatic herbs taste	Good
Texture	Average
Sticky/Doughy bowl	Average
Chewability	Average

- Fromage
- Crème fraîche
- Lardons
- Emballage plastique

Re-conception

- Sauce tomate
- Olive

Attribute	Pizza N bis
Pizza quality	Good
Environmental quality	Average
Ingredients	Average
Packaging	Average
Plastic	Average
Carboard	Good
Nutritional quality	Good
Energy	Average
Nutrients & minerals	Good
Protein	Average
Fiber	Good
Saturated fatty acids	Good
Sodium	Average
Sugars	Average
Sensory quality	Good
Visual	Average
Taste	Good
Acidic	Average
Pungent	Average
Spicy	Average
Aromatic herbs taste	Good
Texture	Average
Sticky/Doughy bowl	Average
Chewability	Average

A valider

➤ Conclusion



○ Comparer les pizzas

○ Analyser les contributions des dimensions et même des indicateurs

○ Reconcevoir → Identifier facilement des voies d'amélioration

○ Approche originale pour l'intégration de la dimension environnementale

○ Approche multi-acteurs → Refléter les points de vue des parties prenantes (et faciliter l'appropriation de l'outil ?)

A soumettre : Cortesi A., Yannou-Le Bris G., Angevin F., Saint-Eve A., Pénicaud C. Multicriteria decision analysis model to support food design integrating environment, nutrition, and sensory criteria

➤ De la nécessité d'évaluer les performances des systèmes agroforestiers (SAF)

David GRANDGIRARD

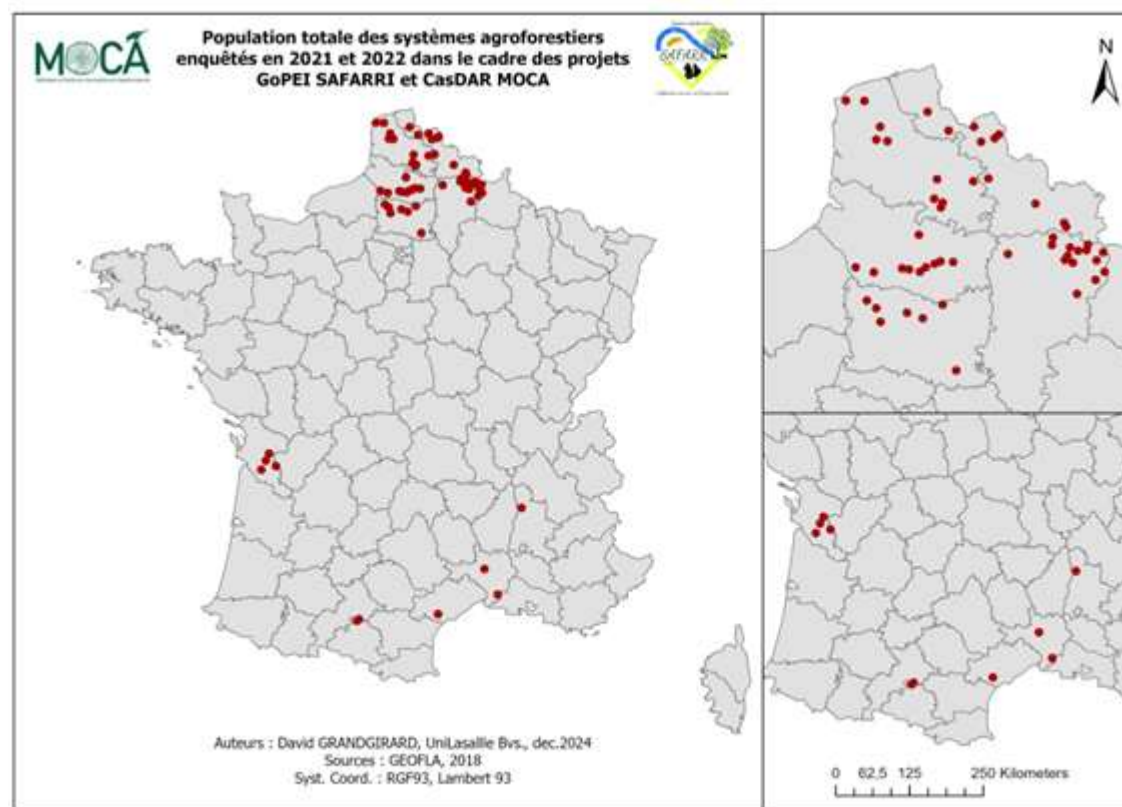
Enseignant chercheur à UniLaSalle Beauvais

C/O le consortium CasDAR MOCA et le GoPEI SAFARRI



➤ De la nécessité d'évaluer les performances des SAF

La part de satisfaction des porteurs de projets ?



Un taux de satisfaction qui questionne !

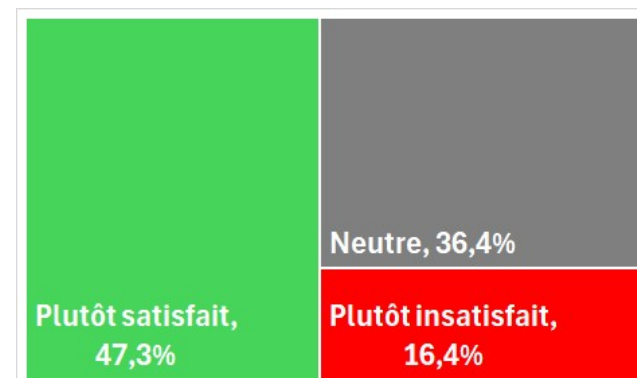
**Collaboration CasDAR MOCA &
GoPEI SAFARRI**

(2020-2024)



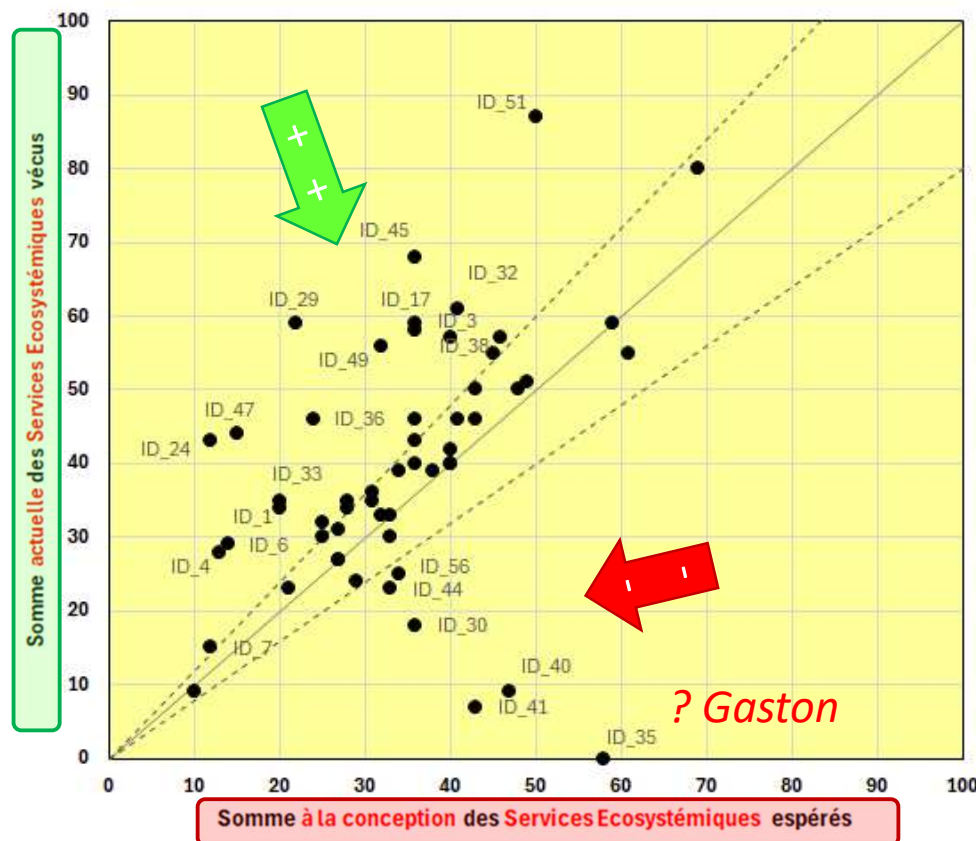
63 exploitations agroforestières
diagnostiquées et 107 SAF
décrits

(n=55/63 exploitations)



➤ De la nécessité d'évaluer les performances des SAF

Si insatisfaction, quelle(s) origine(s) ?



La non-atteinte des objectifs écosystémiques (services) ciblés ?

Note d'attente à la conception

vs.

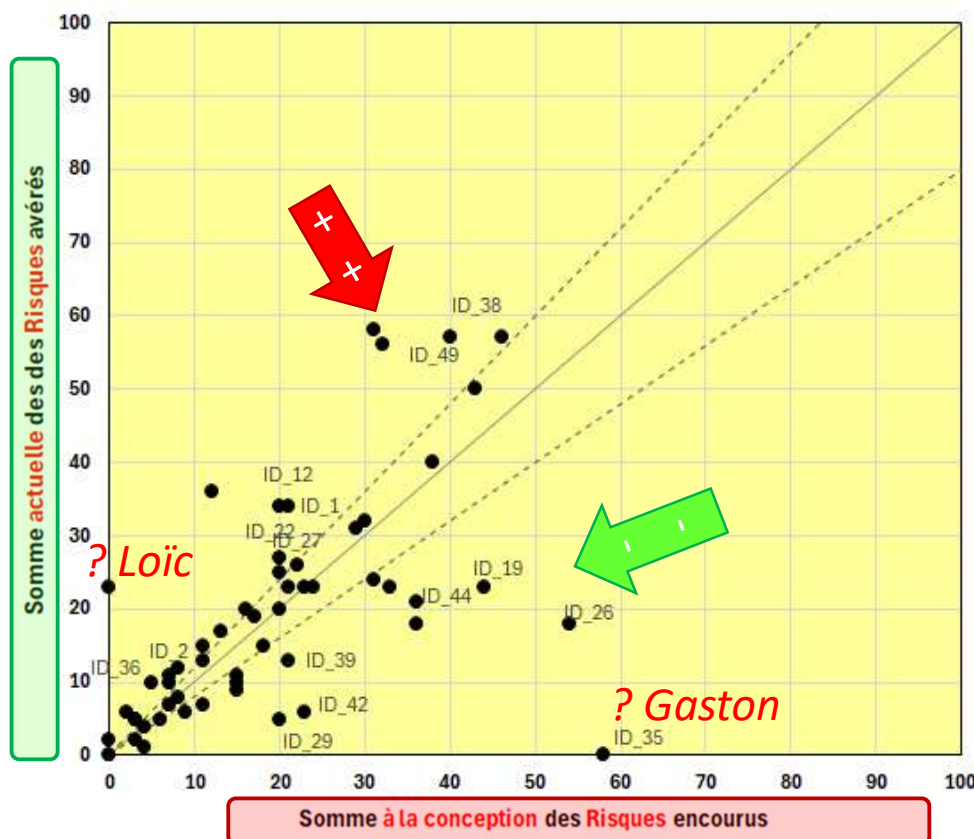
Note d'attente à la date de l'interview

Des services écosystémiques majoritairement atteints voire « surpassés » par rapport à l'espéré pour 18/55 agroforestiers

➤ De la nécessité d'évaluer les performances des SAF



Si insatisfaction, quelle(s) origine(s) ?



Subir des risques écosystémiques (disservices) ?

Note de crainte à la conception

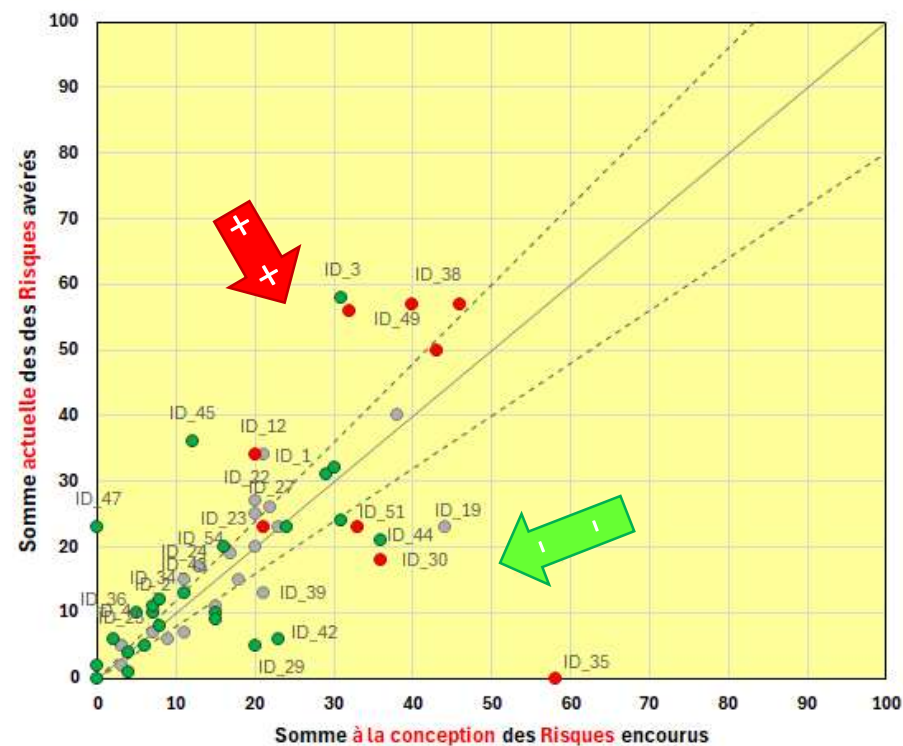
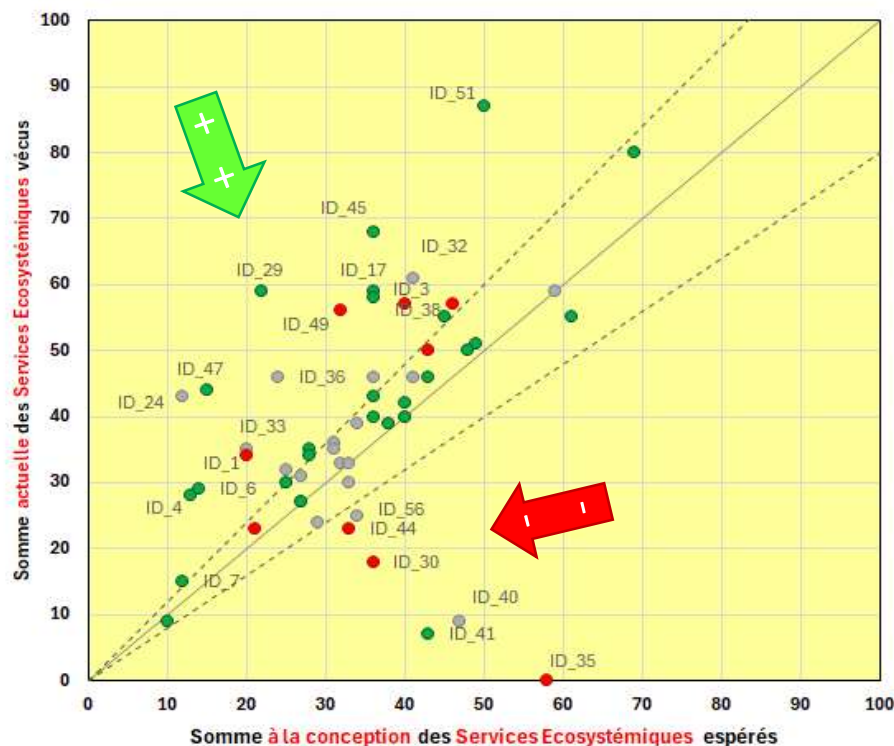
vs.

Note d'atteinte à la date de l'interview

Des disservices (risques) majoritairement non atteints donc
« non-avéré » par rapport au craint initial

➤ De la nécessité d'évaluer les performances des SAF

Si insatisfaction, quelle(s) origine(s) ?

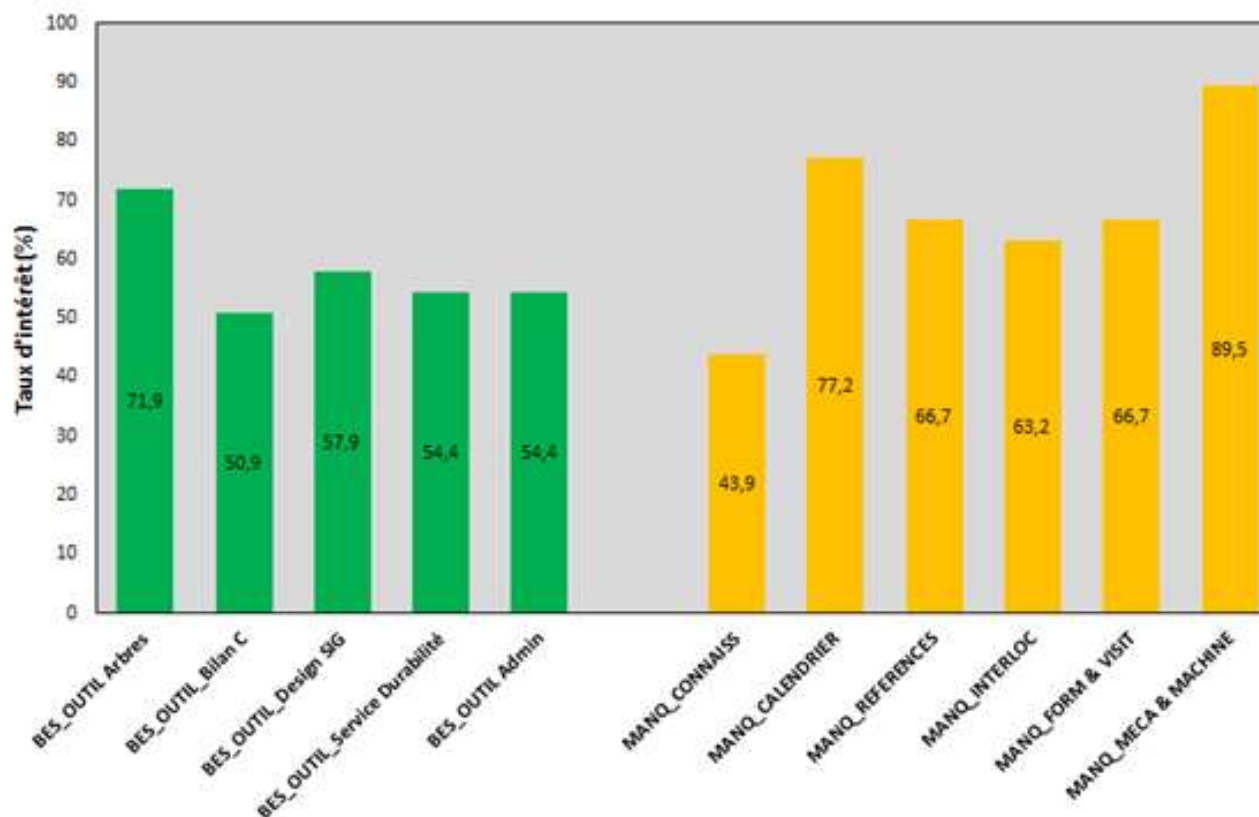


Si la satisfaction des agroforestiers semble être liée à l'atteinte des services écosystémiques espérés (o) et l'évitement des risques encourus, les agroforestiers neutres (o) ou insatisfaits (o) pourraient aussi avoir d'autres raisons à l'être ...

➤ De la nécessité d'évaluer les performances des SAF



Si insatisfaction, quelle(s) origine(s) ?



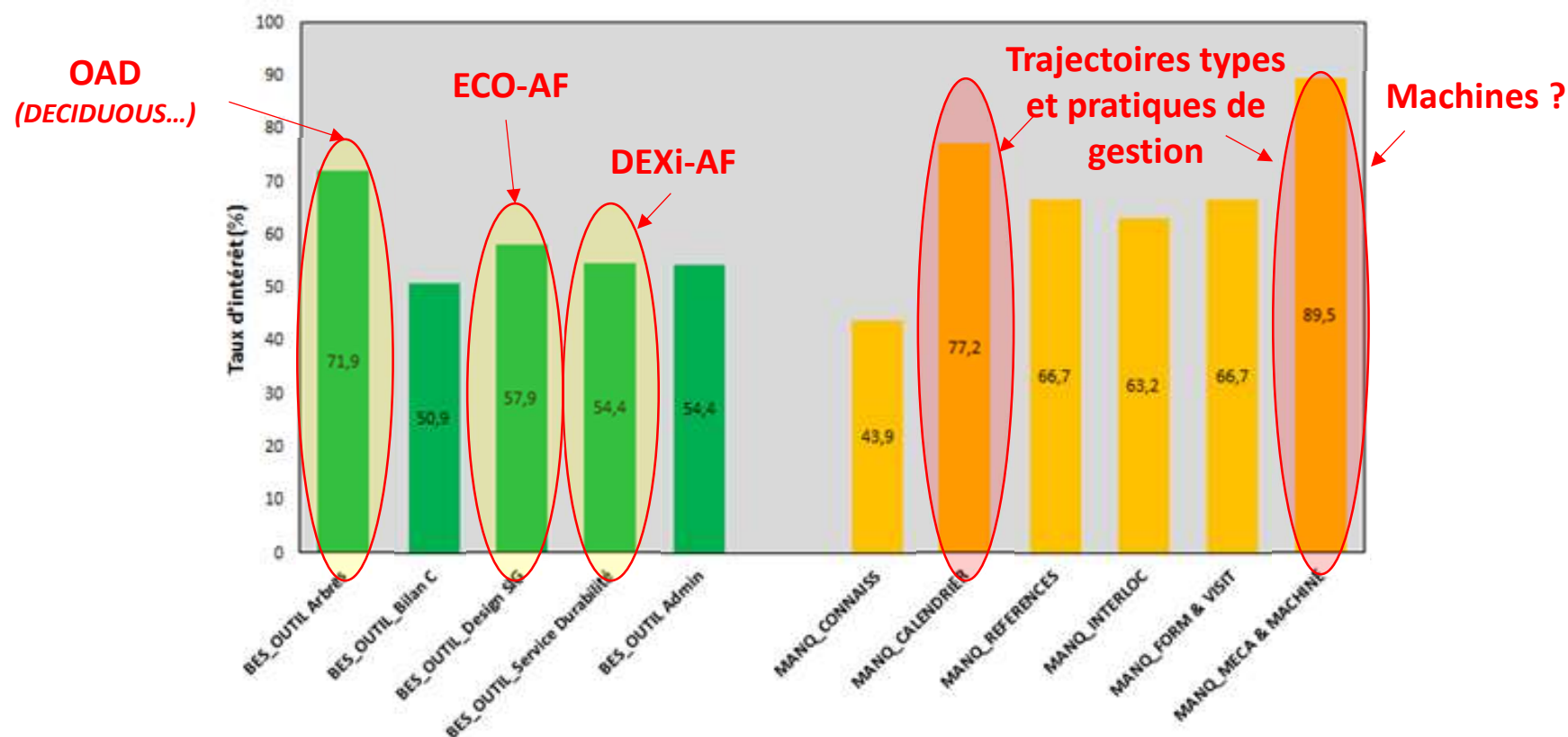
Et cette « insatisfaction » trouverait son origine dans d'autres processus que la seule fourniture de service et l'évitement des risques agrotechniques & socioéconomiques

Entre autres ... ➔ **Les phases d'idéation et de conception** (assistée ou non) peuvent être sources d'insatisfaction ... y compris sur le long terme ! = rancœur !

➤ De la nécessité d'évaluer les performances des SAF



Si insatisfaction, quelle(s) origine(s) ?



Et cette insatisfaction trouve son origine dans d'autres processus que la seule fourniture de service et l'évitement des risques agrotechniques & socioéconomiques

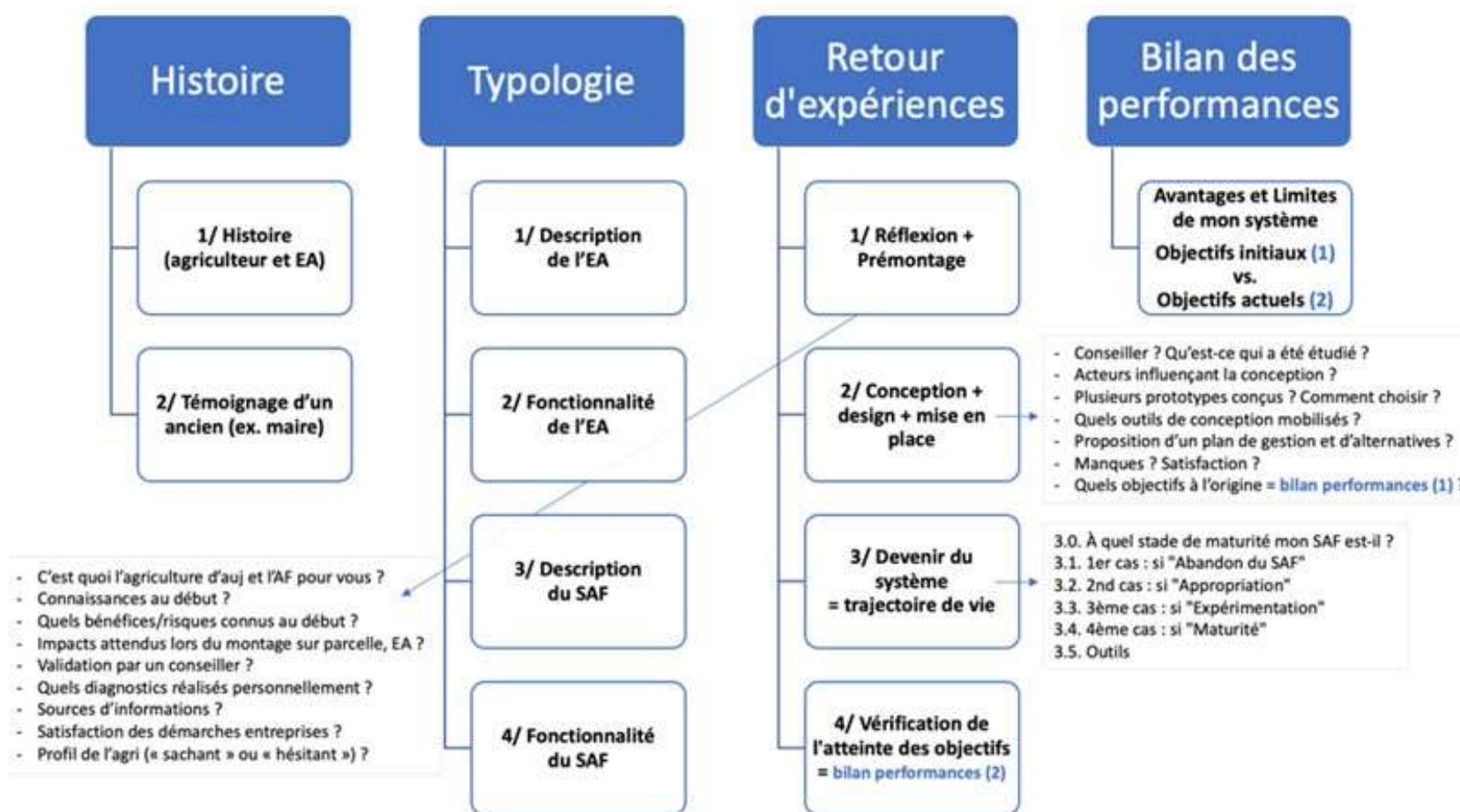
➔ **Les phases d'idéation et de conception** (assistée ou non) peuvent être sources d'insatisfaction ... y compris sur le long terme ! = rancœur !

➤ De la nécessité d'évaluer les performances des SAF



Qu'avons-nous enquêté lors de MOCA et SAFARRI ?

Ce que nous avons cherché à capturer lors des enquêtes ...



➤ De la nécessité d'évaluer les performances des SAF



Ce que nous avons conduit, suite aux entretiens ...



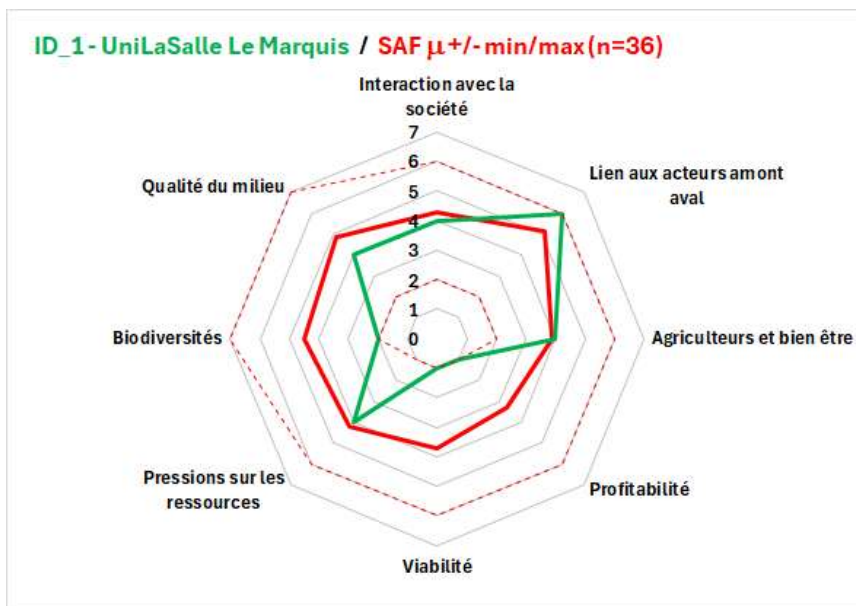
Evaluations *ex post* DEXiAF et DIALECTE de 36 et 9/55 SAF respectivement



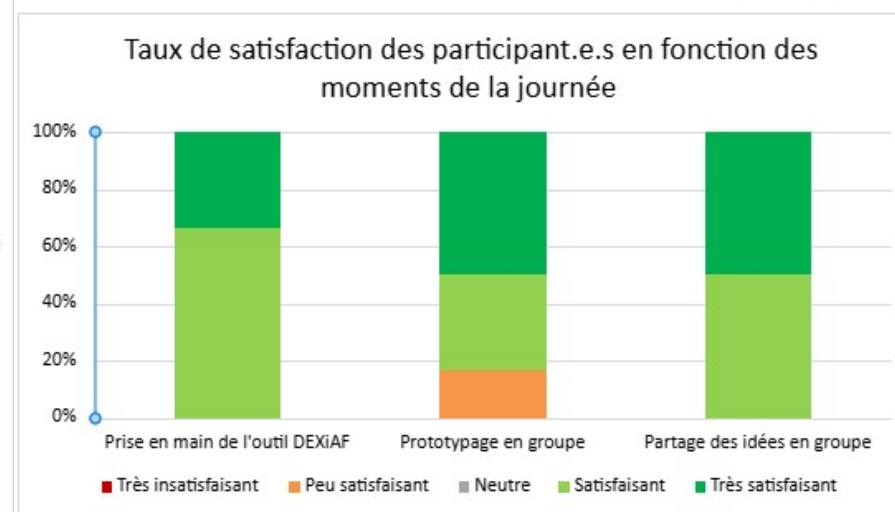
3 Ateliers de co-conception assistée de SAF avec DEXiAF (formats MINEURE, Certifiante et B-to-C)

➤ De la nécessité d'évaluer les performances des SAF

Atelier « certifiant », 2023 ... DEXiAF v. temporaire



Luna SIMON(2024)

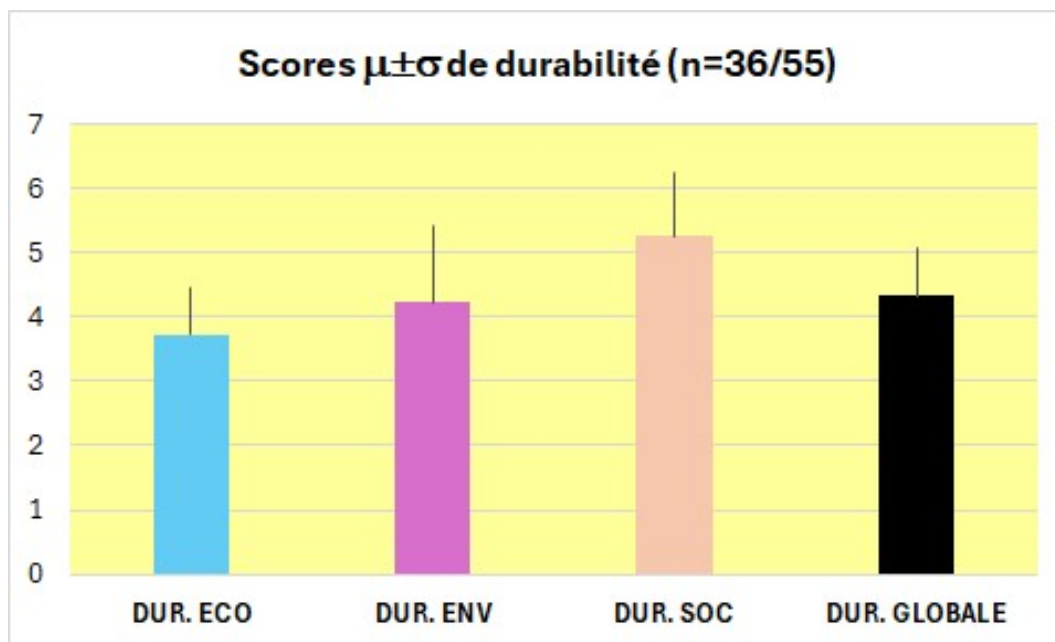


Scores DEXiAF	UniLaSalle Le Marquis	Ovin lait	Ovin viande	ULS améliorée	ULS revisitée
Durabilité globale des SAF	4/7	4/7	4/7	5/7	5/7
. Durabilité sociale	3/5	3/5	3/5	4/5	4/5
. Durabilité économique	1/5	3/5	2/5	3/5	3/5
. Durabilité environnementale	5/7	5/7	5/7	5/7	5/7

➤ De la nécessité d'évaluer les performances des SAF



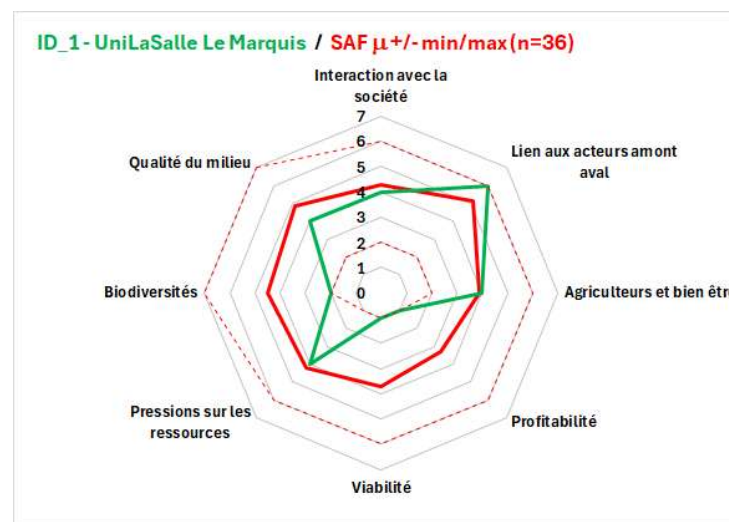
Ce que nous avons obtenu, suite aux entretiens ...



Des SAF de durabilité
« *moyenne – moyenne à élevée* »

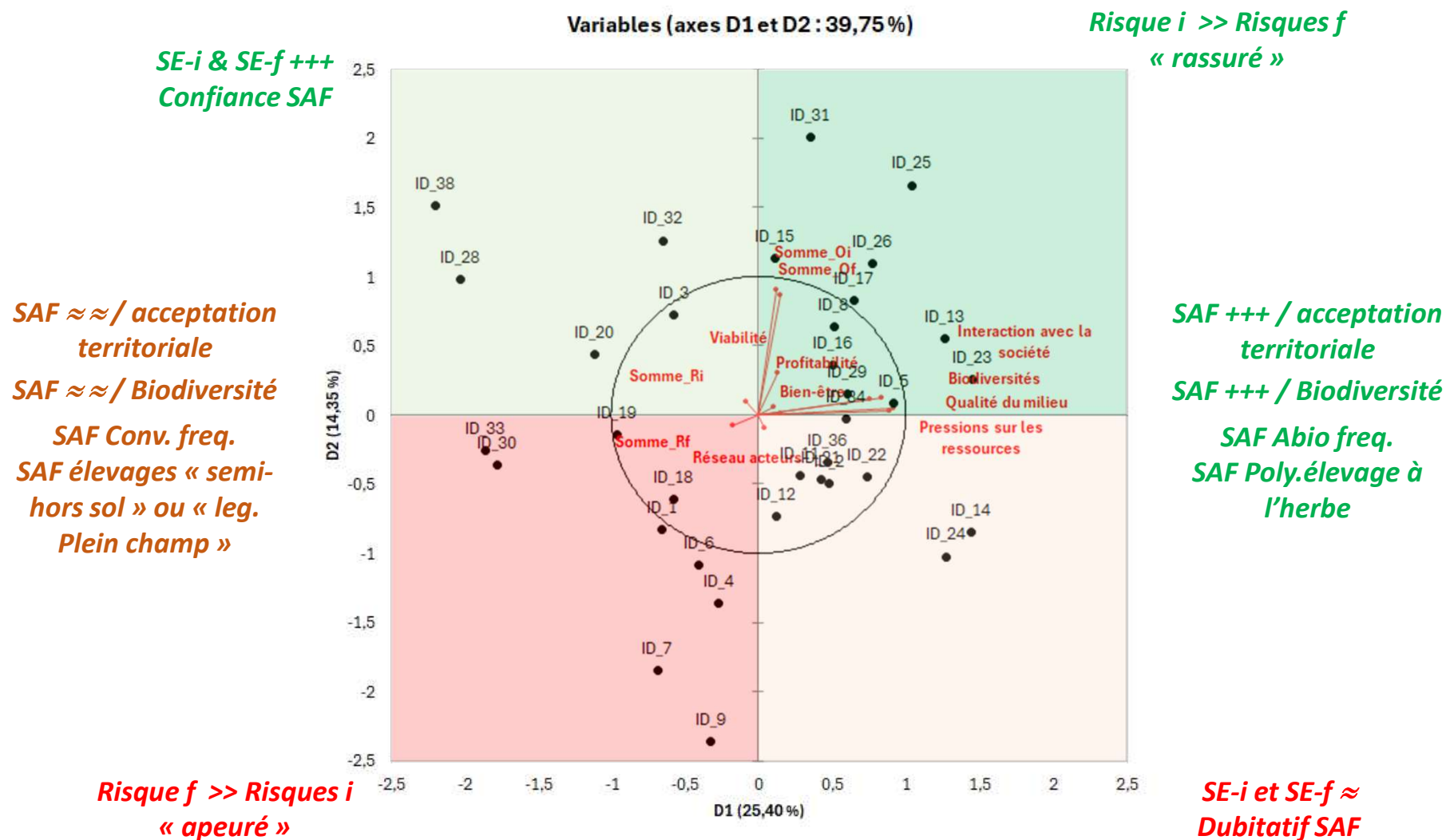
portée surtout par des
performances sociales et
environnementales

mais limités **économiquement**
(profitabilité)



➤ De la nécessité d'évaluer les performances des SAF

Ce que nous avons obtenu, suite aux entretiens ...



➤ De la nécessité d'évaluer les performances des SAF

Ce que nous avons obtenu, suite aux entretiens ...

Cependant ...

- **Ces résultats restent « fragiles »** → 19 SAF supplémentaires en transcription
→ Analyse des documents complémentaires
→ Analyse à l'échelle Services et Risques
- **Sans aucun doute, les performances globales d'un SAF sont multicritères ; d'aucun dirait « particulières » - mais il pourrait apparaître un (plusieurs) modèle d'explicitation de l'avis médian ... à creuser !**
- **Résultats CoCOSAF ...** → Evolution des notes de durabilités / prototypes concédés p1 ... px
→ RETEX « MINEURE », « Certifiant » et « B-to-C »
→ vers des trajectoires pédagogiques majeures d'enseignement de la co-conception outillée ?

➤ De la nécessité d'évaluer les performances des SAF



Merci à ...

Alex, Antoine, Arnaud, Aude, Benoît, Bernard, Bernard, Cécile, Clément, David, Grégoire, Denis, Didier, Didier, Emmanuel et Laurent, Fabien, François, François & Eric, Gaston, Gonzague, Grégoire, Guy & Sébastien, Hervé, Hervé, Hubert, Hubert, Hubert, Jean-Claude, Jean-François, Jean-Luc, Jean-Luc & Thierry, Jean-Michel, Jean-Marc, Jean-Marc et Dorothee, Jean-Pierre, Jérôme, Jérôme, Joseph Marie, Julien, Justine, Loïc, Luc, Luc, Marc, Marcel & Jean Philippe, Marine, Mathieu, Maxime, Octave, Olivier, Patrick, Paul, Pierre, Raoul, Régis, Rémi, Rémi, Rémy, Samuel, Sophie, Stéphane, Sylvain, Tiphaine, Ulrich et Xavier

Spéciale dédicace à ...

Aude Alaphilippe, Laetitia Fourrié, Oussama Mghirbi, Elise Verrier, Léa Moisan, Luna Simon, Arthur Masson et aux financeurs Régionaux comme nationaux du CasDAR MOCA et du PEI SAFARRI

➤ Questions - Réponses



> Pause



➤ Retours d'expériences de l'utilisation de l'évaluation multicritères



➤ Indicateur de durabilité pour systèmes innovants E-Disc

Nicolas Chartier,

Coordinateur cellule références DEPHY /
Réseau INOSYS Grandes Cultures

Service productions végétales et animales –
Chambres d'Agriculture France -



➤ Cadre usage EMC



Le réseau DEPHY, un réseau d'étude et de démonstration de la transition vers des systèmes agricoles à faible usage de PPP

- Un réseau de 2000 exploitations agricoles accompagnées individuellement et collectivement dans leurs transitions (réseau FERME), et 35 projets et 209 sites expérimentaux (réseau EXPE) pour tester des projets de systèmes avec un usage de PPP en « derniers recours »,
- De très nombreuses données collectées (ITK, surfaces des cultures, etc.) et structurées dans un Système d'information dédié et administré par INRAe, le SI Agrosyst,
- De la production de connaissances sur la réduction des PPP :
 - Suivi des évolutions en termes de pratiques et de résultats
 - Analyse des chemins et combinaisons de pratiques
 - Repérage et étude stratégies mises en œuvre
- Une intense activité de diffusion :
 - Des retours terrains (fiches, vidéos, webinaires thématiques)
 - Des synthèses et productions techniques issues de la valorisation des données collectées,
 - Des fiches méthodes et outils d'animations, pour accompagner les agriculteurs dans leurs transitions

➤ Cadre usage EMC



Un cadre méthodologique pour répondre à la question : y a-t-il des antagonismes entre baisse des PPP et maintien (voire amélioration) des autres performances (économie, organisation du travail, émissions de GES, travail du sol, etc.) ?

- Calcul/récupération indicateurs de performances qui couvrent la gamme la plus large possible des performances (avec des limites méthodo liées à la l'échelle de travail)
 - ⇒ permet de suivre en parallèles les trajectoires temporelles des différentes performances,
- Calcul/récupération de valeurs de « références » pour chacun des indicateurs calculés => permet de qualifier, pour un système donné, à un instant donné, la performance mesurée par l'indicateur
 - ⇒ permet d'appuyer les agriculteurs et les conseillers dans l'évaluation des performances du système suivi, identifier les points forts/points faibles
- Problème => on manque de « références » pour nombre d'indicateurs que l'on mobilise dans les EMC (source principale de références pour DEPHY => enquête PK)

➤ Cadre usage EMC



Problème => on manque de « références » pour nombre d'indicateurs que l'on mobilise dans les EMC (source principale de références pour DEPHY => enquête PK)

- Dans DEPHY on a paré à ce problème en créant nos « propres références » quand elles n'étaient pas disponibles (ou pas connues de nous) :
 - Création de typologies internes = des « sous groupes » de systèmes plus « homogènes » (plus comparables), « situations de productions »,
 - Calcul de valeur de références avec les données des systèmes appartenant à la même « situation de production »,
 - Permet, pour chaque indicateur, et chaque système, de donner un « repère » pour évaluer les performances d'un point de vue multicritère.
- Contribution à la tâche 3 du projet E-DISC en remobilisant ces expériences :
 - Sur la question des critères à intégrer pour caractériser la « situation de production » = quels éléments conditionnent l'usage des PPP,
 - Sur la mobilisation des données du réseau DEPHY pour appuyer les utilisateurs d'outils d'éval multicritère à classer leurs systèmes,
 - A contribué à la conception de l'interface IZI-Eval (qui en + intègre des éléments complémentaires, analyse de sensibilité notamment).

➤ Pour aller plus loin



- Le réseau DEPHY : <https://ecophytopic.fr/dephy/quest-ce-que-le-reseau-dephy>
- Synthèse des ressources du réseau DEPHY : https://ecophytopic.fr/sites/default/files/2025-08/2025_Guide_synth%C3%A9tique_ressources_r%C3%A9seau_DEPHY_page_par_page.pdf
- Lien vers IZI eval : <https://shiny.sk8.inrae.fr/app/agroecologie-izi-eval>
- Lien vers la présentation E-Disc : <https://ecophytopic.fr/recherche-innovation/concevoir-son-systeme/projet-e-disc>



➤ Accompagner les transitions : Exemple en grandes cultures en Champagne Crayeuse

Philippe MICHONNEAU

Responsable Pôle Agronomie, Innovation et services

Coopérative Agricole SCARA



Thèse CIFRE Emma SOULE - Évaluer la durabilité des exploitations agricoles d'un territoire à l'aide d'une méthode multicritère : intégration des impacts environnementaux et des services écosystémiques

La SCARA en quelques chiffres

100 ans
scara

103 ans



82 % des productions de céréales et d'oléo-protéagineux commercialisé en filière



618

Adhérents

Dont 20 adhérents



76

Salariés
(Groupe SCARA)



100 M€

Chiffre d'affaires



237 530

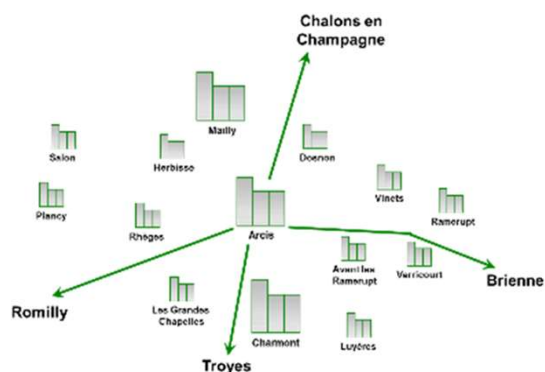
Tonnes de grains collectés



Agronomie Innovation
12% des effectifs

Capacité de stockage
300 000 t

Sans insecticide de stockage



82%

du tonnage vendu en contrat filière en
2023/2024 tous produits confondus



413

Agriculteurs impliqués dans la démarche
Agri Confiance®



316

Agriculteurs impliqués dans la démarche
Agri Confiance® Volet Vert pour la récolte
2023

48 exploitations HVE



➤ Les filières un moteur pour la transition.

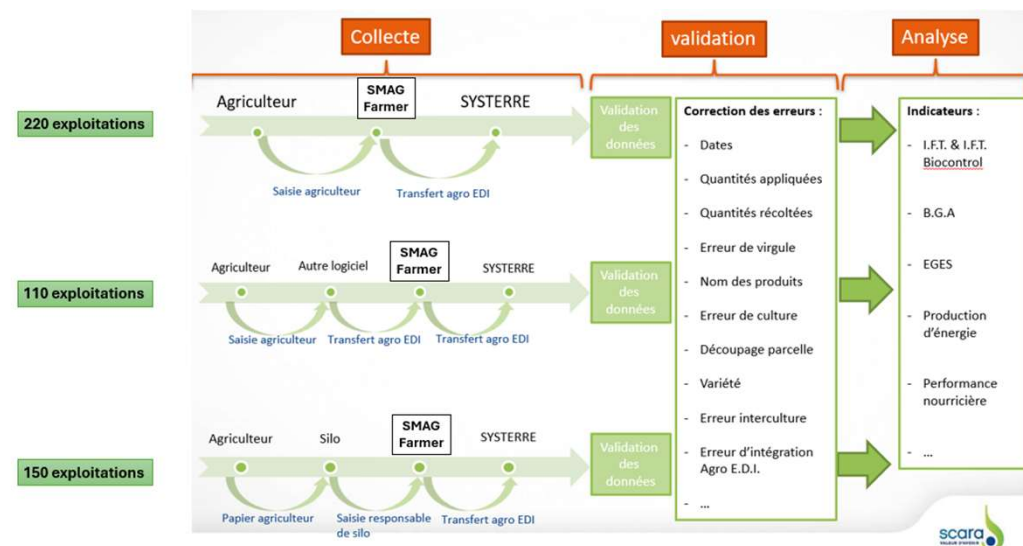
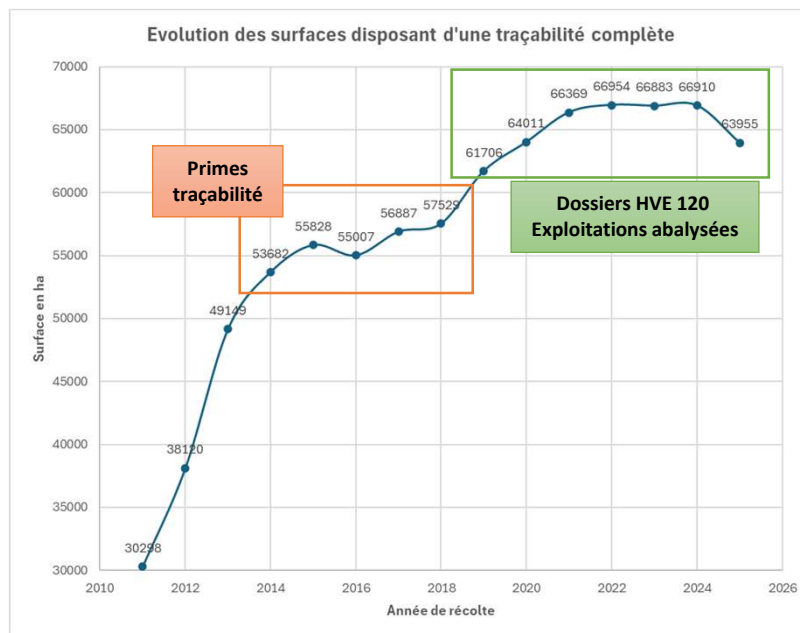
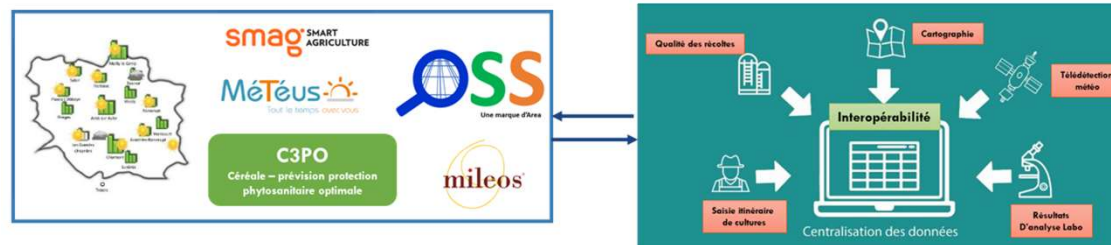


4 thématiques: ressource eau, Stratégie Phytosanitaire, fertilisation et biodiversité

Les thématiques	Certification environnementale des exploitations de niveau 2 Agriconfiance® volet vert à la SCARA Plan de progression	Certification environnementale des exploitations de niveau 3 Haute Valeur Environnementale (HVE)	Les exigences filières (Harmony, Culture raisonnée contrôlée, label rouge, Baby Food, responsable, Harrys, ...)	Les nouvelles orientations des filières
Gestion ressource en eau	Raisonnement l'irrigation Gestion collective (Quotas) Tracer les apports Entretien le matériel	+ prélèvement période d'été + utilisation d'OAD	Pérenniser la disponibilité et la qualité de la ressource en eau	-
Stratégie phytosanitaire	Raisonnement les interventions Traçabilité (motivation, dose, stade, cibles...)	+ interdiction produit CMR1 + calcul IFT + méthodes alternatives + limitation des pertes	Assurer la sécurité alimentaire, réduire le risque de contamination (résidus), réduire la pression phytosanitaire	-
Stratégie fertilisation	Éviter les fuites sur les stockages , valeur fertilisante des engrais, plan de fumure , pilotage , traçabilité , Balance global azotée	+ surfaces non fertilisées + surface légumineuse	Eviter la surfertilisation (BGA), optimiser l'efficacité de l'azote, limiter les émissions (GES)	Décarboner les productions agricoles Réduction du Scope 3 des industries agroalimentaires
biodiversité	Identifier les infrastructures agroécologiques IAE , optimiser leur gestion et leur continuité (trame verte). zone Natura 2000, aire alimentation captage...	+ Taille des parcelles + Part culture principale + Nombre espèces cultivées + Etude vie du sol	Rotation longue et diversité des intercultures Suivi et développement des IAE	Agriculture régénérative : analyse microbiologie (bactéries, champignon, mycorhization, vers de terre. Agroforesterie

➤ La traçabilité parcellaire la source indispensable de données

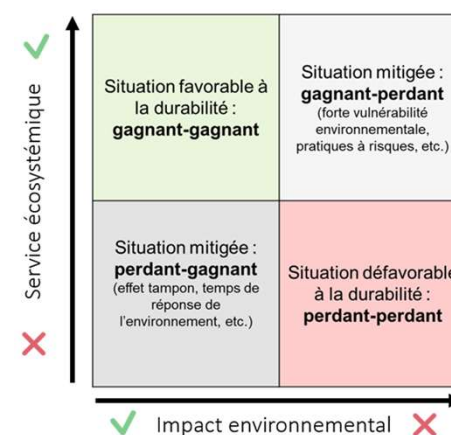
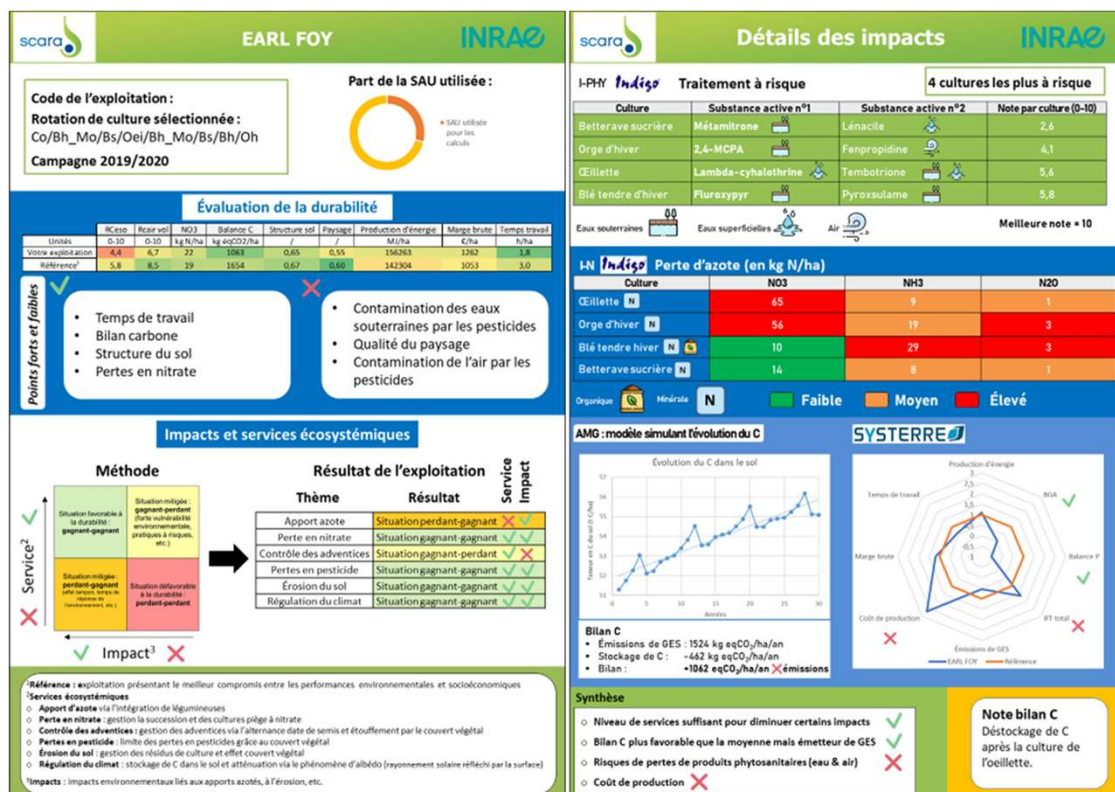
87% des surfaces cultivées dispose d'une traçabilité complète
(travail du sol, intervention culturales, rendement qualité, intercultures)



➤ Des outils pour évaluer la durabilité des exploitations (thèse SCARA-INRAE E. Soulé 2019-2022)



Impact sur l'environnement / Services écosystémiques



22 indicateurs suivis :

Suivi de la qualité de l'air : microparticules, gaz effet de serre et produits phytosanitaires.

Suivi de la qualité de l'eau nitrate, phosphore, produits phytosanitaires.

Suivi qualité des sols, érosion, stockage de carbone

Suivi de la biodiversité (paysage, diversité des cultures, microbiologie des sols...)

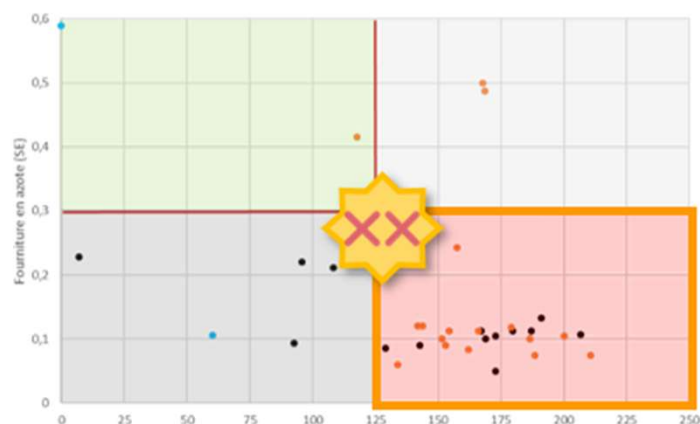
Suivi économique : production d'énergie, marge brute, temps de travail ...

➤ La décarbonation des production agricoles

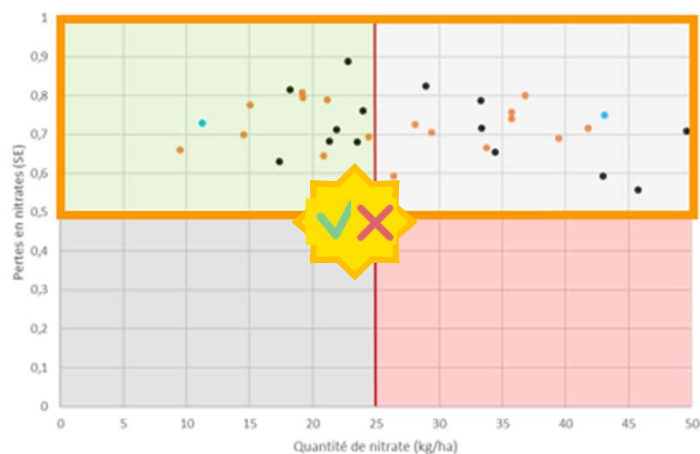


Le stockage du carbone dans les sols et réduction des émissions

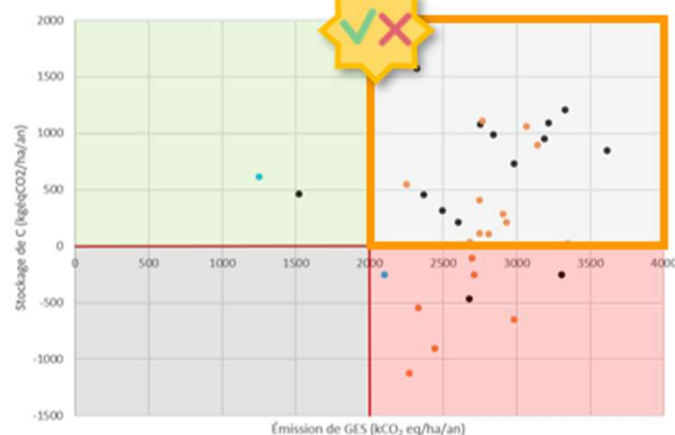
Apport en azote



Pertes en nitrates



Régulation du climat



Stratégie bas carbone – prime filière 20 €/t de blé ou d'orge

Réduction de la dose d'azote de -20%

Utilisation de forme d'azote moins émissives (NH_4^+ ; NO_3^-)

Inhibiteur de nitrification pour limiter le N_2O

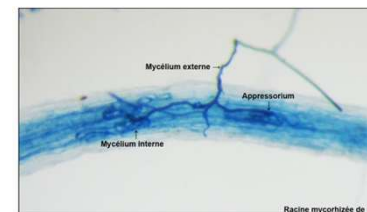
Optimisation du métabolisme par apport foliaire de fer, manganèse, magnésium, phosphore (analyse de sève)

Gestion des couverts et des apports de matières organiques (bilan humique) – stockage de carbone.

➤ De nouvelles connaissances pour l'EMC

Comment favoriser la mycorhization ?

Rotation longues, diversifiées, présence de légumineuses, intercultures, apport de matière organique et travail du sol superficiel

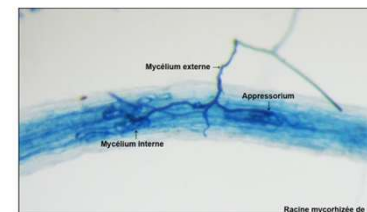


10 ans														
parcelle	Taux de mycorhize 2024	Travail du sol	Apport organique	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Commentaires
Vigne	77%	superficiel	oui	colza	blé	Orge pts	betterave	vesce	blé	Orge pts	luzC1	LuzC2	Blé bio	Légumineuses 1 colza et 1 betterave
Champ Fauchot	77%	superficiel	oui	Pois/trèfle	blé	colza	blé	betterave	Pois pts	blé	Orge hiver	Orge pts	lentille	Légumineuses 1 colza et 1 betterave 2 intercultures
Boyard	67%	superficiel	oui	betterave	Orge pts	colza	blé	Orge pts	betterave	blé	oeillette	blé	Pomme de terre	4 ans sans colza et betterave
B Tertre aux oies	57%	superficiel	oui	Pdt fécule	Orge pts	betterave	Orge pts	Pdt fécule	Orge pts	betterave	blé	chanvre	blé	2 betterave en 10 ans 7 intercultures
Vaugoin	53%	superficiel	oui	colza	blé	betterave	Orge pts	Orge hiver	colza	blé	betterave	Orge pts	Orge hiver	2 colza 1 betterave 2 intercultures
Grange vallées	47%	labour	oui	carotte	Orge pts	betterave	Orge pts	pdt	blé	betterave	Orge pts	pdt	blé	2 betterave en 10 ans
Forgeat	43%	superficiel	oui	colza	blé	Orge pts	betterave	oeillette	blé	Orge pts	betterave	blé	Orge pts	1 colza 2 betterave
Riogole	40%	superficiel	non	colza	blé	pdt	betterave	blé	Orge pts	Orge pts	Pois pts	pdt	blé	1 légumineuse, 1 colza, 1 betterave
Les louvières	40%	labour	oui	luz	blé	betterave	Orge pts	betterave	blé	oeillette	blé	betterave	Orge hiver	1 légumineuse 3 betteraves

> De nouvelles connaissances pour l'EMC

Comment favoriser la mycorhization ?

Rotation longues, diversifiées, présence de légumineuses, intercultures, apport de matière organique et travail du sol superficiel

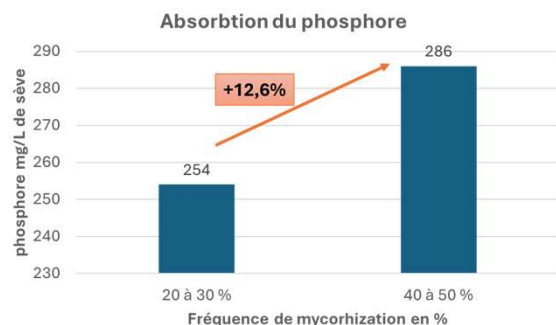


10 ans														
parcelle	Taux de mycorhize 2024	Travail du sol	Apport organique	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Commentaires
Les prattes	37%	Labour	non	Orge pts	colza	blé	betterave	oeillette	blé	betterave	blé	Orge pts	Orge hiver	1 colza et 2 betterave
Côte de vaucoigne	33%	Labour	oui	colza	blé	betterave	Orge de pts	Orge de pts	blé	Colza/pois/tournesol	blé	betterave	blé	Légumineuses 1 colza et 2 betterave
Champ dorieux	30%	Labour	non	betterave	pdt	blé	betterave	Orge pts	Orge pts	lin	blé	betterave	blé	4 ans sans colza et betterave
Les cerisiers	30%	Labour	oui	colza	blé	betterave	Orge pts	Orge hiver	betterave	oeillette	blé	betterave	blé	1 colza et 3 betteraves
Les vignes	27%	Labour	non	-	-	-	-	-	-	-	blé	Orge pts	betterave	
Champ la vache	23%	Superficiel	oui	Orge pts	pois	blé	betterave	Orge pts	colza	blé	betterave	Orge pts	chanvre	1 légumineuse, colza et betterave 1 fois tous les 2 ans
Puits Dindier	20%	superficiel	oui	blé	colza	Blé	betterave	Orge pts	colza	blé	betterave	Orge pts	Orge pts	Colza et betterave 1 an/2
Le poteau	20%	Labour	oui	-	-	Avoine	Blé	blé	Orge hiver	tournesol	blé	Orge pts	blé	Beaucoup céréales hiver

➤ De nouvelles connaissances pour l'EMC (essais variétés blé 2025)



Les mycorhizes favorisent l'absorption des éléments nutritifs

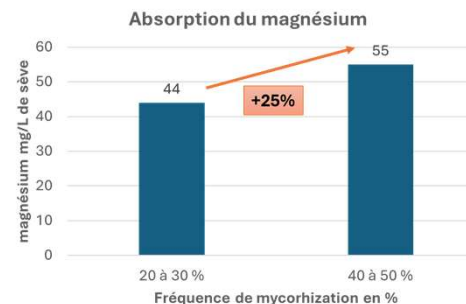


Intensity
RGT Indexo

Chevignon
LG Absalon
Junior

Analyse de sol de la parcelle expérimentale :

Phosphore (Olsen) : 116 mg/kg de terre fine
Moyenne SCARA : 93 mg/kg de terre fine

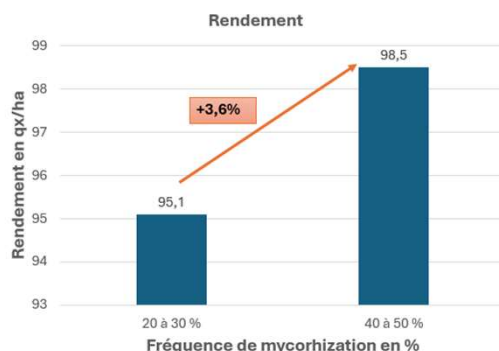


Intensity
RGT Indexo

Chevignon
LG Absalon
Junior

Analyse de sol de la parcelle expérimentale :

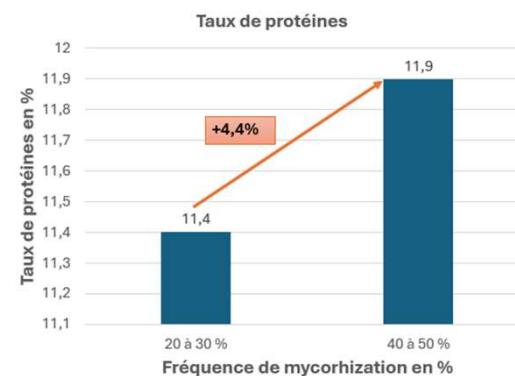
Magnésie (MgO) : 127 mg/kg de terre fine
Moyenne SCARA : 113 mg/kg de terre fine



Intensity
RGT Indexo

Chevignon
LG Absalon
Junior

220 kg N/ha



Intensity
RGT Indexo

Chevignon
LG Absalon
Junior

220 kg N/ha

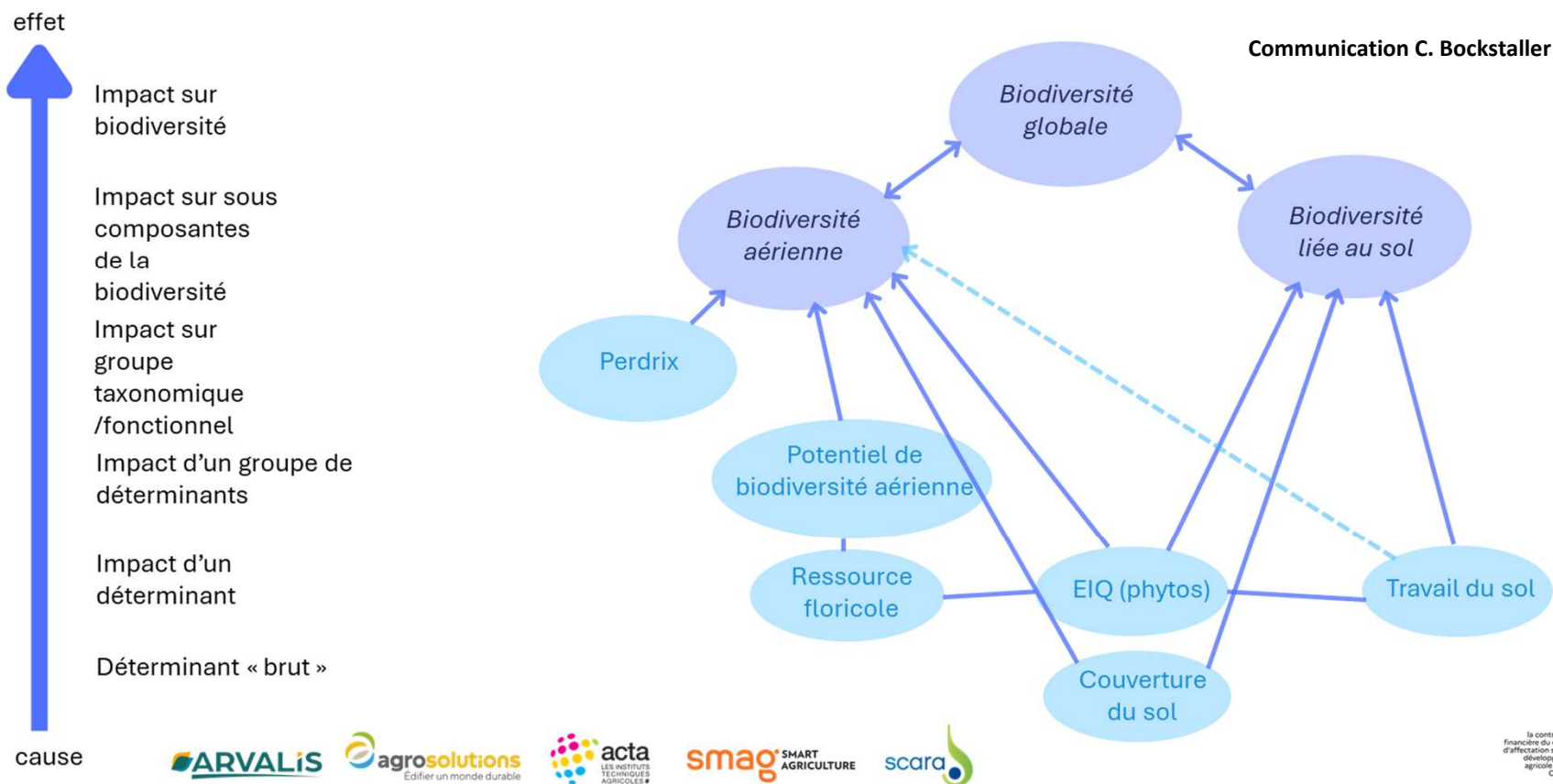
➤ La biodiversité : projet APPRIVOISE



Evaluation de la biodiversité d'une exploitation

(données accessibles, indicateurs partagés par le monde agricole et les filières)

Simple d'utilisation (agriculteurs et techniciens)



➤ Les perspectives pour réussir la transition des exploitations



Evaluer régulièrement les impacts environnementaux et les services écosystémiques – poursuivre les recherches pour améliorer les concepts et les méthodes.

Travailler à l'échelle de l'exploitation puis du territoire (de la coopérative, d'un bassin versant...)

Mettre en place des plans de progrès au sein des exploitations (échelle temporelle la rotation)

Accompagner techniquement les changements de pratiques – disposer d'une offre de services complète et d'une équipe technique sur le terrain.

Financer les surcoûts et améliorer la marge nette des produits agricoles :

- **paiement pour service environnementale** : crédit carbone, crédit biodiversité, protection aire alimentation de captage.
- **Primes filières** – co-construction de cahiers des charges.
- **Filière bas-carbone** avec objectif de réduction : ex. sur céréale objectif SBTi -36 % EGES entre 2020 et 2030 (certification ISO 14067)
- **Prime pour une agriculture régénératrice** – respect des sols (fertilité physique, chimique, biologique, gestion de la matière organique....

Certifier les démarches mise en place (outil d'évaluation, plan de progrès et objectifs, validation des résultats obtenus)



Merci pour votre attention

SCARA – ZI de Villette-Sur-Aube – 10700 Arcis-Sur-Aube

p. Michonneau : p.michonneau@scara.fr

A new method to assess sustainability of agricultural systems by integrating ecosystem services and environmental impacts. Emma Soulé, Rémi Charbonnier, Laura Schlosser, Philippe Michonneau, Nadia Miche, Christian Bockstaller. Journal of cleaner production (2023), 415: 137784.

A predictive indicator assessing effect of cropping system and surrounding landscape on biodiversity. Emma Soulé, Cathy Hawes, Mark Young, Laura Henckel, Nadia Michel, Philippe Michonneau, Christian Bockstaller. Ecological indicators (2023), 151: 110289.

Environmental sustainability assessment in agricultural systems: A conceptual and methodological review. Emma Soulé, Philippe Michonneau, Nadia Michel, Christian Bockstaller. Journal of cleaner production (2021), 325: 129291.

De nouveaux indicateurs innovants pour répondre à l'évolution des cahiers des charges sur les performances environnementales des exploitations agricoles. Emma Soulé, Philippe Michonneau, Nadia Michel, Christian Bockstaller. AE&S (2023) 13-2

➤ L'analyse de cycle de vie pour évaluer les impacts et performances : études de cas sur le Miscanthus

Morgane TOPART
Chef de projet Evaluation multicritère
Agro-Transfert RT



Bioéconomie et durabilité



Bioéconomie =

Remplacement des
ressources fossiles par des
ressources renouvelables

Performance environnementale
=> Facteurs locaux et territoire
Sol, pratiques culturelles, climat,

...

**Dans quelle mesure la performance
environnementale de la production de miscanthus
est influencée par des facteurs locaux ?**

EXEMPLE

Miscanthus x giganteus
Culture pérenne à haut
potentiel de rendement et à
faibles besoins en intrants



2 cas d'étude

Ex-ante
« UCAC »

Ex-post
« MISTICC »



ACV

➤ Analyse de cycle de vie (ACV)



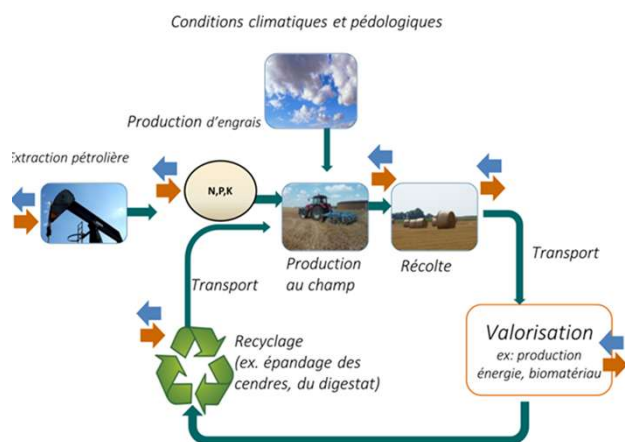
Une évaluation environnementale

Multicritère

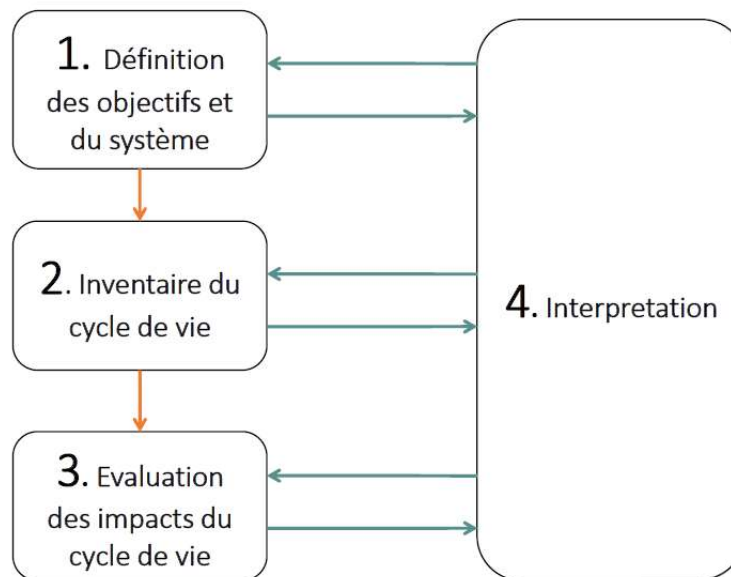
Multi-étapes

Normée
4 étapes
Itérative

Selon la norme ISO 14040 - 14044



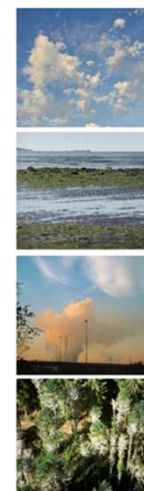
← Ressources (énergie, matières premières, eau, etc...)
→ Emissions (polluants, déchets, eaux usées, etc...)



Inventaire des ressources utilisées et des émissions

Principaux impacts environnementaux mesurés

Changement climatique
Eutrophisation
Qualité de l'air
Acidification
Etc...



➤ Deux cas d'études contrastées



Facteurs locaux et territoire :

Ex-ante « UCAC »

Données potentielles

Littérature scientifique

Rendement croisière : 18 t MS/ha

Intrants : Fertilisation

Herbicides

Sol: Faible teneur en MO (1.72 %)

20 années de production

Intensive cropping system



Ex-post « MISTICC »

Données réelles

Entretiens avec agriculteurs

Rendement croisière: 10 t MS/ha

Intrants: Ø fertilisation

Herbicides

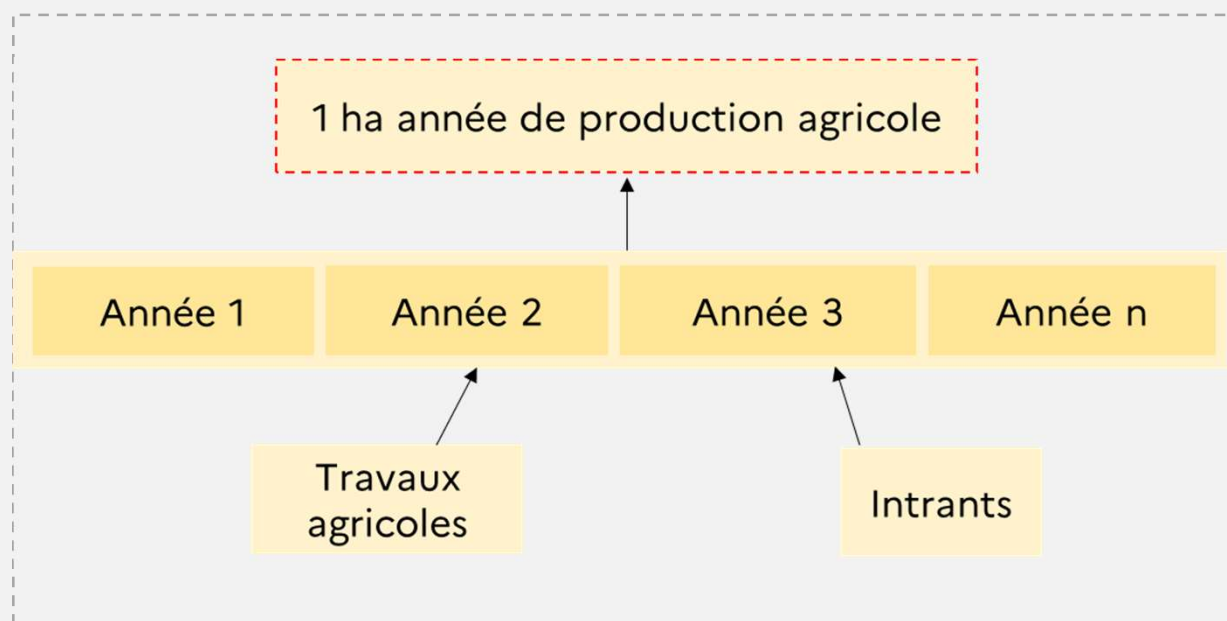
Sol: Riche en MO (2.85 %)

20 années de production

Sols marginaux et pollués

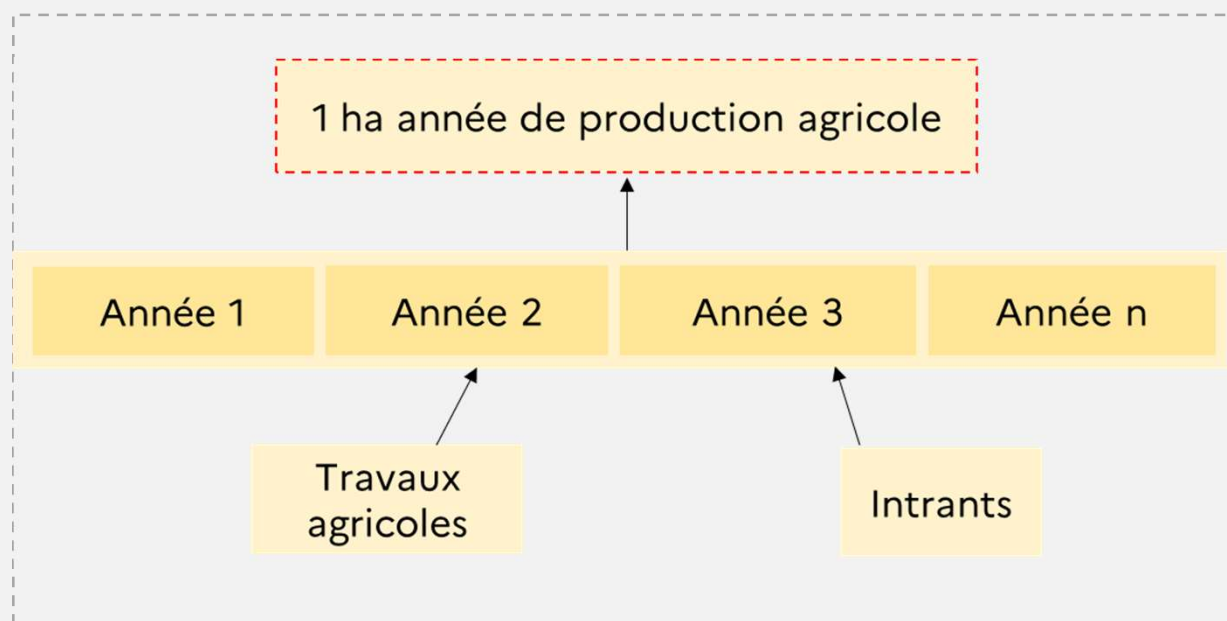
Extensive cropping system

➤ ACV améliorée : intégration de la dynamique du carbone dans le sol



Périmètre de l'évaluation :
Spatiale : Echelle parcelle
Temporelle : 20 ans

➤ ACV améliorée : intégration de la dynamique du carbone dans le sol



Périmètre de l'évaluation :
Spatiale : Echelle parcelle
Temporelle : 20 ans



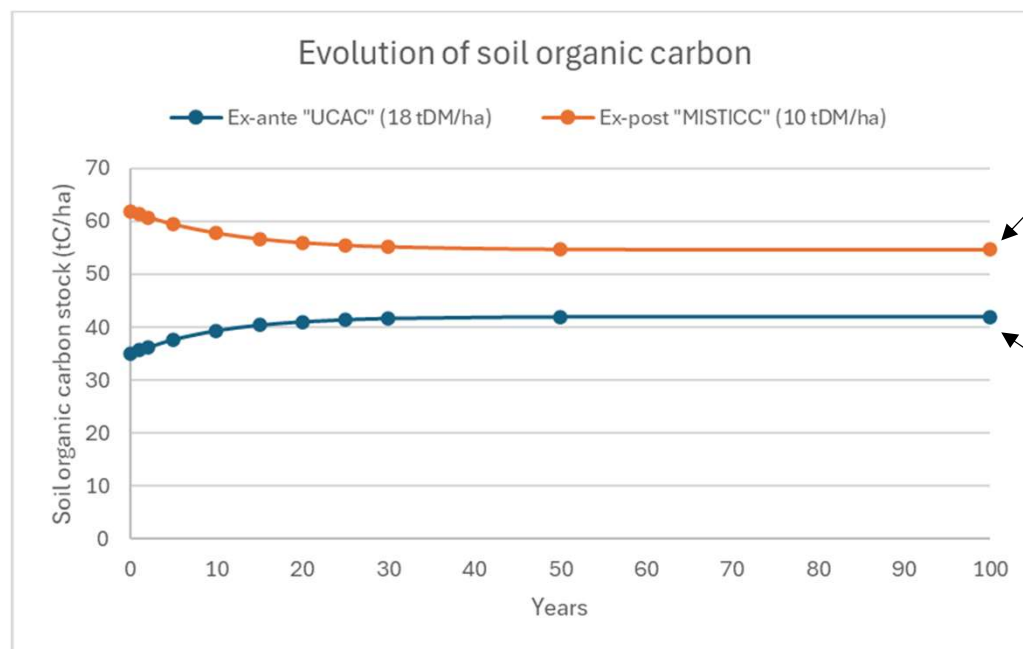
Utilisation de SIMEOS-AMG pour
calculer les flux de carbone du sol

SimaPro

Agribalyse 3.1
Ecoinvent 3.10

*Emissions de
CO₂ et de N₂O*

➤ Évolution du carbone organique du sol : À approfondir

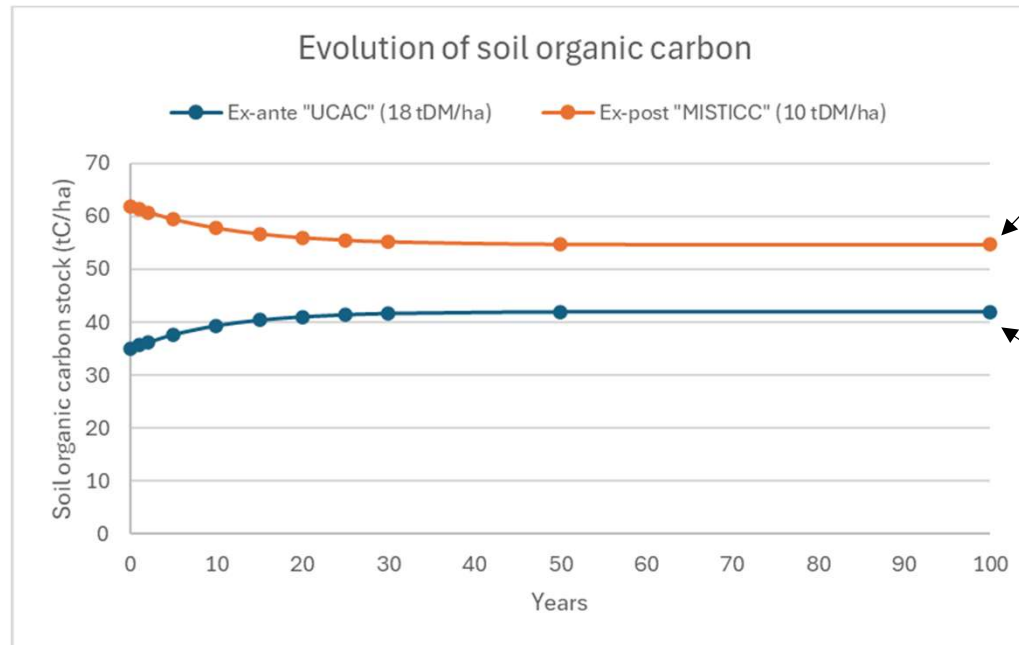


MISTICC : Déstockage

UCAC : Stockage

WHY?

➤ Évolution du carbone organique du sol : À approfondir



MISTICC : Déstockage

UCAC : Stockage

Différences



Bilan humique

Entrée de Carbone humifié

- Résidus aériens et racinaires
- Produits organiques

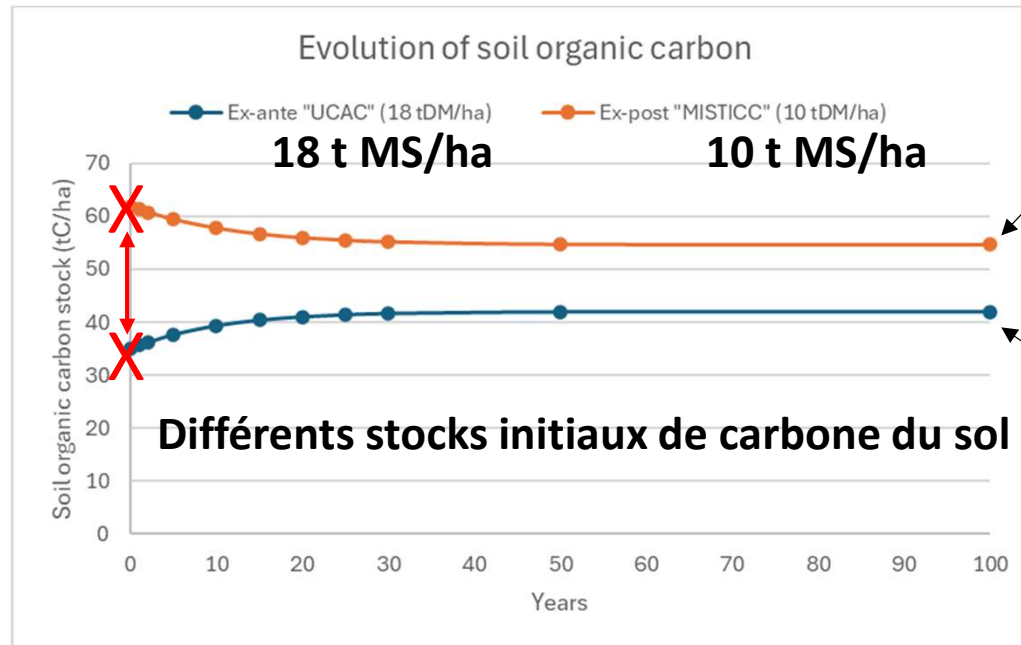


Stock de carbone
organique du sol

Sortie de Carbone (CO₂) via minéralisation :

- Climat
- Type de sol
- Travail du sol

➤ Évolution du carbone organique du sol : À approfondir



MISTICC : Déstockage

UCAC : Stockage

Différences

> Rendement: ± Entrées de carbone
> Sol: ± Capacité de stockage de Carbone

Bilan humique

Entrée de Carbone humifié

- *Résidus aériens et racinaires*
- *Produits organiques*

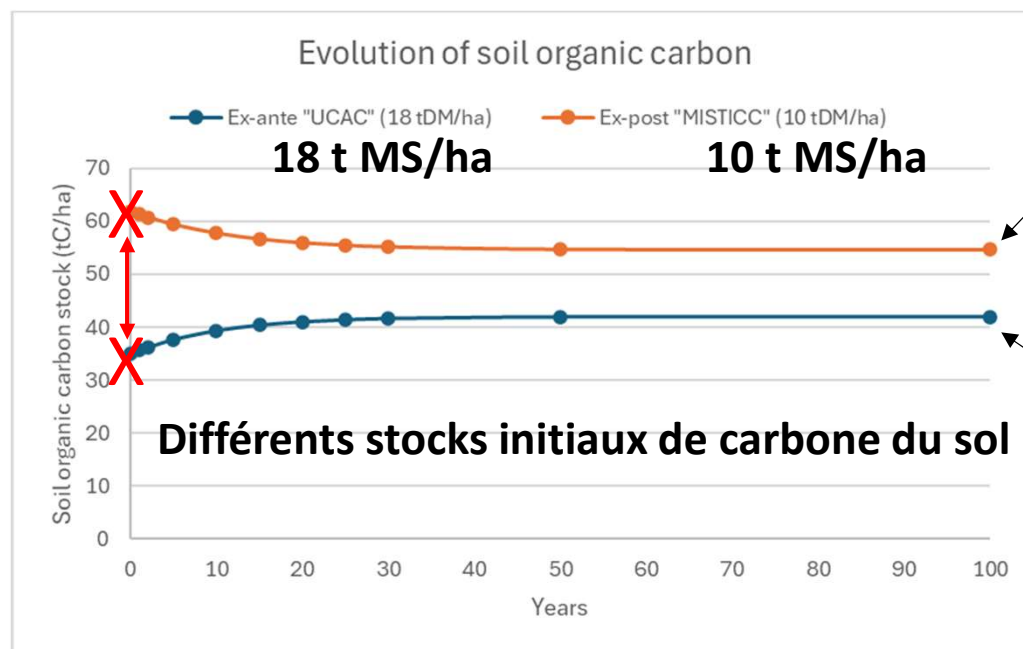


Stock de carbone
organique du sol

Sortie de Carbone (CO₂) via minéralisation :

- *Climat*
- *Type de sol*
- *Travail du sol*

➤ Évolution du carbone organique du sol : À approfondir



MISTICC : Déstockage

UCAC : Stockage

Différences

- > Rendement: ± Entrées de carbone
- > Sol: ± Capacité de stockage de Carbone

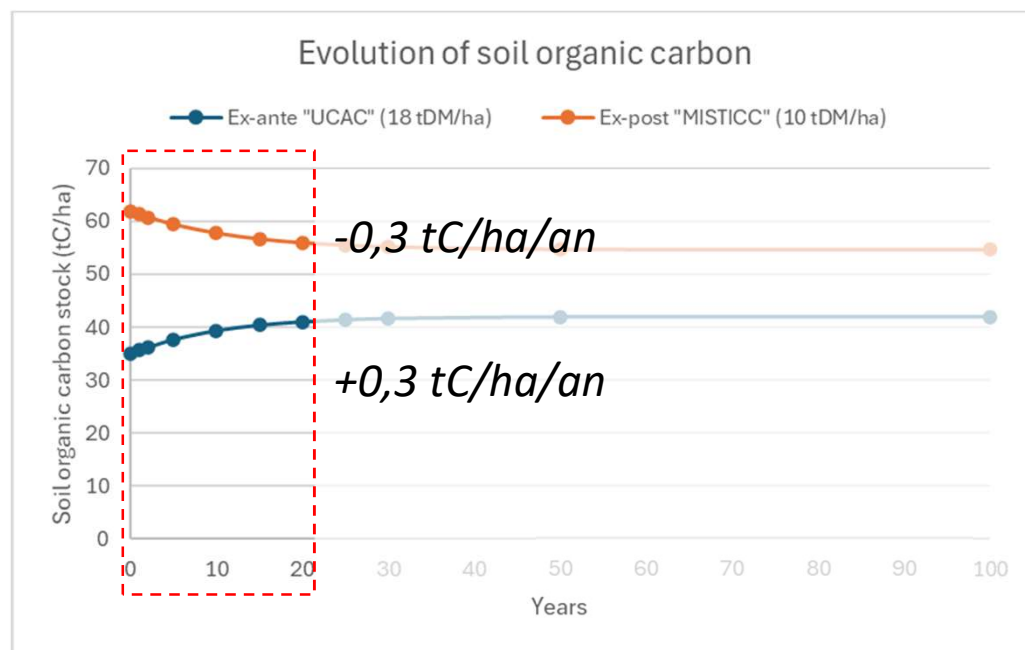


Incertitudes de l'étude MISTICC : possible sous-estimation du stockage de carbone dans les sols (limites du modèle avec faibles rendements et anciens sols hydromorphes). Analyses complémentaires en cours.

Hypp : les flux de carbone pourraient rester stables !?



➤ Évolution du carbone organique du sol : À approfondir



Système entier :

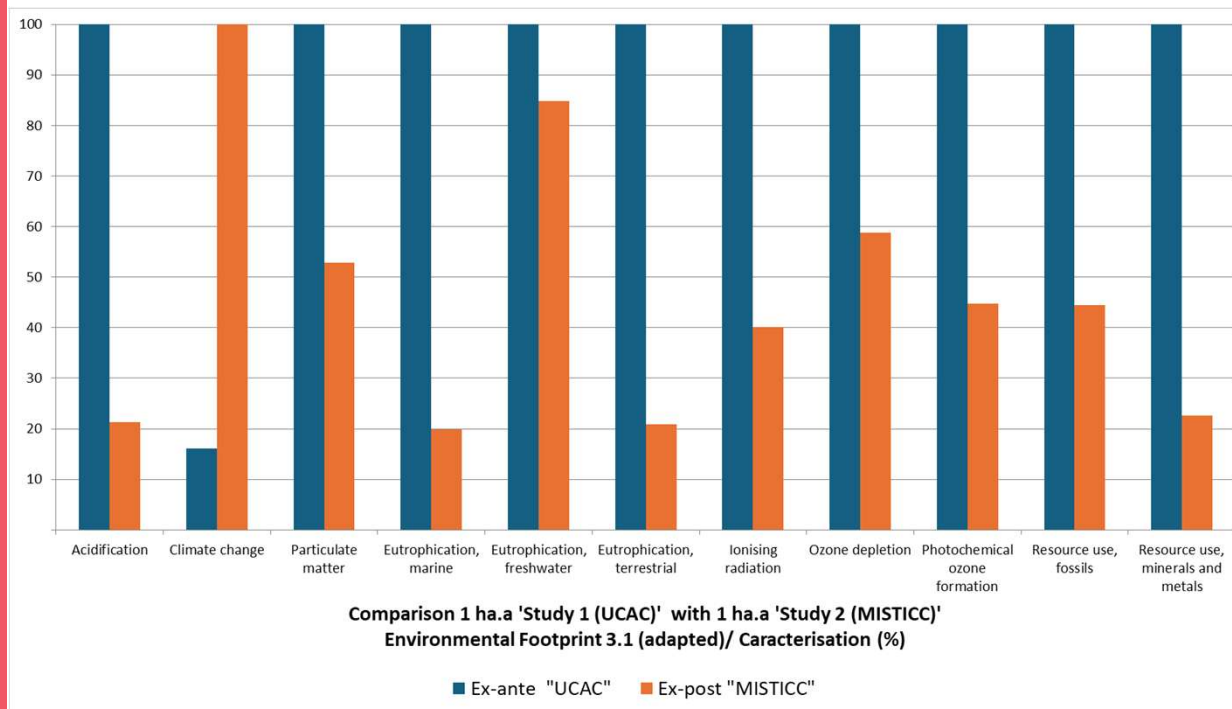
-22 013 kg CO₂ /ha

+21 681 kg CO₂ /ha et +70 kg NO₂ /ha

Emissions de
CO₂ et de N₂O



➤ Cultures similaires, résultats contrastés



Une unique culture
" bas-intrants "

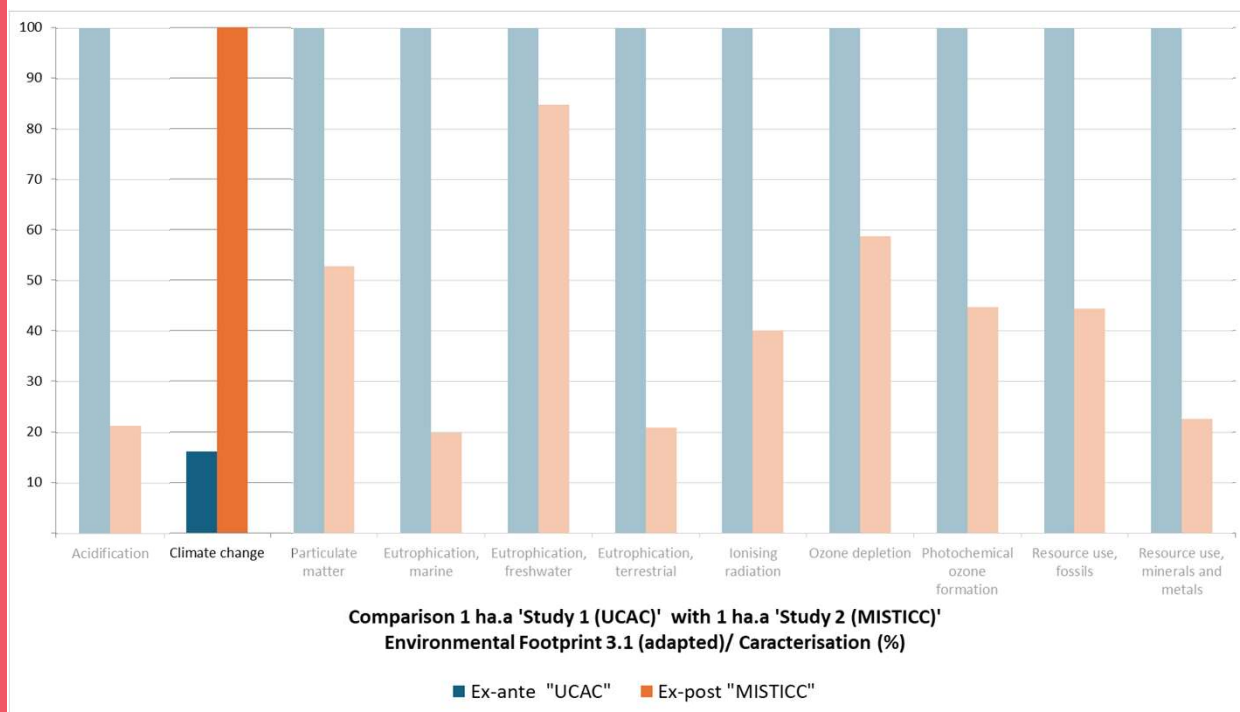


± intensive

**Différence significative
pour tous les indicateurs !**

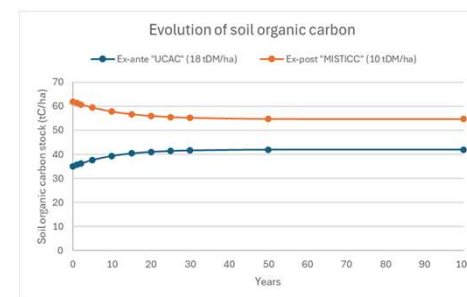
*Significance threshold: 5 to 10%
25% for ecotoxicity indicators*

➤ Cultures similaires, résultats contrastés



Changement climatique:
En faveur de l'UCAC

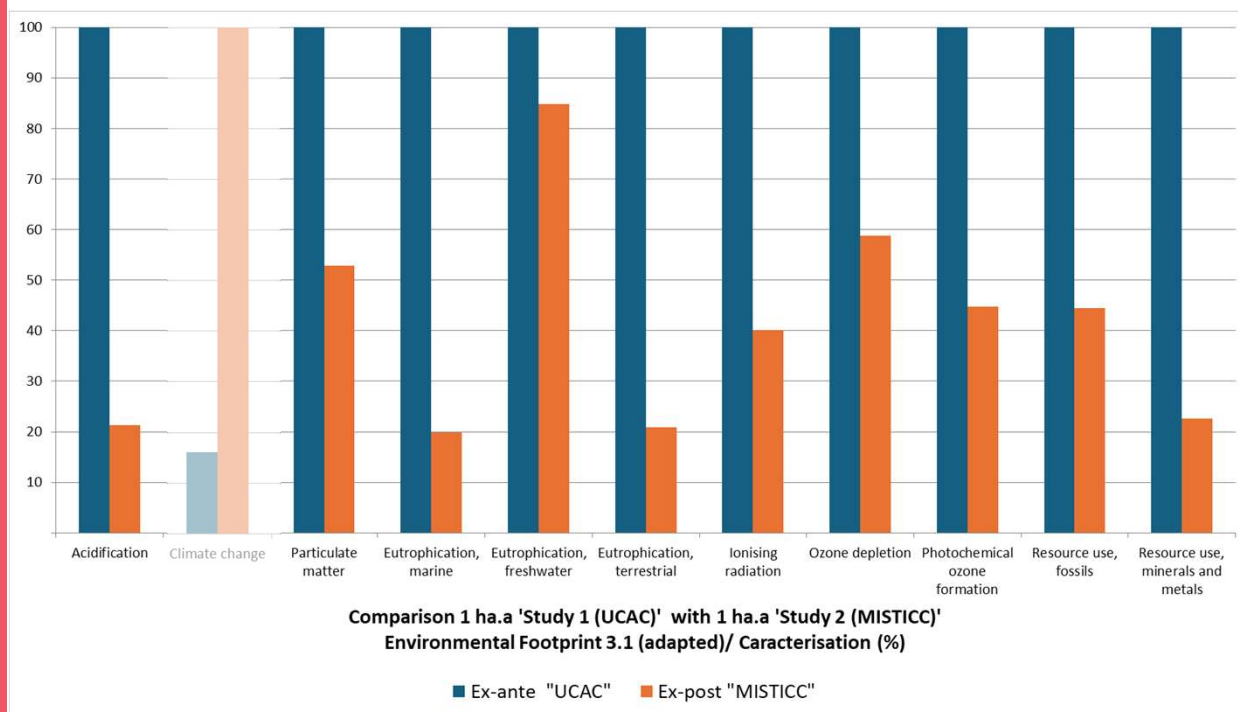
> Majoritairement lié aux flux de carbone du sol



Significance threshold: 5 to 10%
25% for ecotoxicity indicators

➔ Attente des analyses complémentaires

➤ Cultures similaires, résultats contrastés



Tous les autres :
En faveur de MISTICC

> Principalement lié à moins d'interventions
(*broyage, fertilisation, etc.*)

> Objectif de MISTICC différent de celui de l'UCAC

Significance threshold: 5 to 10%
25% for ecotoxicity indicators

→ Ici, l'objectif n'est pas la production de biomasse,
mais **la valorisation à faible coût des terres marginales**

> Conclusion



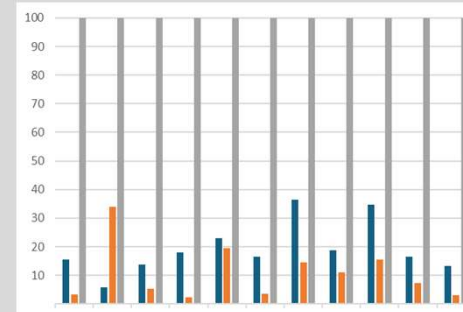
Points clefs

- Les études de cas démontrent que les données de sorties dépendent directement des données d'entrée (*ex : flux de C*)
- La prudence s'impose avec le choix de données et de la méthodologie → les résultats doivent être ancrés dans le contexte local et avec un référentiel pertinent
- L'analyse de sensibilité est essentielle pour valider les résultats



Perspectives

- Dans les deux cas, les impacts sont **nettement inférieurs** à ceux des systèmes de culture conventionnels
- Le Miscanthus offre de réels avantages environnementaux



> Conclusion



Points clefs

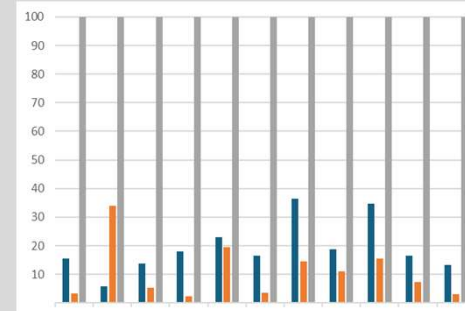
- Les études de cas démontrent que les données de sorties dépendent directement des données d'entrée (*ex : flux de C*)
- La prudence s'impose avec le choix de données et de la méthodologie → **les résultats doivent être ancrés dans le contexte local et avec un référentiel pertinent**
- L'analyse de sensibilité est essentielle pour valider les résultats

L'importance cruciale de la méthodologie : identifier la base de comparaison et les unités utilisées

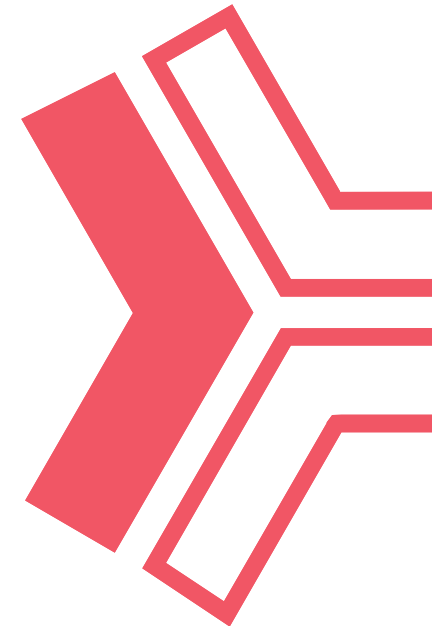


Perspectives

- Dans les deux cas, les impacts sont **nettement inférieurs** à ceux des systèmes de culture conventionnels
- Le Miscanthus offre de réels avantages environnementaux



➤ Evaluations MultiCritères (EMC) de systèmes de grandes cultures et d'élevages en interaction via le pâturage de troupes ovines



Emeric Emonet – Responsable du pôle Agroécologie, systèmes, durabilité – ACTA

Sarah Bossez – Chargée de mission conception et évaluation de systèmes agroécologiques – ACTA

D'après SADAUI A., 2025 ; MARIE P., 2024 ; BABIAR M., FRANCESETTI C., 2021 ; MOESCH F., 2020 ; CLAQUIN M., 2019

➤ L'EMC au service de projets sur les interactions cultures-élevages dans 3 projets de R&D



Objectifs du projet

- Explorer les effets du pâturage sur les parcelles, cultures, troupeaux
- **Quantifier les impacts technico-économiques, environnementaux et sociaux du pâturage**
- Evaluer la faisabilité/généralisation d'adoption du pâturage ovin en systèmes céréaliés

<http://www.agrofile.fr/poscif/>



Objectifs du projet

- Compléter les connaissances sur les **impacts agronomiques et zootechniques**
- Lever les freins techniques, sociaux, économiques et juridiques



Permettre le déploiement territorial d'une nouvelle forme de polyculture élevage durable

<https://idele.fr/interagit/>



Objectifs du projet

- Caractériser la diversité des Interactions Cultures Elevage à l'échelle Territoriale (ICET)
- **Evaluer et objectiver les bénéfices des ICET**
- Construire et formaliser des méthodes d'accompagnement de la mise en place d'ICET

<https://grandest.chambres-agriculture.fr/ficelle/>

➤ L'EMC au service de projets sur les interactions cultures-élevages : des objectifs variés



Evaluer les impacts techniques, économiques, environnementaux et sociaux du pâturage ovin en système céréalier pour :

- **Acquérir des références** : caractérisation des systèmes pratiquant le pâturage sur parcelles en GC et évaluation de l'impact de la pratique
- **Communiquer** : partage d'expérience des agriculteurs

*Ex-post
ou in itinere*



- **Aider à la décision** : simulation de scénarios d'intégration du pâturage et évaluation a priori



Ex-ante

➤ Méthode : démarche globale

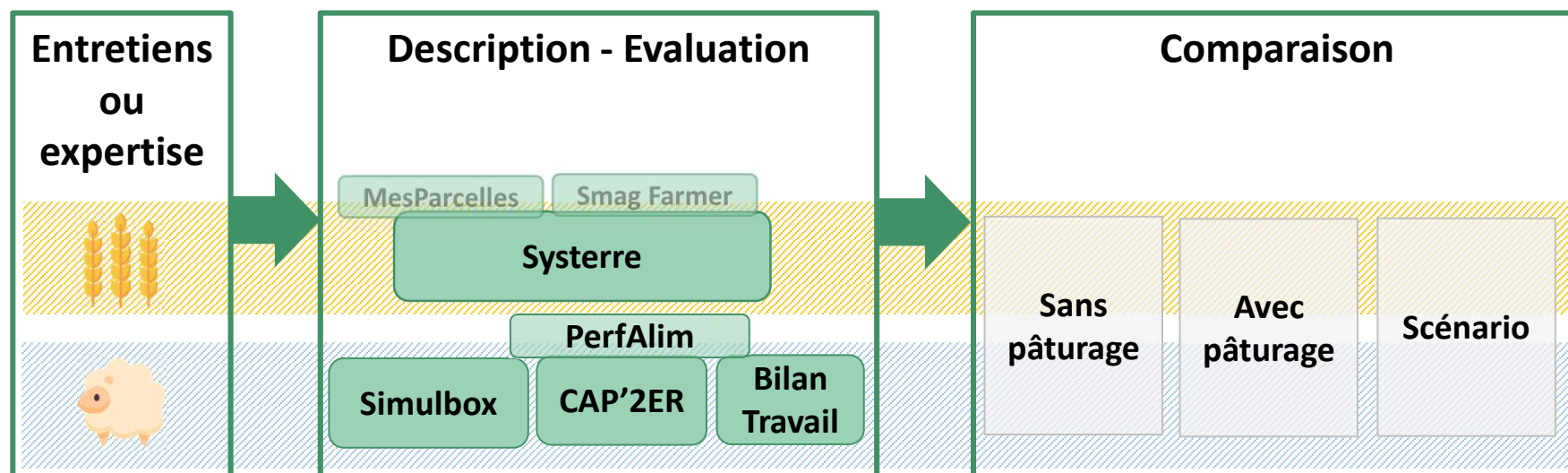


Décrire le système de culture et/ou d'élevage et les pratiques. Les **caractériser** à l'aide d'indicateurs techniques, économiques et environnementaux et **estimer** l'impact du pâturage.

Analyse de systèmes ou d'ateliers **en interaction** au sein d'une exploitation ou entre exploitations

➔ sélection et combinaison de **plusieurs outils**

NB : intérêt dans le cadre de l'ex-RMT **ERYTAGE**



➤ Méthode : études de cas réels

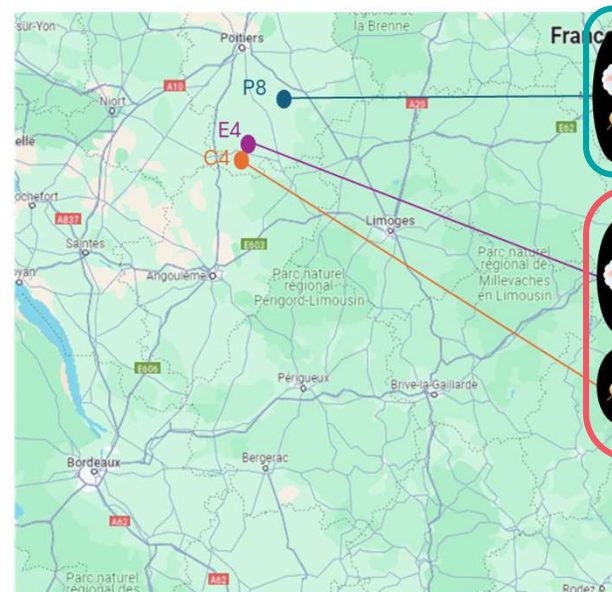


- Cultivateurs
 - Eleveurs
 - Polyculteurs- éleveurs
- + gestionnaires d'espaces



INTER-AGIT+
INTERACTIONS ENTRE AGRICULTEURS POUR GÉRER LES INTERCULTURES À L'ÉCHELLE TERRITORIALE POUR DES ACTIVITÉS AGRICOLES PLUS DURABLES

PCE: pâturage des
intercultures



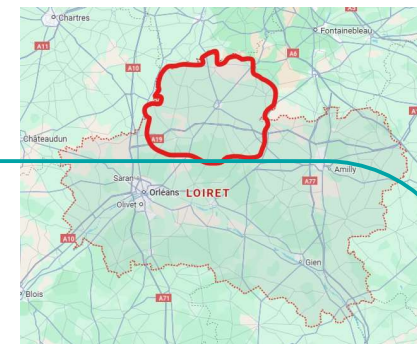
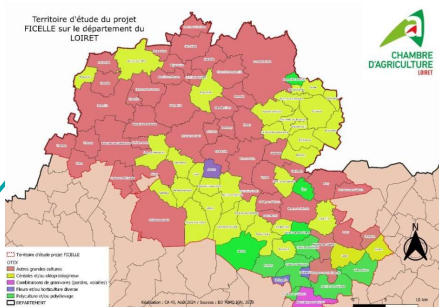
TeOvin	
PCE ovin (86)	4 ans
UTH: 1	Conventionnel sous label rouge et IGP
SAU: 109 ha	SFP: 77 ha
150 ha de couverts pâturés dont 16 ha sur ses surfaces	
Distance avec la zone pâturée: 5 km en moyenne	
552 brebis dont 552 pâturant IC	
Temps de pâturages des couverts: 8 mois (Août-Mars)	

PCE ovin (86)	20 ans
UTH: 2,25	Conventionnel
SAU: 120 ha	SFP: 100 ha
990 brebis dont la moitié pâturant IC	
Distance avec la zonée pâturée: 10 km	
Temps de pâturages des couverts: 107 jours (Oct-Janvier)	

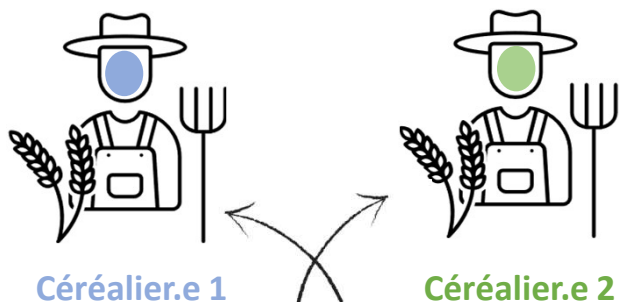
Céréalière (86)	17 ans
UTH: 2	Conventionnel ACS
SAU: 206 ha dont 37 (au moins) pâturés	

Association Culture +
Elevage :
L'éleveur pâture les
intercultures du céréalier

➤ Méthode : études de cas réels à simulés

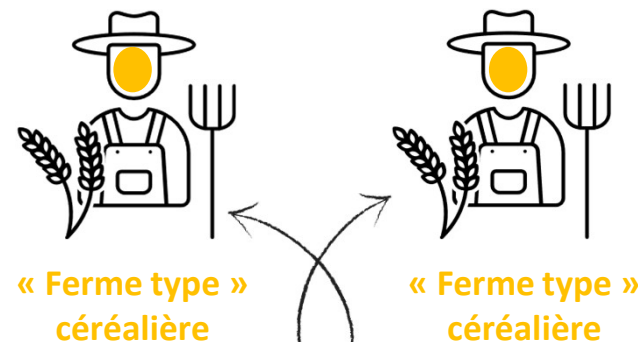


Cas d'étude « Réel »



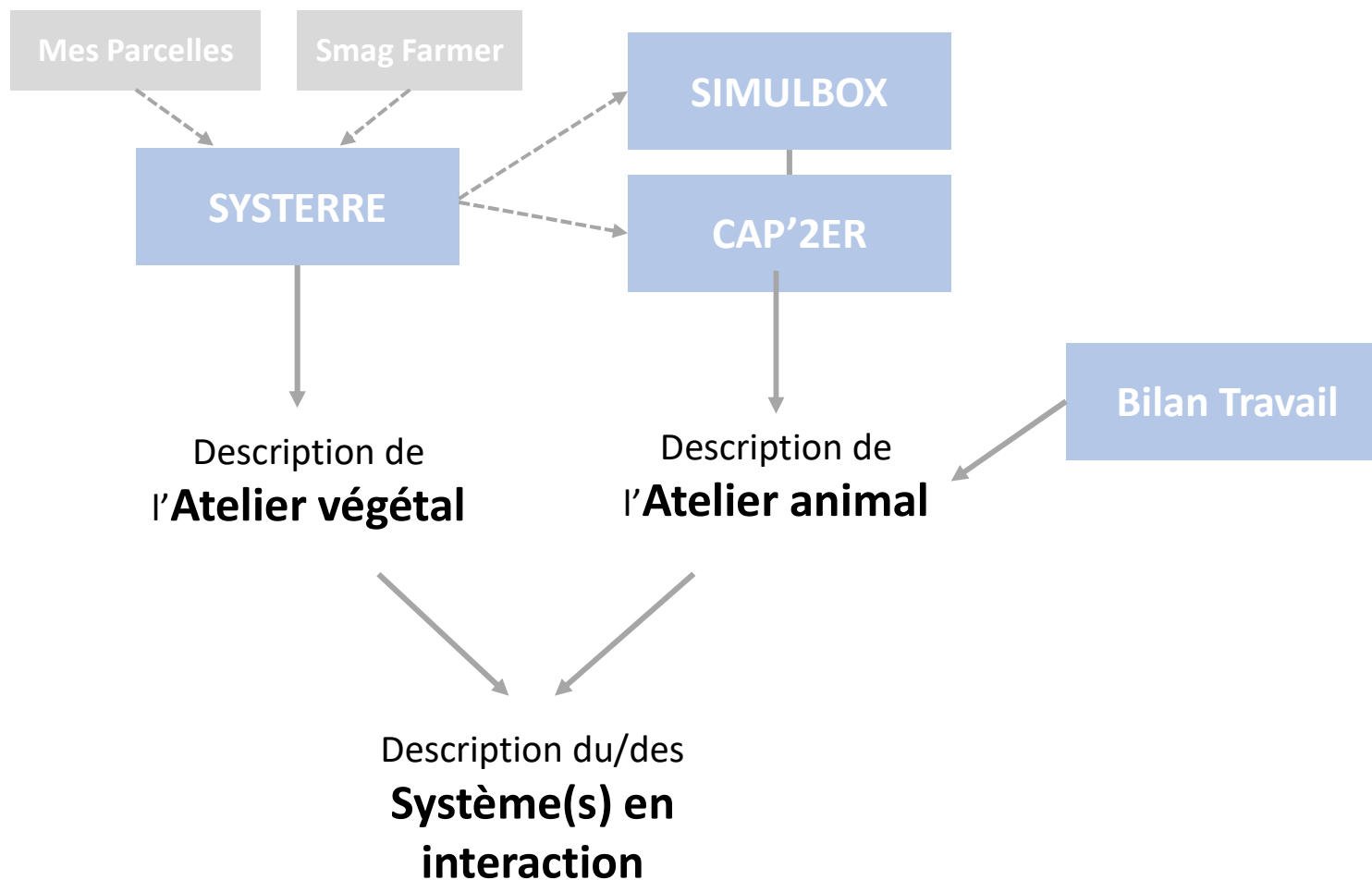
Atelier élevage
300 ovins

Cas d'étude « Référence »



Atelier élevage
300 ovins

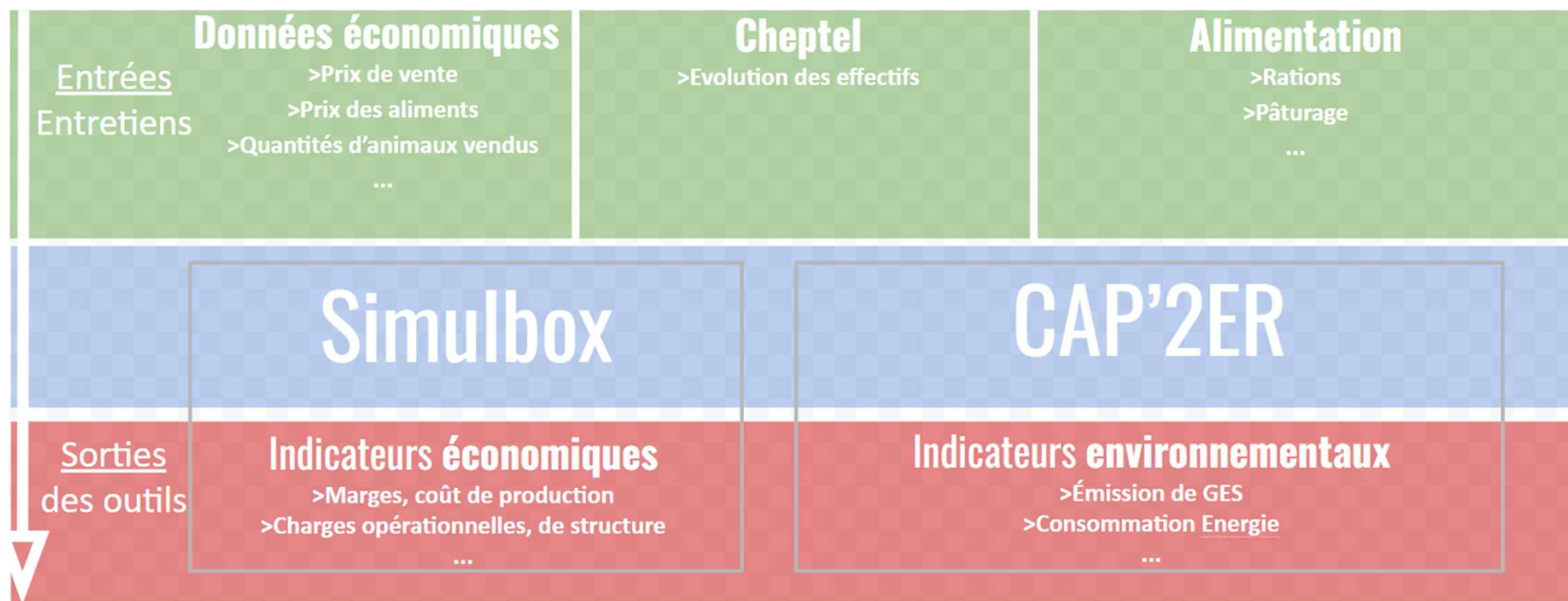
➤ Méthode : couplage des outils



➤ Méthode : description du système de cultures



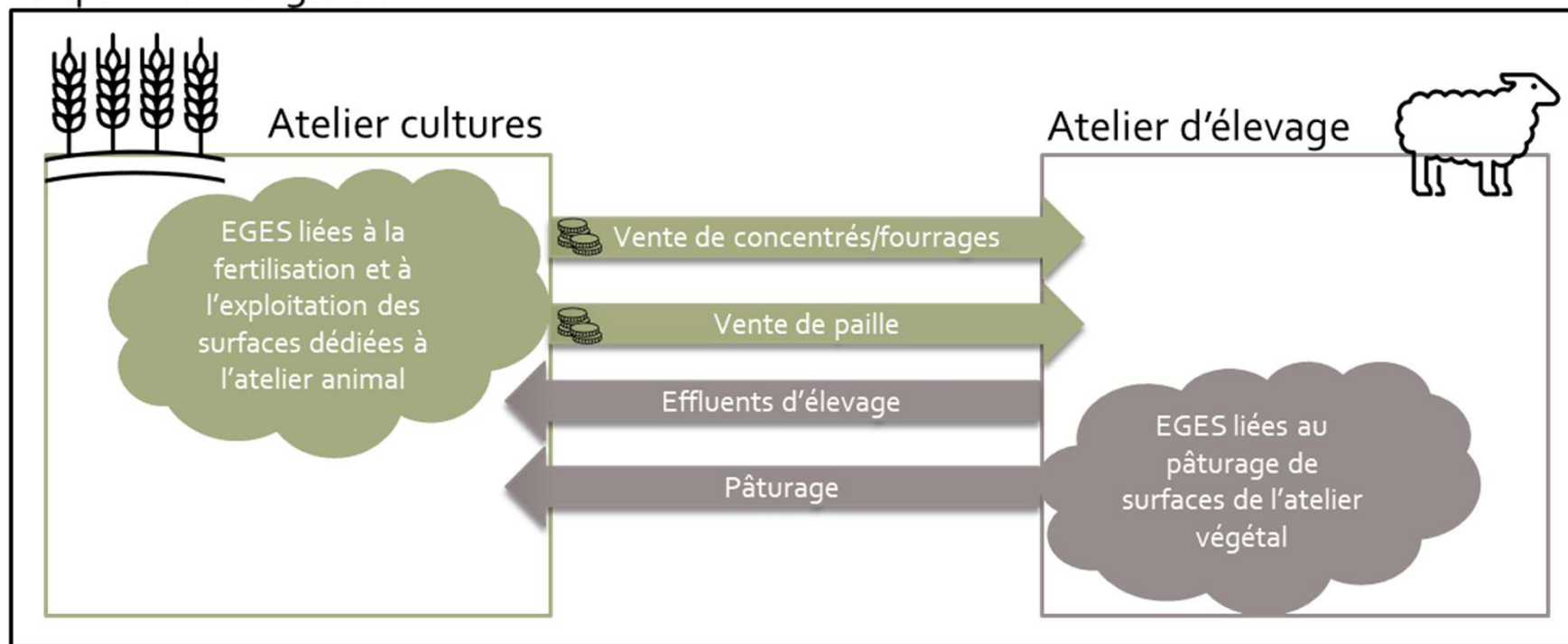
➤ Méthode : description du système d'élevage



➤ Méthode : limites les ateliers et leurs interactions



Exploitation agricole



EGES : Emission de Gaz à Effet de Serre

➤ Résultats de l'EMC : exemple du projet



Impact du pâturage pour l'atelier « Grandes Cultures »

Indicateurs		C0	C1	C2	C3	P0	P5
Exploitation	SAU (ha)	248	430	303	187	189	189
	UTH affectées à l'atelier cultures	1,0	2,0	2,5	0,9	1,3	1,3
	Conduite des cultures	ACS	AB	AB	Vers ACS	Conventionnel	
	Couverts et cultures pâturés (ha)	75	180	95	52	22	114
Techniques	Temps de travail hors ETA (h/ha/an)	-5,0%	-19,4%	-3,3%	-3,2%	-1,6%	-10,2%
	Consommations de carburant (L/ha)	-2,0%	-10,6%	-4,2%	-1,9%	-1,2%	-18,0%
	Bilan N (kg/ha)	-1,9%	-	-0,9%	-1,4%	-1,0%	-4,9%
	IFT	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	-1,9%

Grâce à la substitution du broyage sur les couverts par le pâturage :

- Temps de travail
- Conso de carburant
- Bilan N

ACS = agriculture de conservation des sols ; AB = agriculture biologique.

Rappel : pas de prise en compte des effets agronomiques du pâturage sur les parcelles (rdt céréales, nettoyage luzerne)

➤ Résultats de l'EMC : exemple du projet



Impact du pâturage pour l'atelier ovin

Indicateurs		E2	E3	P0	
Exploitation	UGB totales	=	76%	=	35%
	Nombre de brebis mères	=	80%	=	40%
	UTH affectées à l'atelier ovin	=	=	=	=
	Conduite du troupeau	Bio - 100%	Bio - Semi-	Bergerie + PA	Bergerie + PA
	Couverts et cultures pâturés (ha)				PA = Plein Air
Trav.	Temps de travail astreinte (h/an)	4%	-13%	-6%	21%

↘ ou ↗ Temps de travail

↗ Conso de carburant

➤ Résultats des EMC : enseignements



- **Pâturage de couverts : peu d'impact économique, voire amélioration des indicateurs économiques**
- **Diminution du temps de travail**
- **Diminution des émissions GES**
- **Diminution des consommations d'énergie**
- Impacts **dépendants des stratégies** mises en place par l'agriculteur. Ex : changement d'assolement peut avoir un impact économique important



Systèmes plus durables d'un point de vue **environnemental, et économique** en cas d'adaptations mineures

- **Diminution des charges d'alimentation**
- **Amélioration de la marge nette**
- **Diminution des consommations d'énergie**
- **Diminution des émissions de GES**
- Temps de travail et charges de structures : dépendant des situations



Systèmes plus durables d'un point de vue **environnemental et économique**

➤ Discussion - perspectives



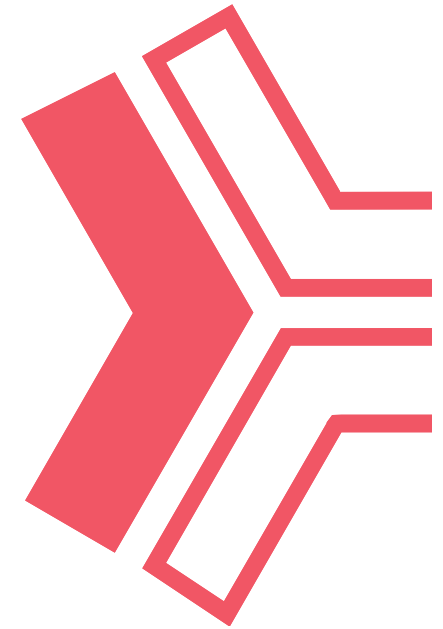
- **Boîte à outils opérationnelle** pour conduire les EMC mais mise en œuvre **chronophage**, **optimisable**, avec des **précautions méthodologiques** ➔ une fiche de calcul excel à remplir avec les exports des outils.
- **Difficulté d'accès** à l'expertise technique, aux références existantes.
- **Evaluation partielle**, notamment sur l'aspect social, peu pris en compte, et environnemental.
- **Manque de sensibilité** de certains indicateurs pour capter l'effet de changements mineurs (exemple : bilan N).
- **EMC *ex-post* ou *in itinere*** : des EMC qui **reflètent bien la diversité des systèmes** étudiés, mais dans le temps des projets, **pas d'observation de trajectoires** (évolution des impacts).
- **EMC *ex-ante*** : de nombreuses hypothèses posées, mais rend compte de la **dynamique d'évolution des performances** selon différentes stratégies d'adaptation ➔ une **base de discussion** pour l'accompagnement.

➤ Perspectives : des enjeux pour la R&D



- Des recommandations méthodologiques à formaliser et des **optimisations et voies de progrès** identifiés pour les outils d'EMC pour **mieux accompagner** les acteurs engagés dans ces transitions agroécologiques
- Développer **l'interopérabilité** entre outils.
- Mise en place d'API ?
- **Faciliter l'accès aux données** de systèmes types, *via* la mise à disposition et le partage de références existantes.
- **Compléter l'EMC** avec d'autres indicateurs : aspects sociaux (vivabilité,), environnementaux (stockage de carbone, biodiversité...), économiques (résilience...).
- Tendre vers une évaluation des **services écosystémiques** fournis par ces systèmes à l'échelle de l'exploitation et du territoire ?
- Description initiale du système chronophage, mais une fois décrit, on peut **facilement simuler des changements** ➔ aller plus loin dans la modification des systèmes et les hypothèses posées (nécessite de pouvoir réunir plusieurs domaines d'expertises).
- Quid du partage des coûts/bénéfices entre les acteurs en interactions ?

➤ Questions - Réponses



➤ Repas

