



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



LES OUTILS DE DIAGNOSTIC ET LES INDICATEURS POUR ÉVALUER LA SANTÉ DES SOLS AGRICOLES

Les sols portent notre avenir...



200 à plusieurs milliers d'années pour former 1 cm de sol

Les sols fertiles sont rares sur Terre



+ de 25% des espèces animales et végétales connues y vivent



60% des sols mondiaux dégradés à des degrés divers, pour certains de manière irrémédiable

Ce qui définit un sol sain

- Il contient une diversité d'organismes vivants qui contribuent à sa fertilité.
- Il ne pollue pas son environnement.
- Il est généralement riche en matières organiques.



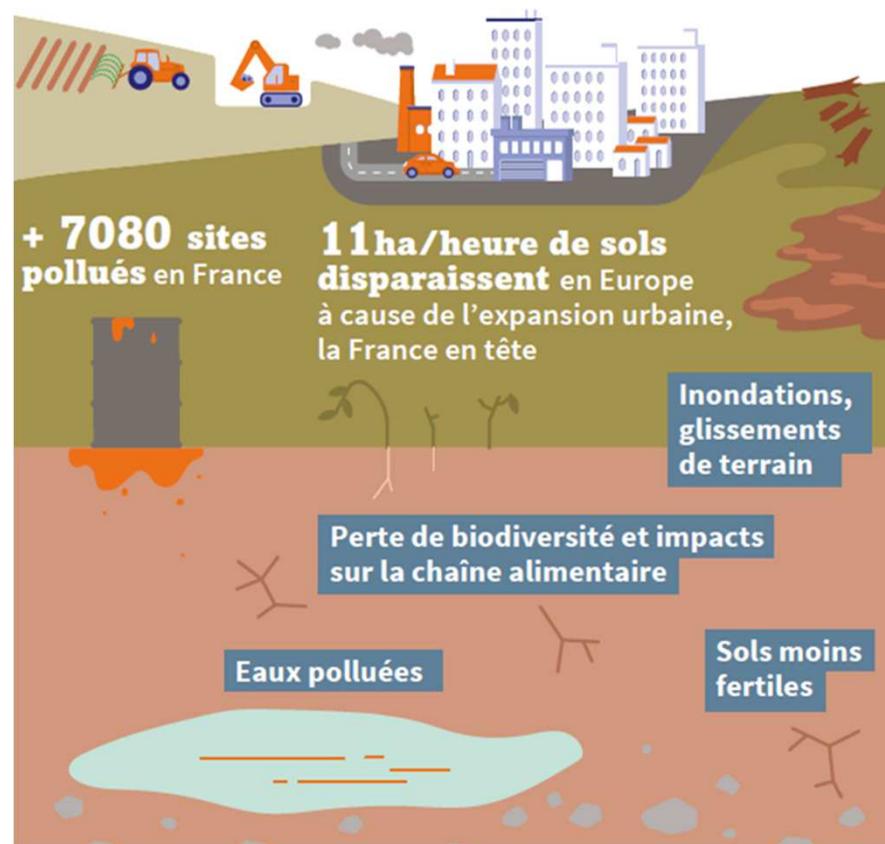
...Mais ils sont sous pressions

4 PRINCIPALES MENACES

Surexploitation tassement, excavation...
Imperméabilisation par les routes, parkings, constructions...

Pollution
par les pesticides, produits
chimiques, plastiques...

Érosion
liée à la déforestation,
aux surfaces nues...



7 fonctions

- Habitat pour les organismes et régulation de la biodiversité
- Rétention et fourniture des nutriments
- Stockage, recyclage et transformation des MO
- Rétention, circulation et infiltration de l'eau
- Filtre, tampon et dégradation des polluants
- Support physique stable pour les végétaux
- Contrôle de la composition chimique de l'atmosphère et contribution aux processus climatiques

Multifonctionnalité des sols

Les sols ont plusieurs fonctions écologiques,

=

- Interactions entre les composantes physiques, chimiques et biologiques du milieu.
- Contribuent au fonctionnement des écosystèmes.
- Existent indépendamment d'un bénéfice pour l'Humanité.

Les services (dits écosystémiques)

=

- Biens et services que les sociétés humaines peuvent tirer des écosystèmes, directement ou indirectement, pour assurer leur bien-être.
- Reposent sur les fonctions écologiques des sols.
- Dépendant du contexte, de l'usage et de l'utilité qu'un utilisateur donne à la ressource sol.

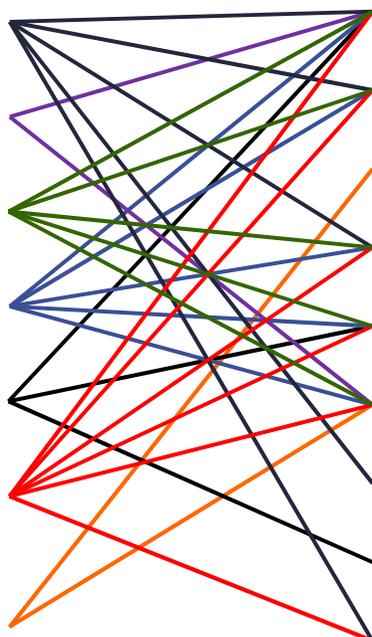
Multifonctionnalité des sols

9 services écosystémiques

- Production de biomasse (alimentaire et non-alimentaire)
- Conservation de la biodiversité
- Régulation de la qualité de l'air
- Contrôle de l'érosion
- Régulation de la quantité et de la qualité de l'eau
- Régulation du climat local et global
- Régulation des maladies et des ravageurs
- Régulation et gestion des déchets et effluents
- Patrimoine – Culture

7 fonctions

- Habitat pour les organismes et régulation de la biodiversité
- Rétention et fourniture des nutriments
- Stockage, recyclage et transformation des MO
- Rétention, circulation et infiltration de l'eau
- Filtre, tampon et dégradation des polluants
- Support physique stable pour les végétaux
- Contrôle de la composition chimique de l'atmosphère et contribution aux processus climatiques



Multifonctionnalité des sols

9 services écosystémiques

- Production de biomasse (alimentaire et non-alimentaire)
- Conservation de la biodiversité
- Régulation de la qualité de l'air
- Contrôle de l'érosion
- Régulation de la quantité et de la qualité de l'eau
- Régulation du climat local et global
- Régulation des maladies et des ravageurs
- Régulation et gestion des déchets et effluents
- Patrimoine – Culture

Une actualité riche sur les sols

- « No Net Land Take » ou Zéro Artificialisation Nette
- Neutralité carbone => SNBC2...3
- Stratégies UE biodiversité / Sol => Stratégie Nationale sur la Biodiversité
-

**LABEL BAS
CARBONE**



Commission
européenne

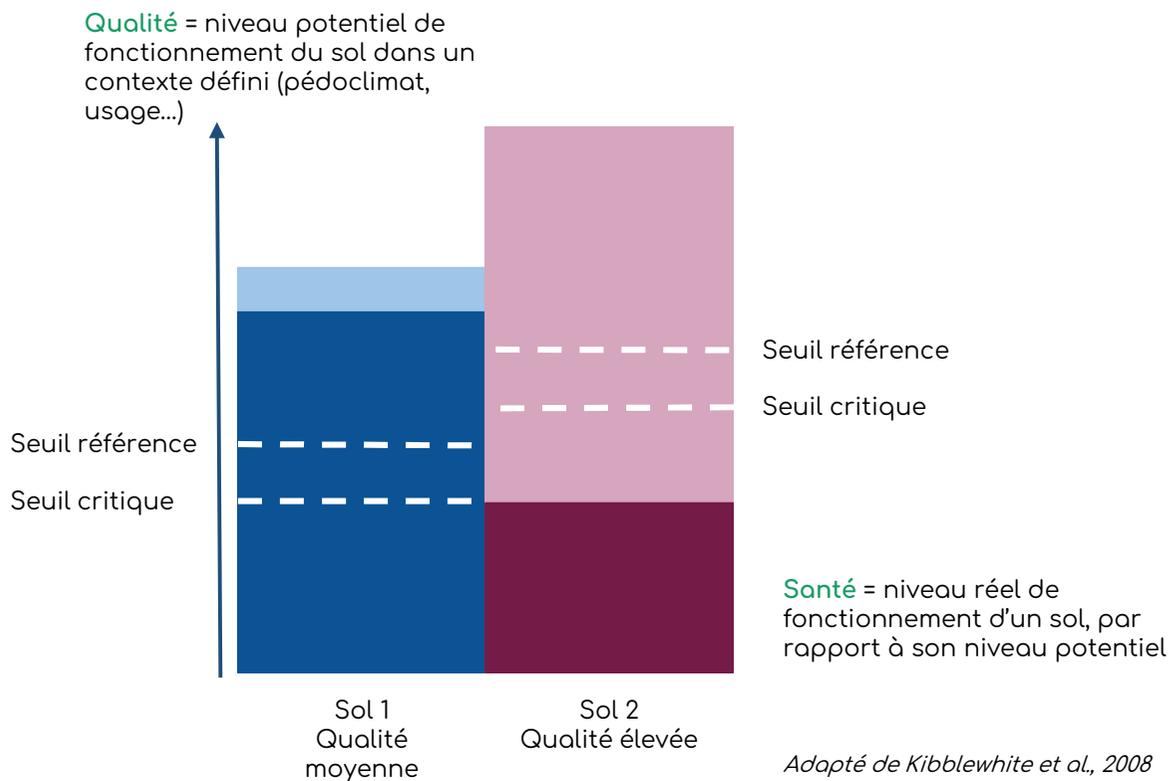
- Stratégie Biodiversité
- Stratégie Sols

< Besoin d'indicateurs opérationnels >

Évaluer l'état de santé des sols: Une mesure essentielle mais complexe

QUALITÉ et SANTÉ

De quoi parle-t-on ?



Évaluer l'état de santé des sols: essentielle mais complexe



Mesure représentative de la zone étudiée, limiter l'incertitude

- Besion d'une méthodologie robuste et standardisée à chaque étape (prélèvement - nombre et localisation des points, profondeur, périodicité..., préparation et conservation des échantillons et méthodes d'analyses...)



Référentiels d'interprétation robustes

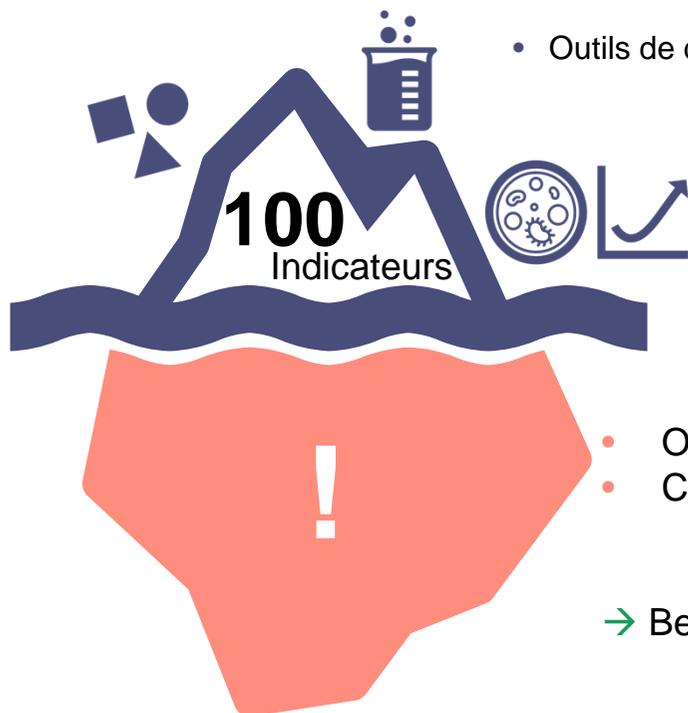
- Définir des niveaux d'états "normal" (ou "souhaitable") et "dégradé" des fonctions renseignées par les indicateurs, et
- Identifier des leviers d'action possibles pour atteindre ce niveau "souhaitable".
- Acquérir une grande quantité de données en pédoclimats diversifiés



Nombreux processus au sein des sols sont encore mal connus...

Nécessitent une recherche plus approfondie afin d'affiner la qualité des diagnostics.

Vers un outil de diagnostic de la santé des sols



- Outils de diagnostic existants : Diag. Humus, Biofunctool®, Agro-Eco-Sol, REVA (Agrinnov), landmark

- Opérationnalité diverse / robustesse référentiels
- Comment choisir dans l'existant selon le contexte ?

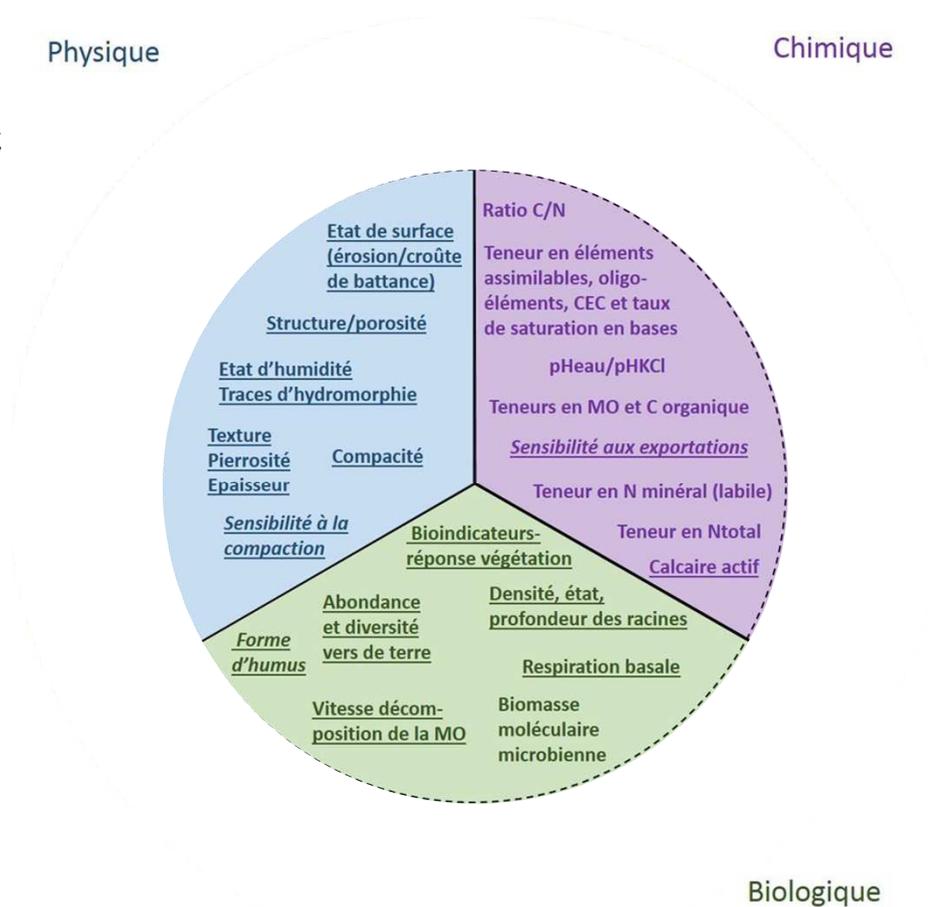
→ Besoin de définir un jeu d'indicateurs opérationnels à coût raisonnable

Vers un outil de diagnostic de la santé des sols

37
indicateurs

Jeu minimal
22

Prix maîtrisé
Facilité de mise en œuvre



Vers un outil de diagnostic de la santé des sols



Informations

Climat,
Topographie
Géologie
Pédologie via BDD existantes,
Usage des terres et pratiques
(dont historique)



Observations

Flore bioindicatrice
Etat végétation (indices de contraintes)
Surface du sol
Formes d'érosion
Présence croûtes de battance ?



Prélèvements/sondages

Sondages tarière hélicoïdale, Observation texture, état d'humidité, hydromorphie, calcaire actif et éléments grossiers

Test-bêche (0-30 cm): structure/porosité, abondance, de la diversité et de l'activité des vers de terre, de la densité et l'état des racines en surface...

Sondage tige pénétrométrique : compacité

Prélèvements de sol : analyses physico-chimiques et biologiques

Limites : caractérisation insuffisante horizons plus profonds, limitant l'évaluation du fonctionnement global du sol (transferts de matières à l'état solide, liquide et gazeux entre ces horizons).

Vers un outil de diagnostic de la santé des sols

Fonctions du sol

Stockage, recyclage et
transformation des MO

Rétention et fourniture
des nutriments

Habitat des organismes et
régulation de biodiversité

Filtre, tampon et
dégradation des polluants

Support physique stable
pour les végétaux

Rétention, circulation et
infiltration de l'eau

Régulation de la
composition chimique
de l'atmosphère et
contribution aux
processus climatiques

Le jeu d'indicateurs utilisé doit permettre de :



Évaluer le niveau de
fonctionnement du sol dans un contexte
défini



De guider les gestionnaires
vers les usages/pratiques qui permettent de
répondre au mieux à leurs objectifs.

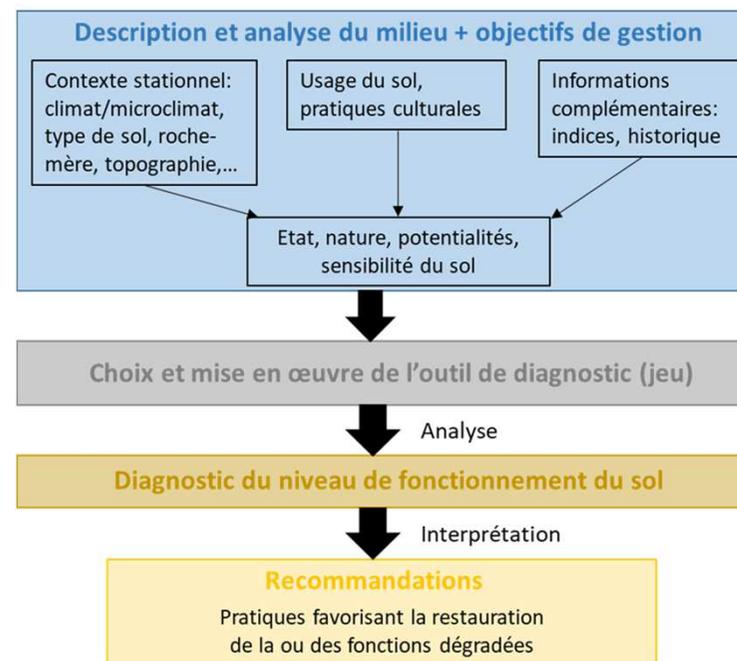
En préservant sur le long terme la santé des sols...

Vers un outil de diagnostic de la santé des sols

- Pas de consensus sur les relations quantitatives entre indicateurs et fonctions.
- Apparition d'outils synthétiques agrégeant plusieurs indicateurs physiques, chimiques et dans certains cas biologiques.
- Ces outils proposent généralement des **règles d'agrégation** des indicateurs pour aboutir à une notation de la santé des sols, à une notation par fonction ou à d'autres indicateurs de synthèse

La limite majeure de ces approches d'agrégation d'indicateurs :

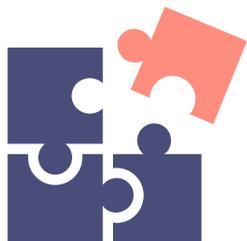
→ **Dire d'experts** dans la pondération des indicateurs et l'interprétation de la ou des notes finales.



Perspectives : des innovations technologiques

Dans le secteur de la biologie et la mesure *in situ*

Nouvelles technologies de mesures de terrain ou de laboratoire dont certaines ont abouti à la création de nouveaux indicateurs.



La recherche française est à la pointe dans ces domaines :

- Outils d'analyses de paramètres biologiques (abondance et diversité microbienne, microfaune, mésofaune, macrofaune, activités enzymatiques, inférence fonctionnelle),
- Méthodes de terrain et de laboratoire pour l'évaluation de l'activité biologique et de la dynamique de la matière organique (SituResp pour évaluer sur le terrain la respiration basale du sol, la pyrolyse Rock-Eval pour mieux caractériser les différentes formes de carbone, i.e., actif et stable).

Ces innovations sont à différents niveaux de maturité, du développement méthodologique à l'intégration dans des outils d'aide à la décision à destination des gestionnaires.

Perspectives : Déploiement des diagnostics de santé des sols

1. Sensibiliser / (in)former

- Tous les acteurs au rôle des sols (fonctions et services), à l'impact potentiel de pratiques...
- Les utilisateurs potentiels sur les outils de diagnostic robustes existants et les méthodologies de mise en œuvre

2. Améliorer les outils diagnostics et indicateurs

- Enrichir les BDD, les référentiels (données publiques, privées, ...) // question juridique
- poursuivre la R&D, améliorer nos connaissances sur l'état des sols et l'impact des pratiques -> Amplifier via le GIS SOL
- Valider les données et les indicateurs, les maintenir à jour en fonction des avancées scientifiques

3. Massifier le déploiement

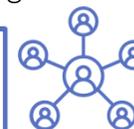
- Mettre en place des projets pilotes et démonstrateurs...



Préfiguration d'une plateforme numérique collaborative et multi-acteurs pour la gestion durable des sols.

Initiatives aux niveaux français (étude INRAE) et européen (EU Soil Mission) :

- Définir une liste des indicateurs clés pour le suivi de la santé des sols
- Finalité : normalisation de la procédure de diagnostic de la santé des sols.



Perspectives : développer les référentiels nationaux



Enjeu crucial

- Valorisation des données déjà existantes
- Accumulation de nouvelles données :
 - Réseaux de suivi tels que le Réseau de Mesure de la Qualité des Sols (RMQS)
 - Données des laboratoires d'analyses, des bureaux d'étude, des entreprises (si disponibles...)
 - Les laboratoires vivants et les observatoires de sciences participatives pourraient contribuer (échelle locale..)

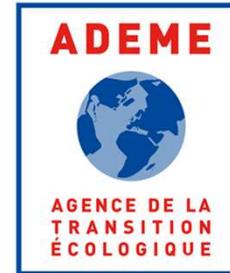


- Nécessaire de valider la qualité des données
- Ce travail de capitalisation nationale, de conception et de mise à disposition des référentiels pourrait être amplifié dans le cadre du Groupement d'Intérêt Scientifique Sol (GIS Sol).
- Les conditions juridiques de mise à disposition devront toutefois être clarifiées.



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Service Forêt, Alimentation et Bioéconomie
Antoine Pierart