



Evaluer la fertilité de ses sols

Poster réalisé par Mickaël GREVILLOT
Chambre Départementale 70

Un **sol fertile** c'est un **sol vivant** capable de **nourrir les cultures** pour produire durablement en quantité une production de qualité .

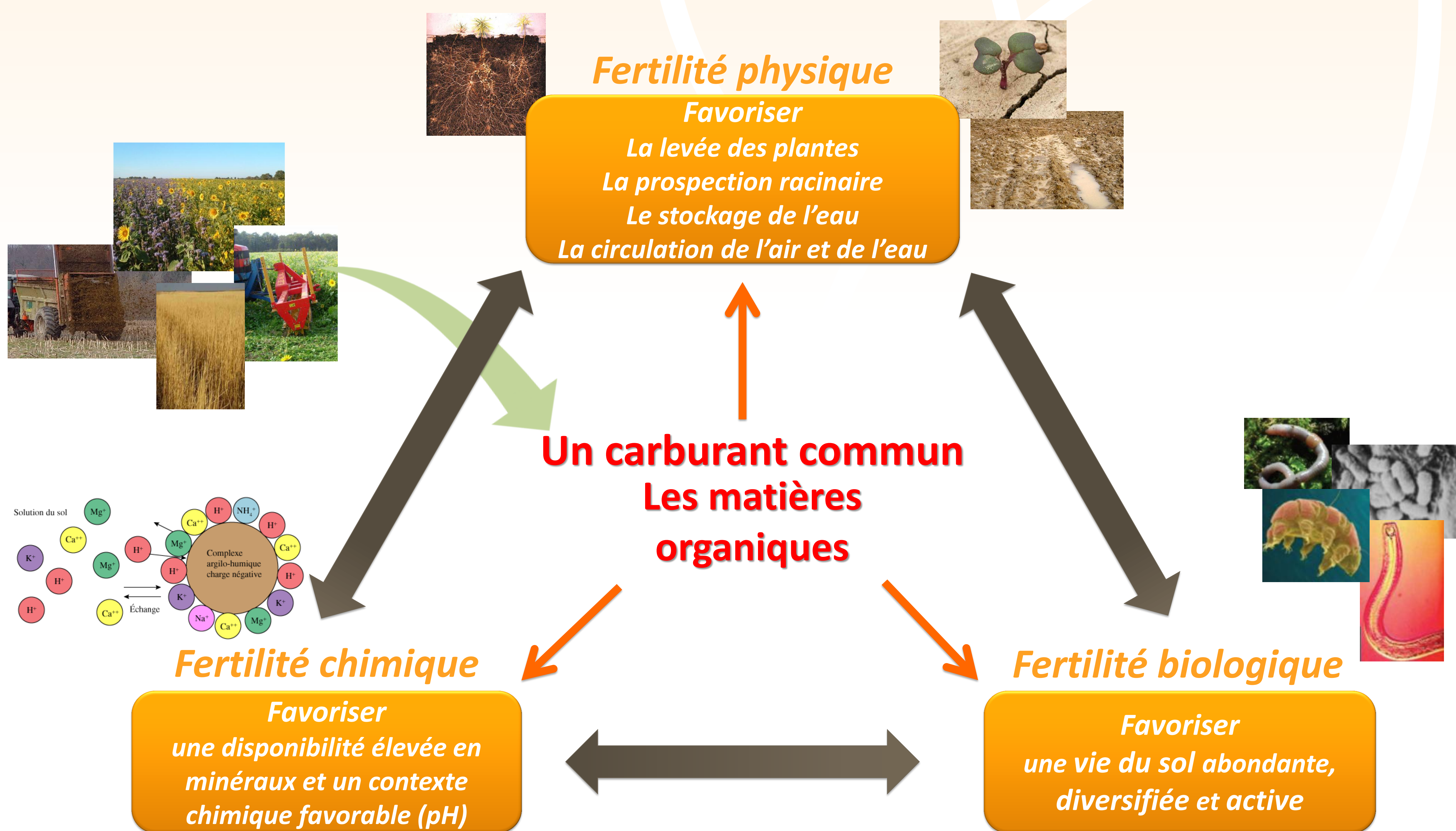
Le maintien et **l'amélioration de la fertilité des sols** sont considérés en agriculture biologique comme le **premier levier de gestion des systèmes de production** (règlement CE N°834/2007).

La fertilité des sols peut être évaluée au travers de ses composantes chimique, physique et biologique.

Pourquoi évaluer la fertilité de ses sols ?

Evaluer la fertilité des sols permet d'améliorer la connaissance de ses sols, de comprendre leur comportement et d'améliorer ses pratiques.

Les trois composantes d'un sol fertile



Les trois composantes de la fertilité sont en interaction permanente



Poster réalisé par Valérie DUCHÊNES
Chambre Départementale 89

La fertilité chimique d'un sol est sa capacité à stocker puis restituer les éléments nutritifs majeurs et une ambiance chimique, essentielles à l'entretien de la vie dans le sol et à la croissance des plantes. La fertilité chimique est dépendante de la biodisponibilité des éléments, de leurs carences, de leurs toxicités et d'équilibres. La fertilité chimique se reconnaît ...

AU CHAMP

Avec la tarière à main, par la réalisation d'un profil cultural, par le test bêche, par le prélèvement à l'aide d'un télescopique.

Par l'observations des plantes présentes sur la parcelle :

Observations de symptômes de carences ou d'excès sur les plantes



Carence en cuivre sur blé

Observations de certaines plantes indiquent un état chimique particulier (ex : trop acide, trop calcaire, etc.)



Se développe dans des sols très calcaires

Par l'observations de l'état calcaire du sol :



Le test à l'acide (chlorhydrique, vinaigre)

- ✓ test visuel qualitatif, qui indique si ou non la terre fine du sol ou ses cailloux sont calcaires



Le test avec des bandelettes

- ✓ test visuel qualitatif peu précis. Le papier indicateur de pH est composé de bandelettes imprégnées d'indicateurs colorés qui vont se révéler en fonction de l'acidité du sol



Le test de Hellige

- ✓ test visuel qualitatif et quantitatif peu précis, qui indique des valeurs de pH. Mais à 1 unité près



Le test avec un pH-mètre

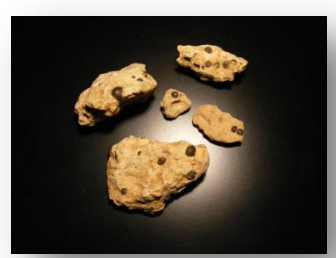
- ✓ test de mesure quantitatif précis et rapide du pH du sol in situ ou du sol mis en solution. Certains outils permettent de mesures d'autres paramètres en même temps (température, humidité, etc.). Mais outils à calibrer et fragiles



Les pseudomucelliums calcaires

- ✓ Dans certaines contions chimiques du sol, la solution très chargée en calcaire reprécipite en filaments de calcaires figurant des filaments fongiques

Par l'observation d'asphyxie du sol :



Les concrétions ferro-manganiques

- ✓ Identification d'hydromorphie qui induit des conditions de milieu qui font précipiter le fer et le manganèse Cette hydromorphie peut être « fossile », à recouper avec d'autres observations

AU « BUREAU »

Avec l'interprétation des analyses de sols : CEC, teneurs en éléments nutritifs (Ca, Mg, P, K et Na) et oligo-éléments.

Par le diagnostic de la CEC (réserve en éléments biodisponibles) :

- La CEC (T ou CTE) détermine le pouvoir fixateur du sol pour des éléments Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ , NH_4^+ et H^+ (nombre de sites négatifs proposés à l'adsorption par l'argile et la MO du sol)
- Analyse de routine se fait à pH = 7,
- ! CEC à pH (CEC effective) du sol est difficile car peu de méthodes et de référence reconnue

0	Très faible
80	Faible
150	Moyenne
250	Elevée

Tableau 1 – Qualification de la CEC (cmol/kg)

Exprimée en mé/100g de terre fine, ou cmol+/kg,
1 mé/100g = 1 cmol+/kg

Par comparaison des teneurs avec des tableaux de référence ou des abaques

Exemple : Teneurs en phosphore souhaitable en fonction des types de sol (Références CA89)

Type de sol	Méthode d'analyse	« Sol pauvre » Teneur inférieure à	« Sol correct » Teneur comprise entre	« Sol riche » Teneur supérieure à
« Terres blanches » (calcaire total $\text{CaCO}_3 > 15\%$)	J.Hebert Olsen	0,15 ‰ 0,04 ‰	0,15 et 0,2 ‰ 0,04 et 0,08 ‰	0,2 ‰ 0,08 ‰
« Petites terres à cailloux des plateaux » (terre fine < 2500 t/ha)	J.Hebert Olsen	0,1 ‰ 0,04 ‰	0,1 et 0,2 ‰ 0,04 et 0,08 ‰	0,2 ‰ 0,08 ‰
Autres types de sol	J.Hebert Olsen	0,07 ‰ 0,04 ‰	0,07 et 0,12 ‰ 0,04 et 0,08 ‰	0,12 ‰ 0,08 ‰

Tableau 2 – Teneur de référence pour le phosphore (P_2O_5)

Par le calcul de ratios

$\text{K}_2\text{O}/\text{MgO}$

- Ces deux éléments doivent être en équilibre dans la solution du sol. En dessous ou au dessus d'une certaine valeur le ratio indique la carence ou l'excès des éléments

0	Déséquilibre
0,2	Bon
2,5	Déséquilibre

Tableau 3 – Rapport $\text{K}_2\text{O}/\text{MgO}$

Autres ratios : $\text{Ca}^{++}/\text{Mg}^+$, $(\text{Ca}^{++} + \text{K}^+)/\text{Mg}^+$

Par le calcul des quantités d'éléments en t/ha

Pour être en équilibre chimiquement on doit avoir :
70 à 80% de Ca^{++} / 6% de Mg^{++} / 3% de K^+ / <10% de Na^{++}

Exemple 1 :

CEC = 70 me/kg
Taux de présence optimum = 3% de la CEC
Résultat d'analyse : K_2O = 140 mg/kg

Je transforme en valeur échangeable K^+ : K_2O *
0,02127 = 2,98 mé/100g de K^+
Taux de présence en potassium = $100 * (2,98/70)$
= 4,3%

➤ Taux de présence en potassium compris dans la fourchette optimale donc teneur en potassium satisfaisante voir en excès

Exemple 2 :

Pour 1 ha et 30cm de sol (95% de terre fine et 5% de pierrosité) :
 $\text{Da} = 1,18 (1,6 - 0,0153 * 27,6 = \text{Da} = 1,6 - 0,0153$
* Argile en %),
Tonnage de terre fine $3000 * 1,18 * 0,95 = 3357$
T/ha

CEC = 164 me/kg
 $\text{MgO} = 0,32 \text{ g/kg}$, ou 320 mg/kg

Je transforme en valeur échangeable Mg^{2+} : 320 g/kg de MgO : $320 * 0,6 = 192 \text{ mg/kg}$ de Mg^{2+}
Je transforme en kg/ha :
 $(192 * 3357000) / 1000 = 644 \text{ kg/ha}$ ou 0,64 T/ha

Exemple 1	Exemple 2
K^+ (mé/100g)	K^+ (mé/100g)
2,98	2,98
Mg^{2+} (g/kg)	Mg^{2+} (g/kg)
192	192
K^+ (kg/ha)	K^+ (kg/ha)
644	644
Mg^{2+} (kg/ha)	Mg^{2+} (kg/ha)
644	644

la fertilité physique des sols

Poster réalisé par Géraldine DUCCELLIER
Chambre Départementale 21

La fertilité physique d'un sol est essentiellement déterminée
par 3 caractères :
sa porosité, sa structure et sa stabilité structurale.

Pour diagnostiquer l'état de la porosité, de la structure et de la stabilité structurale d'un sol au champ, il faut observer l'existence d'une croute de battance, l'état des racines, leur distribution et leur forme, les agrégats (taille, forme), la porosité (macro et micro), des zones de tassement, des zones plus ou moins marquées (jusqu'à l'hydromorphie) ...

Divers moyens d'observations au champ sont alors à notre disposition

Le sondage à la tarière, rapide et facile à mettre en œuvre



Le test du boudin : prélevez un peu de sol, humidifiez le légèrement et malaxer le entre vos doigts pour en apprécier sa texture



Les méthodes de diagnostic simplifié pour observer l'état structural du sol : le test bêche, la méthode du drop test, le prélèvement à l'aide d'un télescopique



Le profil cultural, pour diagnostiquer l'état du sol et évaluer ses potentialités agronomiques



Test à la bêche

Drop test

Des mesures en laboratoires peuvent compléter les observations au champ

Une analyse de terre en laboratoire reste un incontournable dans la connaissance du sol et de sa fertilité physique. On a besoin entre autres de paramètres tels que : la texture précise du sol, sa teneur en matière organique, l'état calcique du sol ...

Avec ces données brutes, il est possible de calculer l'Indice de Battance du sol. De plus, des abaques permettent de définir pour chaque sol à partir des résultats d'analyses : l'Indice de Stabilité Structurale, l'Indice de Porosité, l'Aptitude à la Fissuration ...

Pour aller plus loin, il existe des méthodes instrumentales. Elles demandent du matériel et des compétences spécifiques

Pour évaluer l'état de l'eau dans le sol, on peut utiliser un pFmètre. En effet, le pF, qui est un indicateur de pression, permet de définir le niveau de l'eau dans le sol et son accessibilité pour la plante.



Réserve hydrique

L'infiltrométrie permet de mesurer la vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol, directement liée à la porosité du sol.



Capacité d'infiltration du sol



A l'aide de cylindres métalliques, il est possible de mesurer la densité apparente d'un sol et donc de confirmer un diagnostic de compaction.

Densités apparentes



Pour évaluer la résistance mécanique du sol, on utilise un pénétromètre composé d'une tige métallique que l'on enfonce à la verticale dans le sol.

Test pénétrométrique

La fertilité biologique des sols

Poster réalisé par Julien HALSKA
Chambre Départementale 71

Des êtres vivants indispensables. nombreux. variés et actifs !

Les organismes vivants du sol représentent 6 à 10 UGB (unités gros bétail) par hectare et des millions d'espèces différentes. Leur activité est indispensable à la croissance des cultures, et de plus en plus de méthodes sont disponibles pour établir des diagnostics de fertilité biologique.

Les organismes du sol et leurs fonctions



Comment établir un diagnostic ?



Photos : J. Halska CA71



Vers de terre : piégeage au chloroforme ou à la moutarde, comptage de turricules, de vers ou galeries lors d'un profil ou de « tests bêche ».

Nématodes : extraction d'un échantillon de sol puis identification en laboratoire.

Microorganismes : biomasse totale par fumigation / extraction ou analyse moléculaire (ADN), diversité (via l'ADN) et activités enzymatiques.

Collemboles et acariens : carottage puis extraction et identification au laboratoire.

Matières organiques mortes : prélèvements de sol puis fractionnement granulométrique ou mesure des cinétiques de minéralisation du carbone et de l'azote en conditions contrôlées.



Prélèvement de sol et extraction de microarthropodes (acariens, collemboles). Source : ADEME



Mise en place d'un sac à litière. Pesée avant puis après 4 mois dans le sol pour évaluer la minéralisation du carbone.

Indicateurs de qualité biologique des sols

Poster réalisé par Nicolas CHEMIDLIN
AGROSUP Dijon

Introduction

Dans une démarche agroécologique, il est indispensable d'évaluer l'impact des pratiques agricoles sur le sol et ses organismes pour innover. Il faut donc avoir accès à **des outils d'évaluation et de pilotage complémentaires aux outils classiques**. Ils permettront de prendre en compte la durabilité des production, leur qualité environnementale, et d'apporter des informations relatives au patrimoine biologique d'une parcelle.

Prérequis sur les indicateurs

1. Aboutir à une information **mesurée, sensible, et robuste**
2. Être adossé à un **référentiel** d'interprétation pour permettre à chacun de se positionner
3. Être opérationnels:
 - Réponse à des **attentes concrètes** (réserve en eau, fertilité, ...)
 - **Facilité** de mise en œuvre et d'interprétation
 - Avoir un coût financier raisonnable
4. Pouvoir être associés/comparés

Quels indicateurs aujourd'hui ?

Classiques

Associés

Biologiques

→ Fertilité, Ressource en eau, Santé des cultures, Patrimoine biologique, Durabilité

Associés

Agronomiques

Tassement / décomposition de la MO

Synthèse

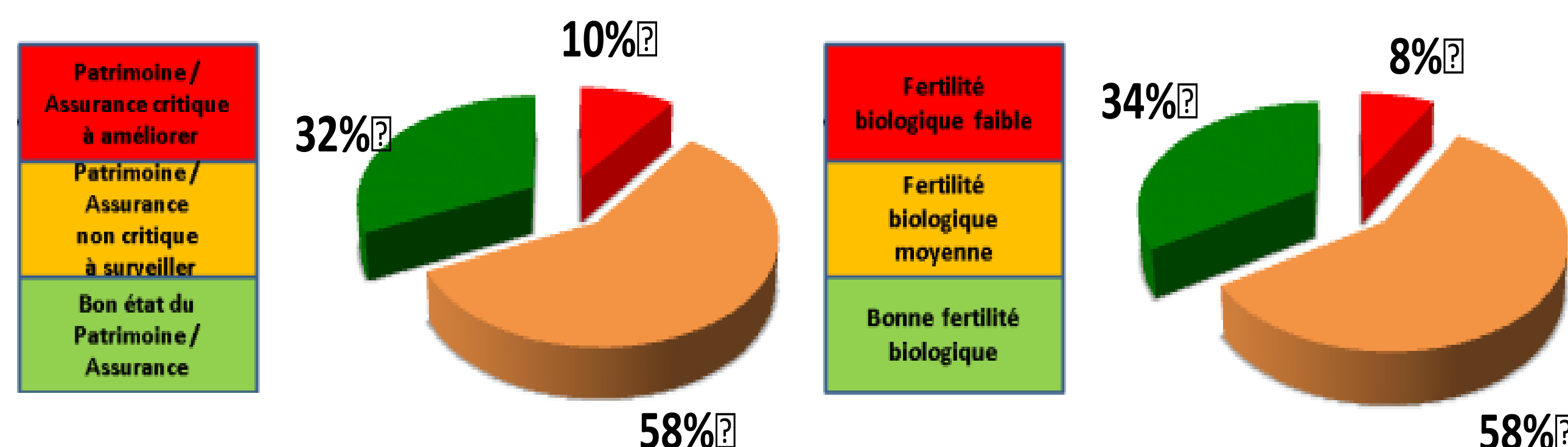
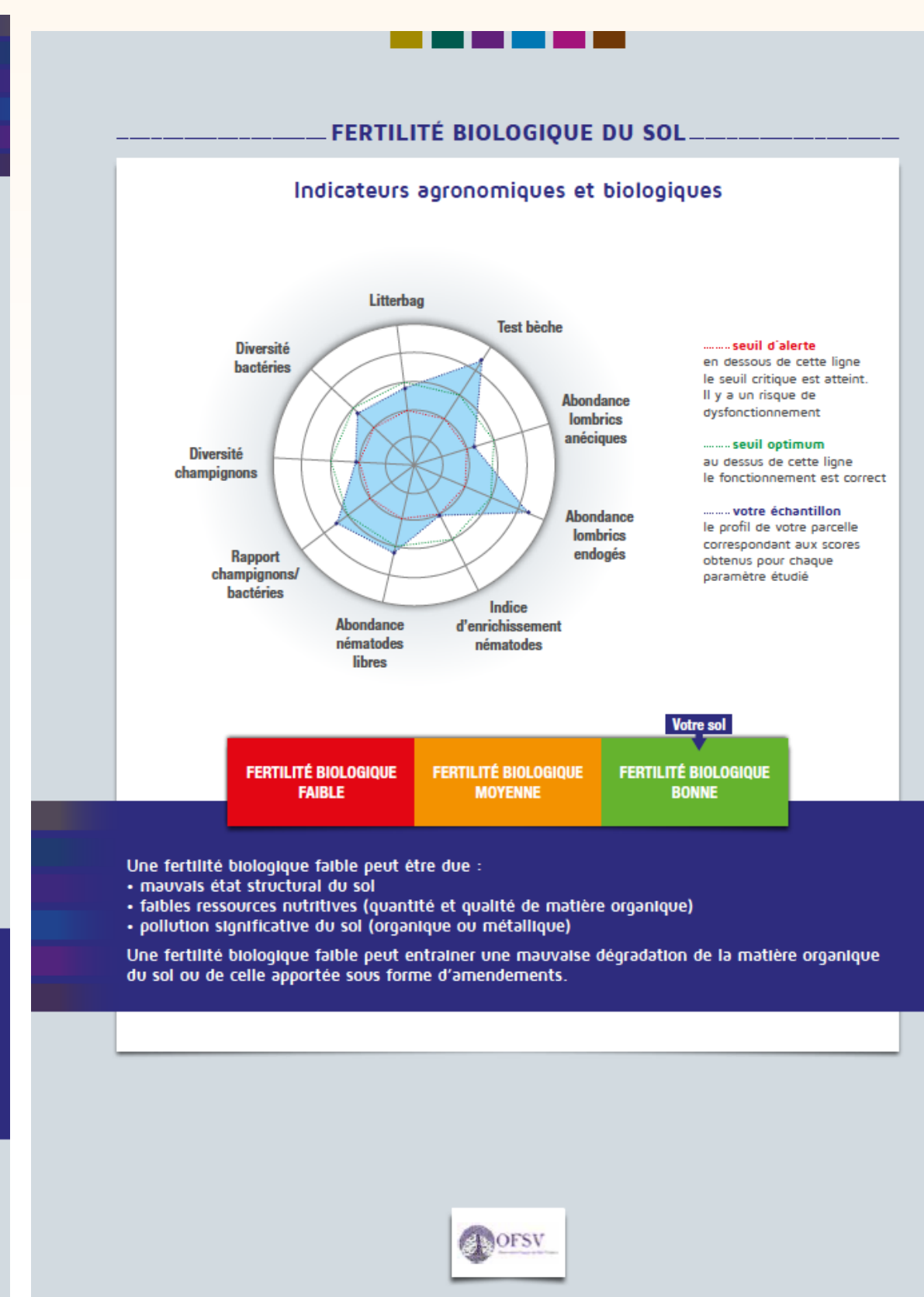
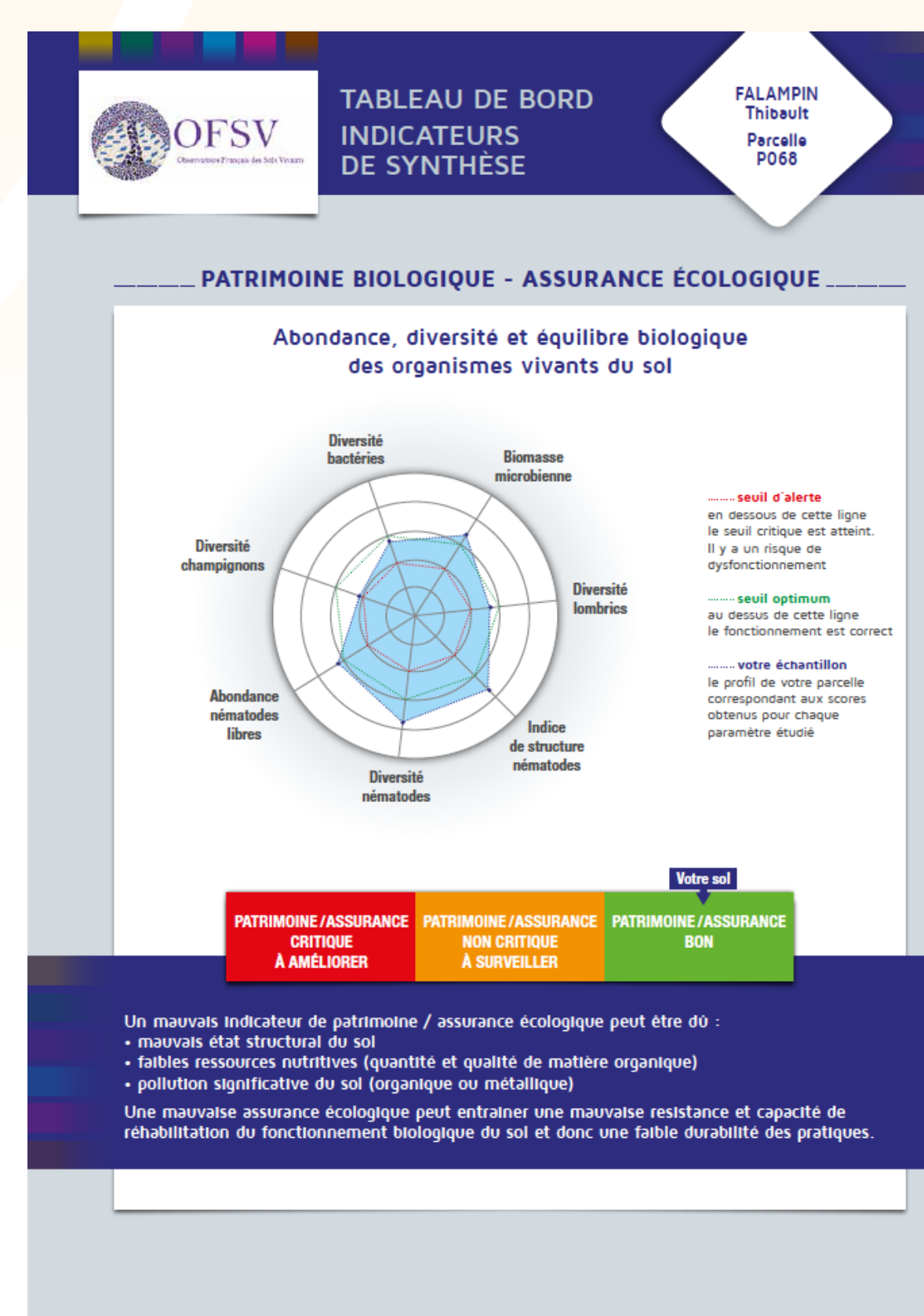


Figure 1 : Patrimoine biologique et de fertilité biologique des sols: diagnostic à la parcelle (haut) et sur un réseau de 248 parcelles agricoles (Projet AgrInnov, bas)

Un référentiel en microbiologie des sols pour la Saône-et-Loire



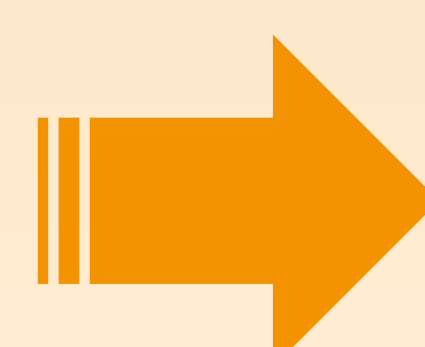
Poster réalisé par Julien HALSKA
Chambre Départementale 71

Nécessité d'indicateurs et de référentiels pour des diagnostics

Les micro-organismes du sol : intérêt de diagnostics en parcelles agricoles pour préserver ce patrimoine.

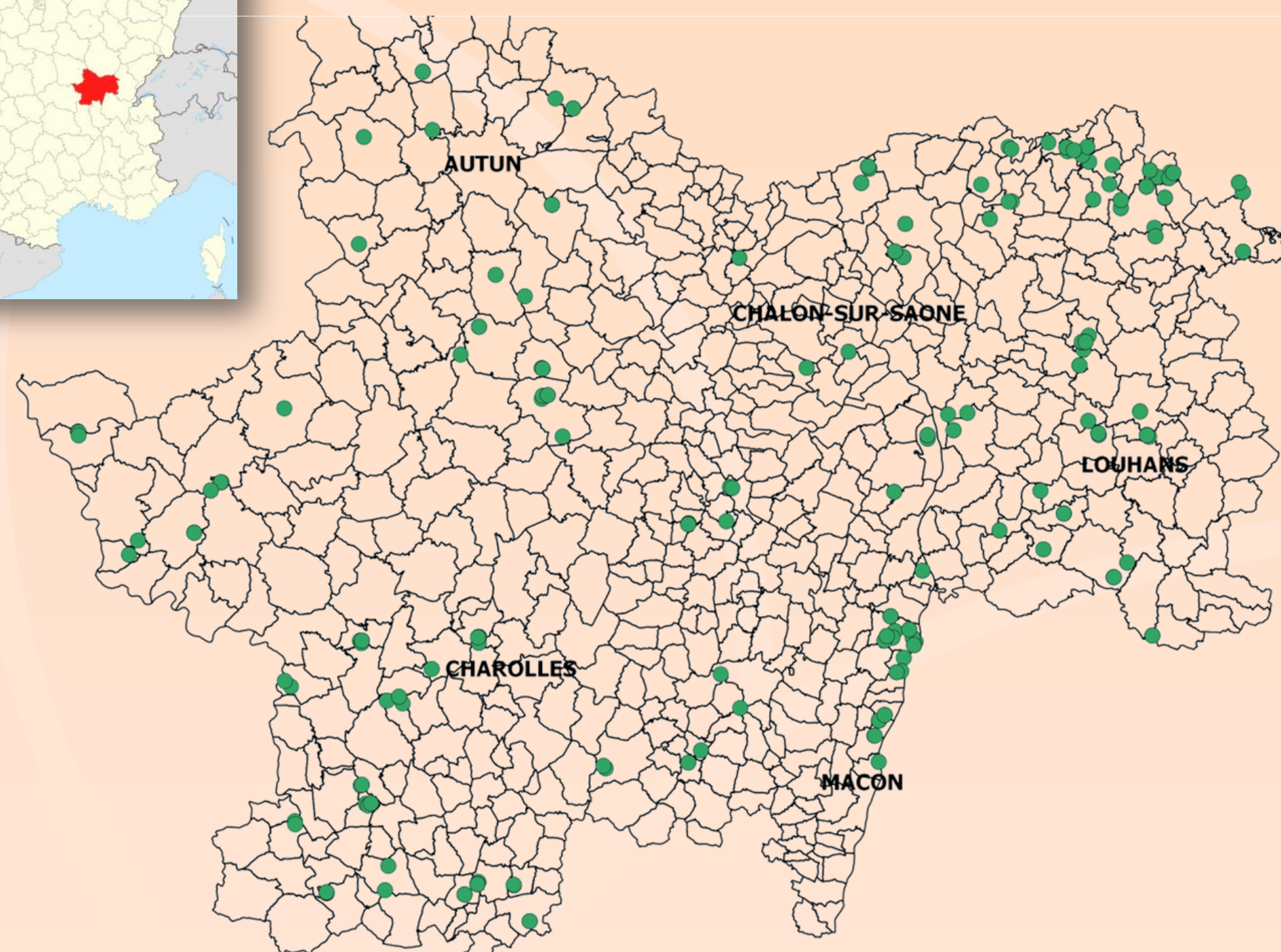
DES INDICATEURS DISPONIBLES

- **Biomasse moléculaire microbienne** : à maximiser
- **Rapport champignons / bactéries** : équilibré entre 1 et 5 %
- **Diversité** (richesse en espèces, équitabilité), à maximiser
- Un référentiel national existant

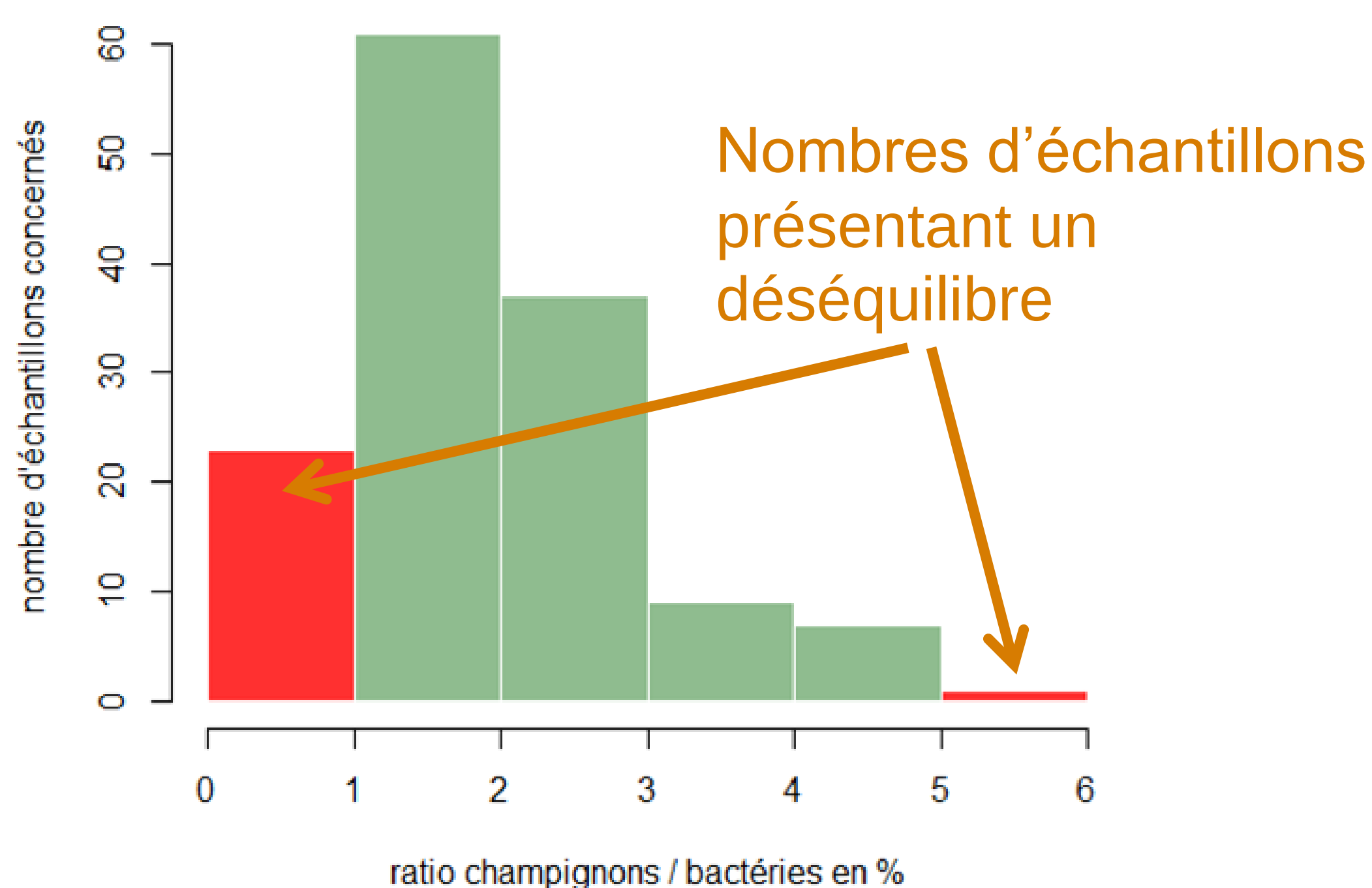


LE PROJET : construction d'un référentiel départemental pour effectuer des diagnostics plus précis.

Un échantillonnage départemental pluriannuel

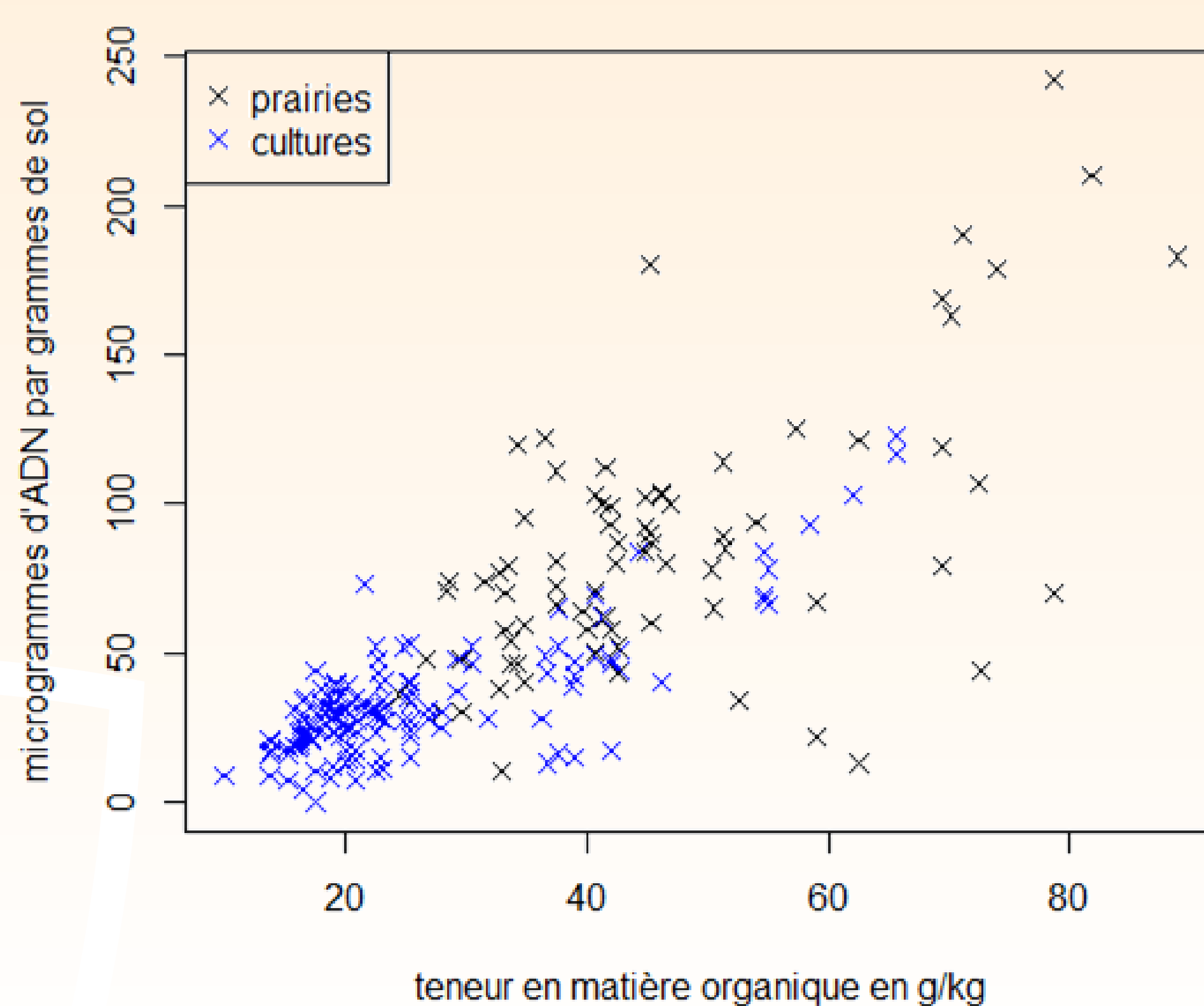


Répartition géographique des prélèvements effectués entre 2012 et 2015, 258 mesures sur 149 parcelles de grande culture et de prairies.



Rapport champignons / bactéries en grande culture . Les valeurs < 1% sont relativement fréquentes.

Les premiers résultats



Relation biomasse moléculaire microbienne - teneur en matière organique. En tendance, la biomasse microbienne augmente avec la teneur en matière organique.

Une 1^{ère} version de référentiel pour la biomasse moléculaire microbienne -> calcul d'une valeur de référence en fonction de la physico-chimie de la parcelle : carbone organique, argile, pH, latitude.

gamme de variation

Réf. national Réf. 71 Mesure

Un projet à finaliser en 2017 :

- Nouveaux prélèvements
- Traitement de données
- Etude de la diversité microbienne

A venir : extension aux autres départements de la région.





Regard pragmatique sur le sol !

Poster réalisé par Christian BARNEOUD
Chambre Régionale Bourgogne Franche Comté

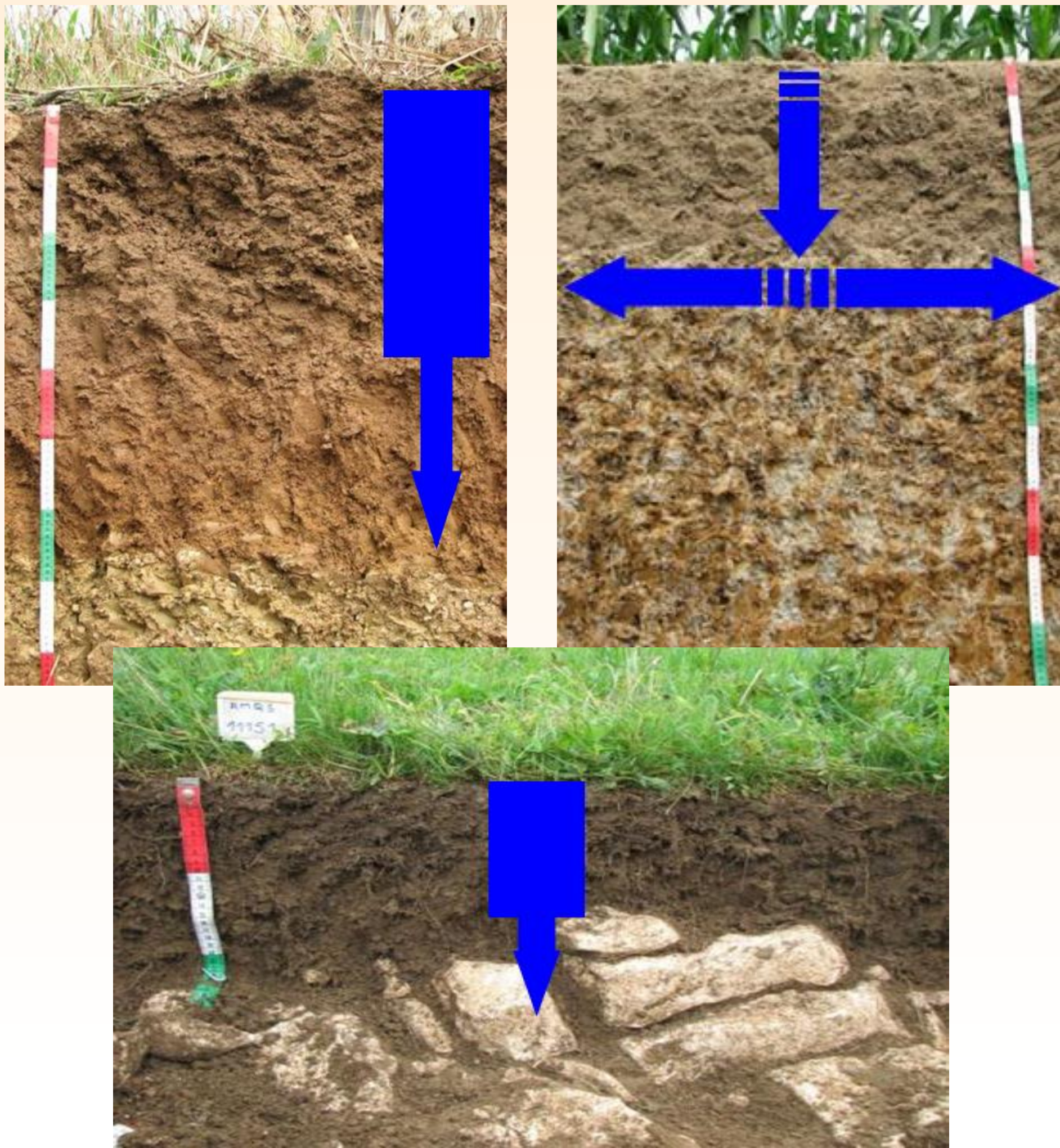
Le sol est un système écologique organisé et complexe, coloré où les univers minéraux et organiques sont étroitement imbriqués. Ces liens confèrent au sol des propriétés multiples dont la FERTILITE, qui est par ailleurs trop souvent réduite à l'apport ou non de fertilisant : elle est en fait conditionnée par un ensemble de facteurs naturels qui interagissent pour permettre la pleine expression d'un potentiel de production et au centre desquels se placent les Matières Organiques du sol. Il a également comme originalité de conserver « la mémoire » de ce qu'on lui fait subir sous un climat implacable qui peut améliorer ou aggraver une situation.

Comprendre le fonctionnement de son sol, c'est finalement comprendre le devenir naturel des eaux pluviales en s'assurant que les composantes physiques, chimiques et biologiques ne présentent pas de déséquilibres majeurs.

- 

1) Evaluer l'existence ou non de zone de tassement, feutrage, évaluer la « qualité » des mottes ou macro-agrégats, en s'appuyant parfois sur le système racinaire.
- 

2) Comprendre le devenir de l'eau pluviale dans le sol.



- 

3) Apprécier les éléments du sol qui permettront d'assurer un minimum de porosité : texture, état calcique, MO, friabilité des agrégats ou mottes, activité biologique ...
- 

4) Hiérarchiser les interventions et s'appuyer si nécessaire sur des indicateurs analytiques performants

