

AGRO-ECO SOL, UN OUTIL DE DIAGNOSTIC DES FONCTIONS DU SOL ET DE CONSEIL BASÉ SUR DES BIOINDICATEURS - schéma général d'interprétation -

Christine LE SOUDER¹, Matthieu VALE², Florent CHLEBOWSKI^{1,2}, Lionel RANJARD³, Pierre-Alain MARON³, Samuel DEQUIEDT³, Mickaël HEDDE⁴, Nathalie CHEVIRON⁵, Jérôme CORTET⁶, Nicolas SABY⁷, Cécile VILLENAVE⁸, Caroline DIZIEN⁹, Baptiste SOENEN¹⁰

¹ARVALIS, 91720 Boigneville ; ²AUREA Agrosiences, 270 avenue de la pomme de pin, 45160 Ardon ; ³INRAE, UMR Agroécologie, 17 rue de Sully, 21065 Dijon Cedex ; ⁴INRAE, UMR Eco&Sols, 2 place Viala, 34060 Montpellier Cedex ; ⁵INRAE, UMR ECOSYS – Plateforme Biochem-Env, Route de Saint-Cyr, 78026 Versailles ; ⁶CEFE, Université Paul-Valéry Montpellier 3, Route de Mende, 34199 Montpellier cedex 5 ; ⁷INRAE, US InfoSol, 2163 avenue de la pomme de pin, 45160 Ardon ; ⁸ELISOL Environnement, ZA des Tourels, 10 avenue du midi, 30111 Congénies ; ⁹Agrosolutions, 17 rond-point de l'Europe, 51430 Bezannes ; ¹⁰ARVALIS, 241 Route de Chapulay, 69330 Pusignan



Le projet AGRO-ECO SOL

Juillet 2017 → octobre 2022



**PORTEUR
DU PROJET**



PARTENAIRES



PRESTATAIRES

**Sociétés
expertise conseil**



Coopératives



**Laboratoires
privés**



**Laboratoires de
recherche**



**Ecole
d'ingénieurs**



Montant total du projet : 5,4 M€ dont 2 M€ d'aide PIA

Projet accompagné par l'ADEME dans le cadre du programme Industrie et Agriculture éco-efficientes du programme des Investissements d'Avenir



AGRO-ECO SOL : Contexte et objectifs



Contexte

- **Rôle central du sol dans l'Agroécologie** : écosystème à piloter de façon à ce qu'il fournisse durablement ses services (support de la production, régulation de la qualité de l'air, ...)
- Besoin de doter l'ensemble des acteurs **d'outils de routine** pour évaluer l'état du sol, et orienter les pratiques

Objectifs

- **Industrialiser des processus inédits d'analyse de terre** (bioindicateurs de la qualité des sols), visant à faciliter l'accès aux agriculteurs à un **conseil de gestion globale des sols agricoles**
- **Construire un conseil opérationnel à partir de ces bioindicateurs** (référentiels d'interprétation selon l'effet du pédoclimat et des pratiques culturales, définition de niveaux souhaitables des fonctions renseignées par ces bioindicateurs, ainsi que des leviers d'action possibles pour atteindre ces niveaux)

Composantes de l'offre

Formation des
utilisateurs

Observation
terrain +
prélèvement

Analyses
labo

Diagnostic
et conseil

Restitution
client



AGRO-ECO SOL : travaux sur les bioindicateurs

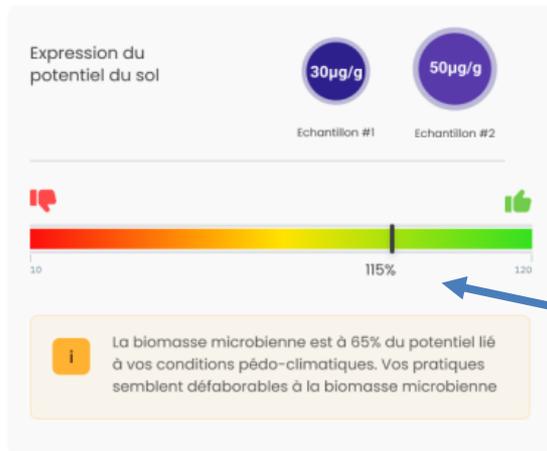


Type d'indicateur	Méthode	Nature des travaux dans le projet Agro-Eco Sol
Caractérisation de la matière organique : carbone et azote labiles/stables	<ul style="list-style-type: none"> • Fractionnement granulométrique de la matière organique • Carbone microbien par fumigation-extraction 	Optimisation par Auréa AgroSciences
	<ul style="list-style-type: none"> • Carbone labile KMnO4 • Azote Biologiquement Minéralisable 	Transfert de technologie par SEMSE
Abondance microbienne	<ul style="list-style-type: none"> • ADN microbien total • Abondance relative des champignons (ADNr 18S) et des bactéries (ADNr 16S) (ratio F/B) 	Transfert de technologie par INRAE UMR Agroécologie et acquisition de références par INRAE UMR Agroécologie et Auréa AgroSciences (ratio F/B)
Activité microbienne	Activités enzymatiques (N, C, P, S)	Optimisation et acquisition de références par INRAE UMR ECOSYS-Plateforme Biochem-Env
Diversité des bactéries et champignons	Diversité taxonomique par séquençage ADN haut débit	Acquisition de références par INRAE UMR Agroécologie (champignons), prestation de séquençage réalisée par GenoScope
Abondance et diversité des vers de terre, carabidés et collemboles	Identification par analyse morphologique	Transfert de technologie par INRAE UMR Eco&Sols et Université Montpellier CEFE et proposition d'indices
	Diversité moléculaire de la faune du sol	Étude de faisabilité par INRAE UMR Eco&Sols et Université Montpellier CEFE
Abondance et diversité des nématodes	Identification par analyse morphologique	Prestataire analyse : ELISOL Environnement

Bioindicateurs : restitution du positionnement relatif

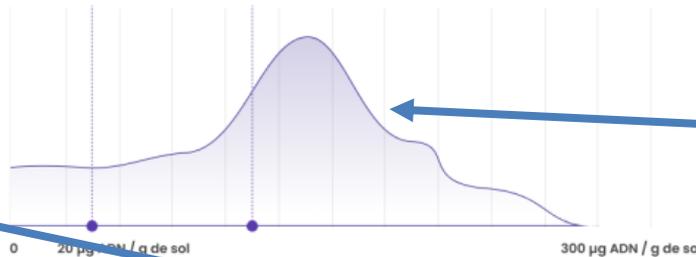
Visualisation des résultats de chaque indicateur et premier niveau d'interprétation

Abondance de la biomasse microbienne



Où se situent mes parcelles ?

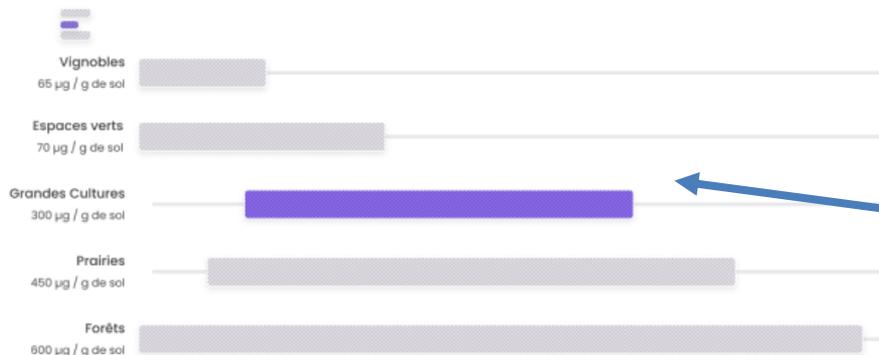
Comment se placent mes résultats dans le référentiel Grandes Cultures



Commentaire : positionnement de la valeur d'interprétation.
Exemple: la biomasse mesurée est faible mais pas surprenante compte-tenu du type de sol (sol acide)

Courbe de distribution selon l'usage

Modèle prédictif selon le pédoclimat



Impact sur les fonctions du sol

Impacte la structure du sol

Plage de variation selon les différents types d'usage

Moteur d'interprétation fonctionnelle



Agriculteur

Objectifs exprimés/Questions

Menu : Choix des Observations/Analyses/Indicateurs

Fiche de renseignements (SdC, pratiques, variables descriptives)

Observations au champ

Observations (type de sol,...)

Mesures (Test bêche,...)

Echantillons de terre

Résultats bioindicateurs

Résultats autres indicateurs

Fonctions/processus renseignés

Positionnement de la parcelle dans la typologie

Niveau souhaitable des processus

Diagnostic fonctionnel et Conseil

Niveau d'atteinte du processus pour chaque indicateur

Association de toutes ces valeurs pour établir un **niveau d'atteinte** de synthèse de chaque processus

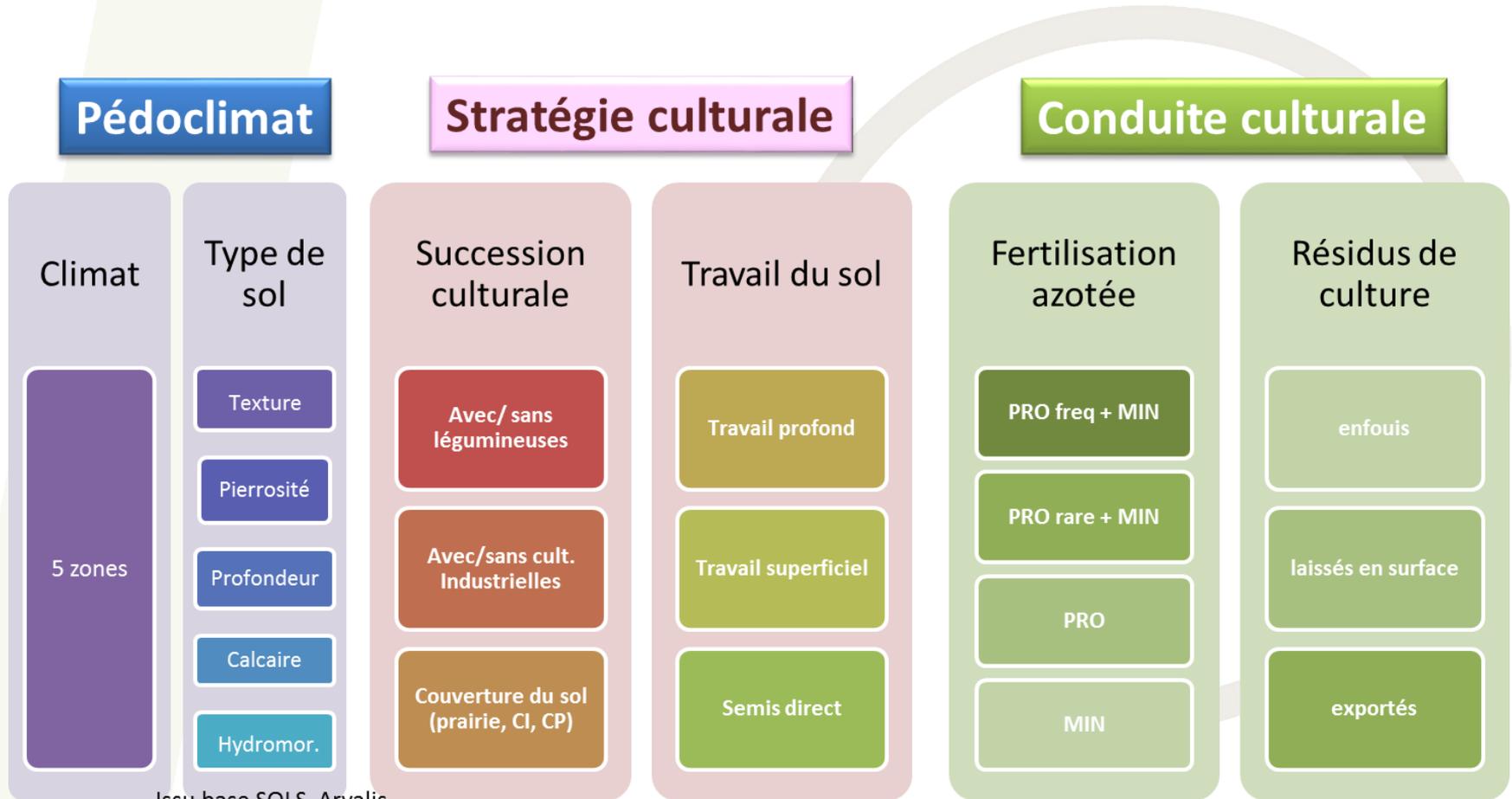
Diagnostic de satisfaction du/des processus/fonction

Conseil : → suffisant : oui / non
Sinon : → **leviers déclenchés**

Moteur d'interprétation fonctionnelle



1- La typologie des systèmes de culture et du pédoclimat



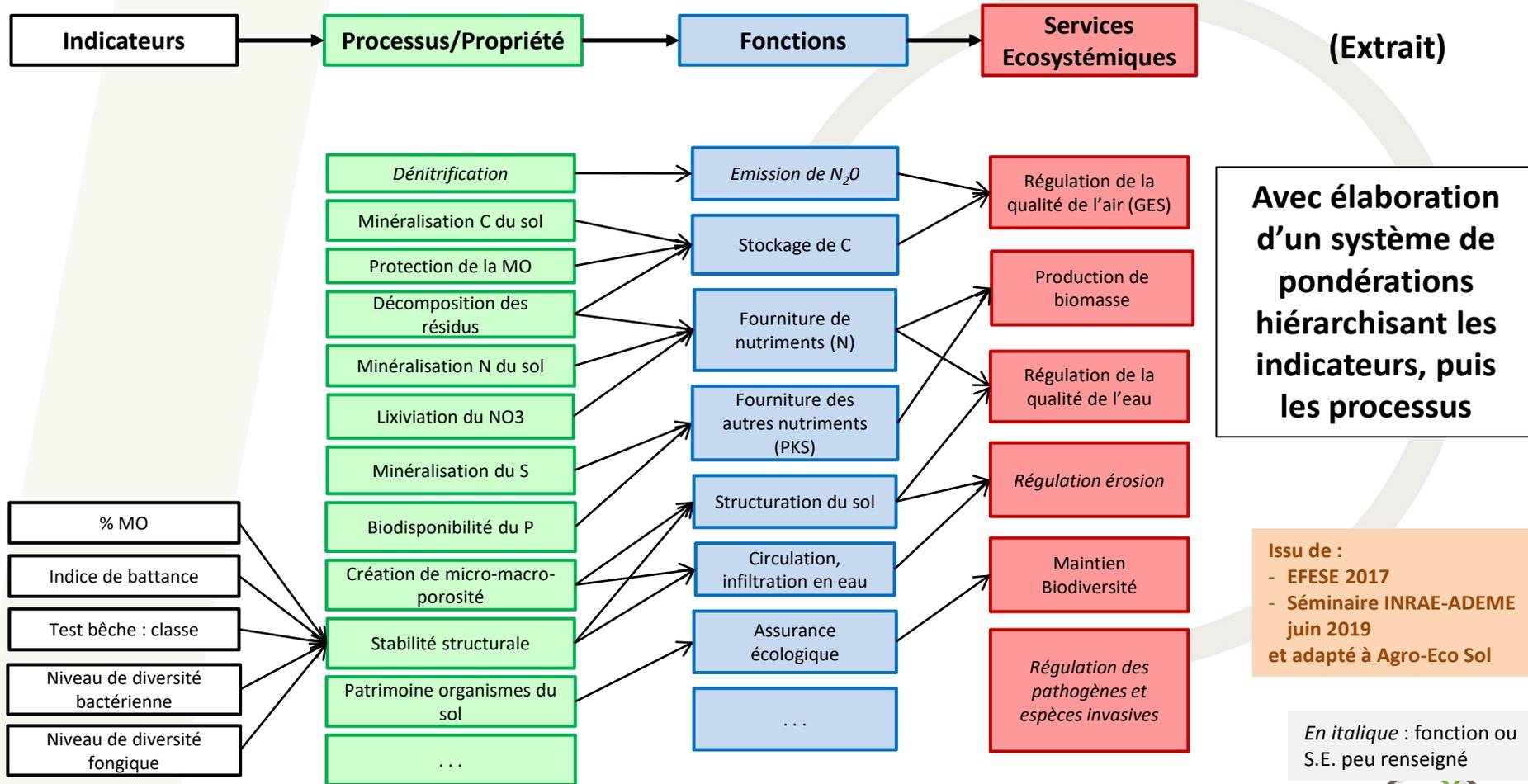
Issu base SOLS Arvalis

20/07/2022

Moteur d'interprétation fonctionnelle



2- L'arborescence entre indicateurs et fonctions





2- L'arborescence entre indicateurs et fonctions

Apport de la méthode DAG (Directed Acyclic Graph) associée au réseau bayésien

Objectif :

- Formaliser notre expertise *via* l'élicitation d'experts sur quelques processus pour associer modèle agronomique et potentiel d'un processus avec le croisement de l'ensemble des bioindicateurs

Principe :

- Construire une représentation graphique des liens de causalité entre les indicateurs et les processus liés au sol, afin de représenter l'ensemble des relations dans un réseau organisé, en y associant à la fois de l'expertise, des données, et des modèles
- Formaliser la distribution des variables et déboucher sur un modèle statistique

Moyen :

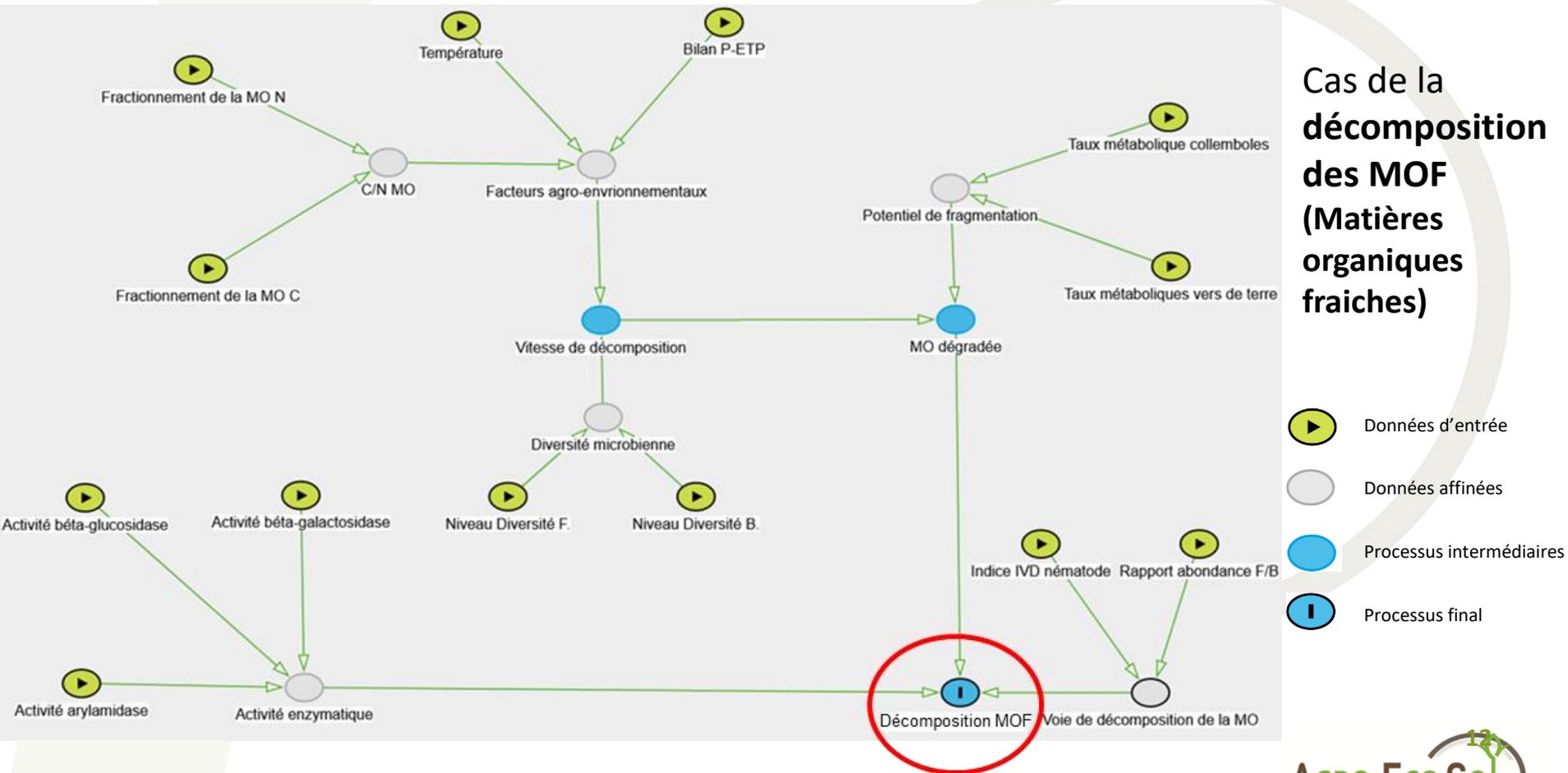
- Faire interagir ensemble autour d'une table les différents experts concernés

Moteur d'interprétation fonctionnelle



2- L'arborescence entre indicateurs et fonctions

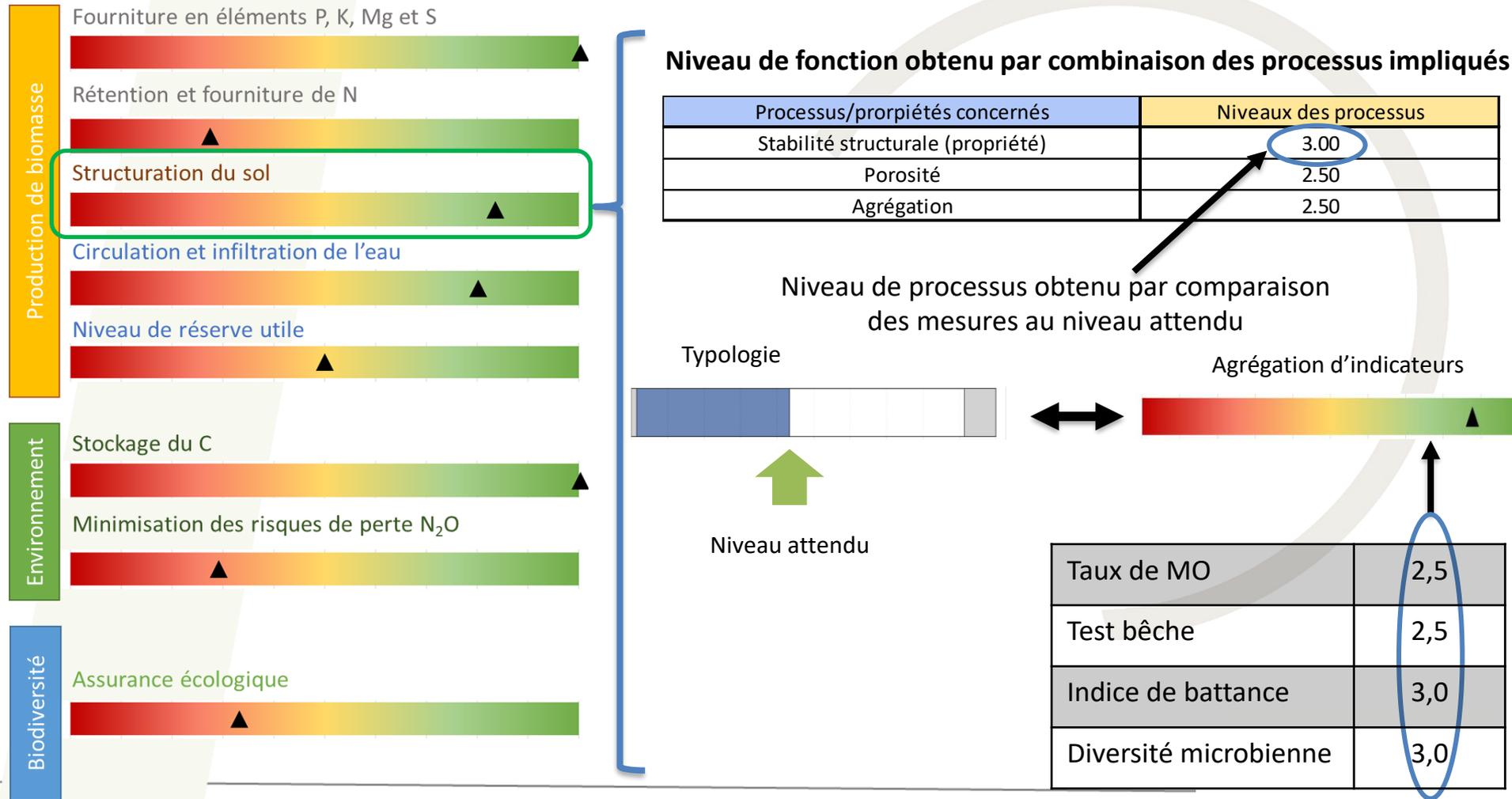
Niveau de processus défini par agrégation d'indicateurs construit par élicitation d'expert



Moteur d'interprétation fonctionnelle



3- Le diagnostic de satisfaction des fonctions et processus, et conseil



Moteur d'interprétation fonctionnelle



3- Le diagnostic de satisfaction des fonctions et processus, et conseil

Proposition de leviers agronomiques à partir du diagnostic fonctionnel

Groupe de levier	Gamme de réponse
Apports organiques	Quantité / Date / Type / ajustement par plan de fumure
Apports minéraux	Plan de fumure / Correction du pH
Gestion de l'eau	Drainage / Irrigation (vigilance en sol battant)
Gestion des couverts	Fréquence / Type
Paysage	Gestion des corridors écologiques (haies, bandes enherbées,...)
Gestions des résidus de culture	Fréquence restitution / Broyage
Stockage carbone	Pratiques de référence pour la rotation considérée
Succession de culture	Culture à risque / Date de récolte / Culture pérenne / Diversification
Travail du sol	Fréquence / Intensité / Type / Profondeur

Moteur d'interprétation fonctionnelle



3- Le diagnostic de satisfaction des fonctions et processus, et conseil

- Proposition de plusieurs leviers
- Test de compatibilité avec les pratiques
- Qualification des leviers

Levier(s)	Temps d'action	Coût	Technicité	Processus concernés
Augmenter la fréquence d'un couvert	2.5	€€ 2	3	Dynamique du C
Apport de PRO	2.5	€€ 2	3	Dynamique du C
Restitution des résidus de culture	2.5	€ 1	2	Dynamique du C
Insertion d'une prairie dans la rotation	2	€€ 2	2	Dynamique du C
Levier(s)	Temps d'action	Coût	Technicité	Processus concernés
Enfouissement des résidus	1	€ 1	1	Décomposition des MOF
Insertion d'une légumineuse (faim en N)	2	€€ 2	2	Décomposition des MOF
Apport de PRO à C/N limité	2.5	€€ 2	3	Décomposition des MOF

(exemple fictif)

Perspectives



Intérêts de la structuration du schéma d'interprétation :

- ✓ Structure souple qui va permettre d'intégrer des nouvelles avancées : de nouveaux indicateurs, de nouveaux acquis sur les liens entre des indicateurs et des processus
- ✓ Nouvelle conception de la restitution au client et plus globalement du service :
 - dossier informatisé par client, navigation dans toutes les étapes du diagnostic
 - réalisation de simulations, saisie de ses propres choix/objectifs
- ✓ Déceler des zones « d'ombre » orientant des efforts de référencement
 - Finalisation d'une version opérationnelle (codage du moteur et interfaces)
 - Test de l'ensemble de la chaîne et validation :
 - campagne de mesure et de test chez des clients au printemps 2021
 - campagne de mesures et de test sur des essais (Arvalis) en 2022

→ **Lancement : 24 Novembre 2022**