



DES SOLS AGRICOLES FONCTIONNELS ET VIVANTS, **CLÉ DE LA RÉSILIENCE** **ALIMENTAIRE**

En synthèse

LES SOLS, AU CŒUR DES ENJEUX PLANÉTAIRES

Les sols sont une ressource naturelle limitée, ils rendent de nombreux services écosystémiques et leur dégradation, générée par l'activité humaine notamment, est au cœur des enjeux planétaires (sécurité alimentaire, changement climatique, érosion de la biodiversité, changement d'usage des sols, perturbation des cycles de l'azote, du phosphore et de l'eau).

Les sols agricoles sont spécifiques de par l'usage qui en est fait, à savoir la production de matières premières. La bonne santé des sols agricoles est fortement associée à la notion de fertilité (physique, chimique, biologique).

UN CADRE RÉGLEMENTAIRE À DÉFINIR

Il n'existe pas aujourd'hui de définition commune des sols d'un point de vue législatif. Ce flou juridique est particulièrement préjudiciable à l'adoption d'un cadre de protection.

Les propositions législatives qui visent la protection des sols, identifient la réalisation de diagnostic comme le principal levier permettant de mesurer et d'évaluer la santé des sols.

DES OUTILS EN CONSTRUCTION POUR DIAGNOSTIQUER LA SANTÉ DES SOLS

Les méthodes de diagnostic actuelles permettent d'obtenir des résultats difficilement interprétables et diffusables en l'état auprès des agriculteurs, en raison de la multitude d'indicateurs existants mais également du manque de référentiels associés, de méthodologie commune d'interprétation et de conseil opérationnel sur les pratiques adaptées à mettre en place.

En synthèse

LE POSITIONNEMENT D'AGROSOLUTIONS

Au travers de la 3ème Voie de l'Agriculture, **Agrosolutions**, filiale de Bioline by InVivo, déploie quatre grands types d'actions conciliant la préservation de la santé des sols agricoles, la préservation de leur potentiel de production et de leur compétitivité.



1. Identifier les outils de diagnostic et les indicateurs d'évaluation de la santé des sols adaptés aux différents contextes pédoclimatiques, aux pratiques agricoles et aux objectifs de l'agriculteur qui doit conjuguer productions alimentaires, performances économiques de son exploitation et préservation des ressources naturelles.

Evaluation de différents indicateurs d'évaluation et d'outils de diagnostic de la santé des sols au champ, sur la plateforme pluriannuelle Openfield by Bioline.

2. Sensibiliser, former, démontrer et communiquer auprès des différents acteurs pour qu'ils s'approprient les méthodes de diagnostic.

Communication sur l'expérimentation et les bonnes pratiques qui favorisent la santé des sols, auprès des différentes parties prenantes (distributeurs agricoles, industriels agroalimentaires et collectivités territoriales entre autres).

3. Inclure le diagnostic de santé des sols dans les outils et les démarches de conseil.

Réalisation de diagnostics intra et inter-parcellaires pour alimenter une démarche de conseil des techniciens de la distribution agricole sur la fertilité des sols, via be Api (filiale-sœur d'Agrosolutions).

Réalisation de bilan carbone pour les exploitations agricoles pour évaluer le potentiel de stockage de carbone dans les sols et assurer la transition bas-carbone du secteur agricole et des exploitations.

4. Accompagner financièrement les agriculteurs dans la réalisation de diagnostics de santé des sols via des financements publics, des financements privés (Païement pour Services Environnementaux, compensation carbone volontaire, primes de filières agro-alimentaires, ...) et/ou la transmission et les baux ruraux.

Accompagnement des filières agricoles et alimentaires dans le développement et le suivi de cahiers des charges de production intégrant un volet sur la préservation de la santé des sols.



Sommaire

Des sols agricoles fonctionnels et vivants, **fondements de la 3^{ème} Voie de l'Agriculture** portée par Bioline by InVivo et ses filiales — 5

1. Les sols, de quoi parle-t-on ? — 7

1.1 Les sols, **un élément essentiel** — 7

1.2 Une grande **diversité de sols** — 8

1.3 Des sols agricoles fonctionnels et vivants **pour une agriculture durable** — 8

1.4 Les sols, **une ressource à préserver** — 10

2. Un cadre réglementaire en construction : vers une incitation à la réalisation d'un diagnostic de santé des sols — 12

3. Des outils en construction pour diagnostiquer la santé des sols — 14

4. Agrosolutions accompagne le déploiement de la 3^{ème} Voie de l'Agriculture au champ — 16

4.1 Fixer et valider un jeu d'indicateurs commun **pour évaluer les sols agricoles** — 17

4.2 Développer **les référentiels d'interprétation des indicateurs** — 17

4.3 Sensibiliser, former, démontrer et **communiquer** — 17

4.4 Inclure le diagnostic de santé des sols **dans les outils et les démarches de conseil** — 19

4.5 Accompagner et soutenir les agriculteurs **dans la réalisation des diagnostics** — 19

5. Conclusion — 21

Des sols agricoles fonctionnels et vivants, **fondements de la 3^{ème} Voie de l'Agriculture portée par Bioline by InVivo et ses filiales**

La santé des sols est aujourd'hui devenue un sujet d'actualité entraînant dans son sillage des recherches scientifiques, encore à leurs débuts sur la microbiologie des sols notamment, des dispositifs de soutien publics et bientôt des législations. Si toutes les études connues s'accordent à dire qu'une grande majorité des sols, qu'ils soient agricoles, naturels ou forestiers, sont détériorés, aucune ne s'accordent sur des critères communs d'évaluation.

*Les facteurs de détérioration des sols, comme l'érosion, l'artificialisation, la salinisation ou la contamination, sont par ailleurs nombreux. **Alors comment définir la bonne santé d'un sol ?***

*Le sol possède six fonctions principales à savoir **I)** assurer la production d'aliments et de matériaux, **II)** être le support des paysages et des infrastructures, **III)** être la mémoire du passé, **IV)** épurer les polluants, **V)** réguler les eaux et le climat et **VI)** accueillir la biodiversité.*

Même s'il n'est pas possible de maximiser l'ensemble de ces fonctions, le sol agricole est à considérer au-delà de sa productivité, notion fondamentale en agriculture.

L'équilibre entre production et préservation des ressources est essentiel pour maintenir un socle fertile, faisant ainsi des agriculteurs les gardiens d'un écosystème offrant un large éventail de services à la société.

*Cette notion de préservation des sols s'est intensifiée ces dernières années voyant fleurir un grand nombre de termes, concepts et projets. Les solutions mises en avant semblent toutes résider en un mot : **l'agronomie**.*

L'intérêt des jachères, des haies et de la couverture des sols est déjà connu, et encouragé par la Politique Agricole Commune (PAC). On peut toutefois se demander si ces pratiques sont réellement suffisantes pour palier à l'essoufflement de la fertilité des sols et surtout pour faire face au changement climatique.



Des sols agricoles fonctionnels et vivants, **fondements de la 3^{ème} Voie de l'Agriculture portée par Bioline by InVivo et ses filiales**

Ces enjeux semblent bien compris par les décideurs qui renforcent la législation en matière de préservation des sols, avec par exemple la Stratégie Européenne pour le sol. La volonté politique est aussi française avec le ZAN (Zéro Artificialisation Nette), et les subventions publiques proposées par une poignée de régions¹ visant à remettre en état des sols pollués. La tendance croissante à la réalisation de diagnostics de la santé des sols démontre un fort intérêt pour leur préservation et a été matérialisée récemment par plusieurs propositions de texte de loi française².

*Cependant, des éléments-clés restent à définir tels que des **jeux d'indicateurs harmonisés permettant d'évaluer la bonne santé des sols, le financement des diagnostics de sol et surtout, comment lier les diagnostics et indicateurs à des bénéfices mesurables par les agriculteurs.***

La grande diversité des sols, allant jusqu'à des variations intra-parcellaires, complexifie le travail des agriculteurs. La réalisation de diagnostic de sol permet de mesurer cette hétérogénéité et d'adapter les pratiques en conséquence. La voie de l'agronomie de précision semble désormais indissociable de la préservation du potentiel des sols et de la vie microbienne qui s'y développe.

La question de la bonne santé des sols est désormais un enjeu central pour l'avenir de l'agriculture française et la position d'Agrosolutions au travers de la 3^{ème} Voie de l'Agriculture pour laquelle agit l'ensemble des filiales de Bioline by InVivo, est la suivante : Le sol est au cœur des défis de productions alimentaires, de performances économiques des exploitations et environnementaux (changement climatique, biodiversité, eau, etc.). Ainsi, toutes les pratiques qui peuvent être favorables à la préservation de la santé des sols doivent être mises en œuvre, à la condition qu'elles soient aussi favorables à la préservation de leur potentiel de production et à leur compétitivité. Il apparaît également nécessaire que les agriculteurs soient accompagnés dans ce défi.

¹ <https://www.iledefrance.fr/aides-et-appels-a-projets/reconquerir-les-friches-franciliennes>
<https://www.grandest.fr/appel-a-projet/reconversion-friches-industrielles/>

² https://www.assemblee-nationale.fr/dyn/16/textes/l16b1736_proposition-loi

1. Les sols, de quoi parle-t-on ?

1.1 Les sols, un élément essentiel

Faut-il parler du sol ou de la terre ? La confusion entre les deux est assez fréquente.

La **terre** fait référence à la terre agricole, à ce qui se trouve en surface. Ainsi, la terre relève du droit civil, du droit rural et du droit de la propriété.

Le **sol** fait référence aux ressources naturelles qu'il abrite en tant que milieu naturel. Le sol relève du droit de l'environnement et du patrimoine commun à transmettre aux générations futures.

Le sol est en interaction avec l'atmosphère (air), la biosphère (biomasses animales et végétales, champignons, bactéries), l'hydrosphère (eaux), la lithosphère (roches) mais aussi avec les activités humaines. Cette complexité a donné naissance à une multitude de définitions.

Dans son rapport sur l'état des sols en France de 2011³, le GIS Sol a défini le sol « **tel que le définissent les pédologues et les agronomes, à savoir la couche superficielle des surfaces continentales, formée par l'altération de la roche sous-jacente sous l'action du climat et des organismes vivants** ».

Le rôle essentiel des sols est parfaitement identifié dans le rapport du GIS Sol qui note que « **les sols sont au cœur de grands enjeux planétaires comme la sécurité alimentaire, le changement climatique, la biodiversité, la disponibilité en eau et sa qualité** ». Les sols apparaissent ainsi comme une composante essentielle des écosystèmes terrestres. Ils doivent être protégés dans leur diversité et notamment dans la diversité des fonctions et services économiques, écologiques, sociaux et culturels qui en découlent. Ces services écosystémiques correspondent aux multiples avantages que les sociétés humaines en tirent, pour leur bien-être. « Le sol rend ainsi des services qui interagissent : production d'aliments et de matériaux, support des paysages et des infrastructures, gisement de matériaux, mémoire du passé, épuration des polluants, régulation des eaux et du climat, séquestration du carbone, sources de composants pharmaceutiques et matériel génétique, réservoir de biodiversité et participe au cycle des éléments nutritifs »⁴ (Figure 1).

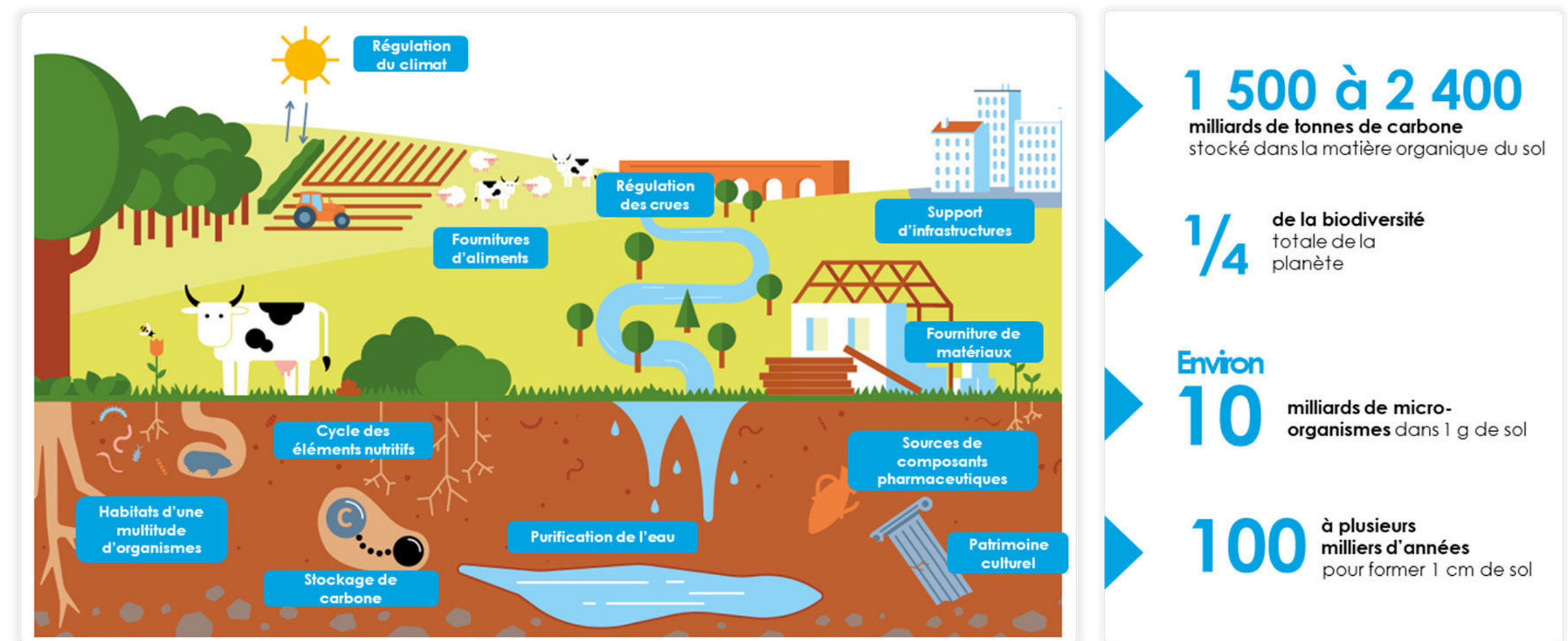


Figure 1. Fonctions et services écosystémiques rendus par les sols (d'après l'infographie de l'ADEME, 2022)⁵.

³ Gis Sol. 2011. L'état des sols de France. Groupement d'intérêt scientifique sur les sols, 188 p.

⁴ FAO, 2015

⁵ Sources des chiffres clés de l'infographie - Carbone : GIEC, 2023 ; Biodiversité : FAO, AFES, INRAE ; Reconstitution du sol : ADEME.

1.2 Une grande diversité de sols

Les fonctions du sol sont régies par l'éventail des **propriétés physiques, chimiques et biologiques** que celui-ci possède mais aussi par les pratiques agricoles mises en place.

Les sols français sont d'une grande diversité (**Figure 2**), on parle donc bien « des sols ». Il est essentiel d'appréhender ceux-ci dans leur contexte territorial avec les dimensions pédoclimatiques et économiques associées.

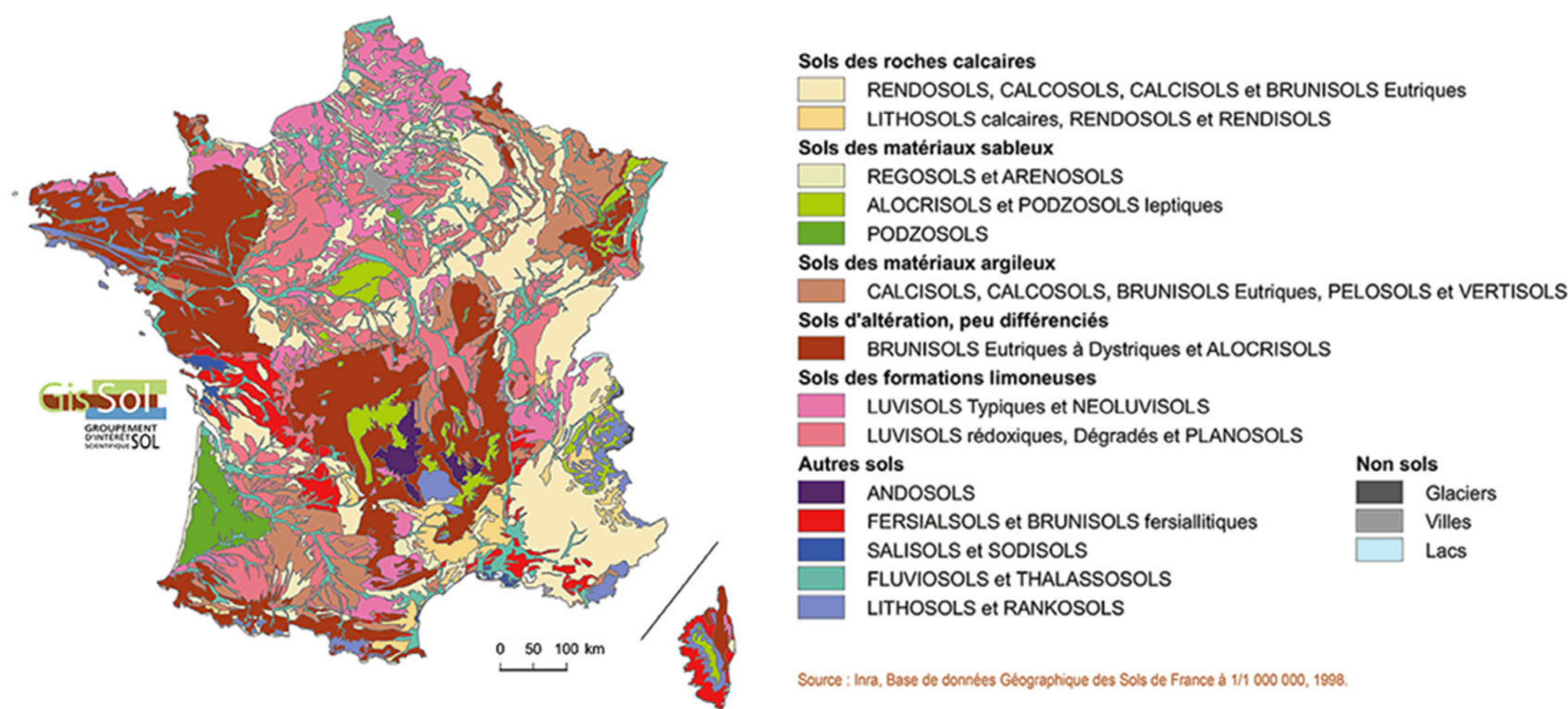


Figure 2. Les sols dominants de France métropolitaine (INRAe, GIS Sol)⁶.

⁶ INRAe, Base de données géographique des Sols de France, 2011, <https://www.gissol.fr/donnees/cartes>

1.3 Des sols agricoles fonctionnels et vivants pour une agriculture durable

D'après la Charte mondiale des sols de Juin 2015, « *Tout individu qui utilise ou gère des sols a un devoir d'intendance et veille à ce que cette ressource naturelle essentielle soit gérée dans des conditions durables afin d'être préservée pour les générations futures* ».

Travaillant avec le vivant au quotidien, les agriculteurs sont dépendants des sols pour leurs productions et donc leur activité économique mais sont également leur principal gestionnaire. Ils jouent donc un rôle majeur dans la préservation et la valorisation de ce « capital naturel » vivant et fertile. Le terme « capital » (emprunté au secteur financier) décrit la valeur des ressources et la capacité des écosystèmes à fournir des flux de biens et de services. La gestion adaptée des sols fait partie des services environnementaux⁷ qui peuvent être rendus par les agriculteurs à la société. Les sols agricoles, et l'agriculture de façon générale, constituent donc un atout, une partie de la solution à la préservation de ce bien commun. Mais alors, comment définir ce qu'est un sol agricole ?

Pour les agronomes et les agriculteurs, les sols correspondent à « *ce qui porte la végétation naturelle et permet les productions agricoles, en offrant aux plantes un support physique, une réserve en eau et une source d'éléments nutritifs pour assurer leur croissance. Ils contiennent une quantité énorme de micro-organismes, qui participent aux cycles des éléments (carbone, azote, phosphore, soufre, etc.) et recyclent les composés chimiques*⁸ ». La définition des sols agricoles est donc centrée sur les aptitudes à pouvoir les cultiver et produire de la biomasse.

⁷ Différent des services écosystémiques, les services environnementaux constituent les actions positives qui sont entreprises par certains acteurs au bénéfice de l'environnement.

⁸ Claudy Jolivet, Fiche RMQS, 2010, <https://www.gissol.fr/publications/fiche-reseau-de-mesures-de-la-qualite-des-sols-rmqs-2183>



La définition des sols agricoles est donc centrée sur les aptitudes à pouvoir les cultiver et produire de la biomasse. Ces fonctions sont reliées à la notion de fertilité du milieu. Pour qu'un sol agricole soit pleinement fertile, il doit l'être dans ses 3 dimensions (**Figure 3**).

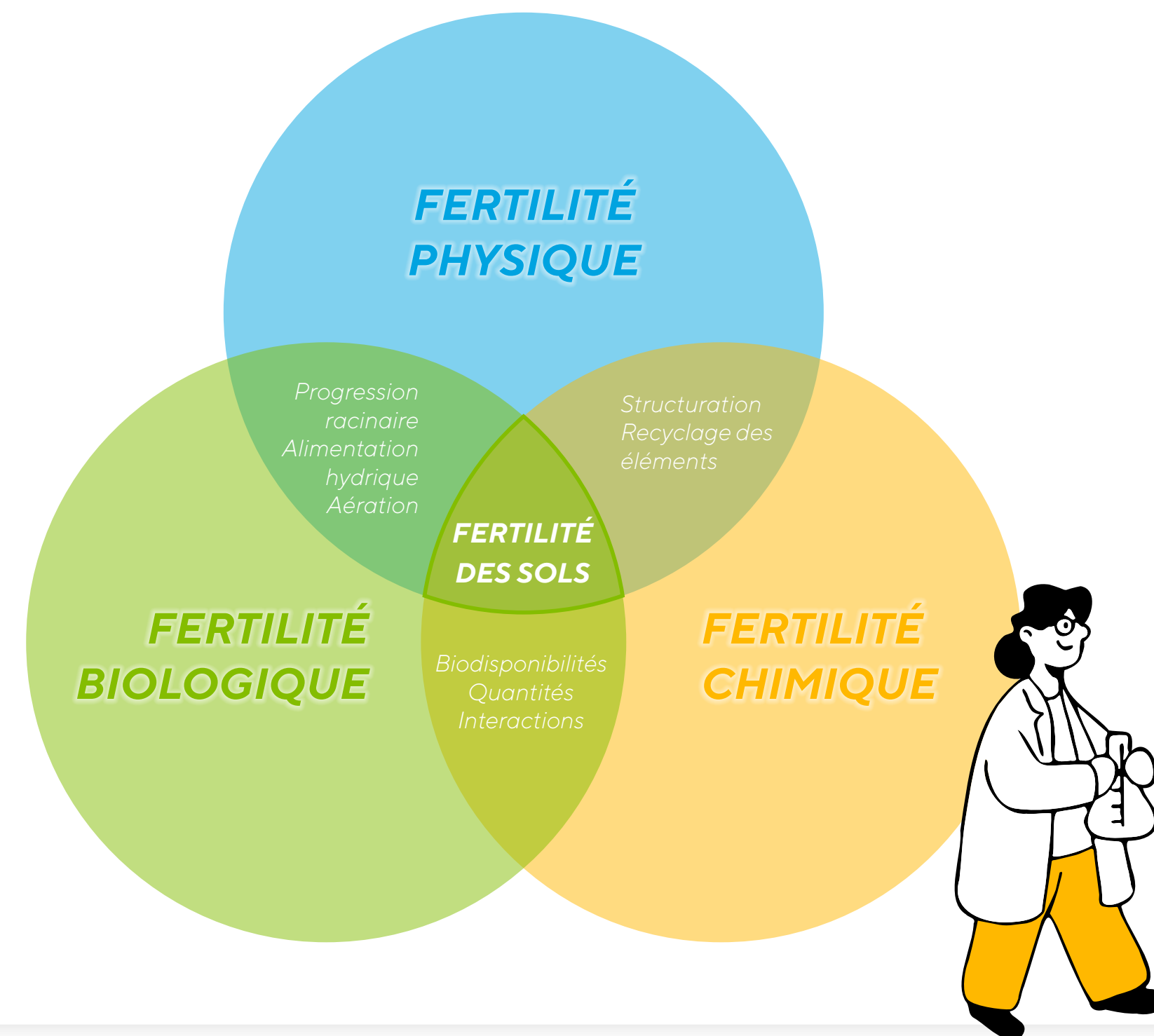


Figure 3. Les trois composantes de la fertilité des sols.

- ▶ **La fertilité physique** fait référence à l'état structural des sols agricoles qui doivent permettre de garantir un bon enracinement, une bonne circulation et une bonne alimentation en eau et en air.
- ▶ **La fertilité biologique** s'appuie sur la présence et à l'activité d'un réseau complexe d'organismes (lombrics, champignons, bactéries, nématodes et micro-organismes) qui participent à la structuration et au recyclage des éléments des sols agricoles.
- ▶ **La fertilité chimique** renvoie à la nutrition minérale des plantes via la biodisponibilité des éléments minéraux nécessaires à leur croissance en quantité suffisante et pouvant être absorbés.

Les trois composantes interagissent entre elles pour définir la **fertilité du sol**. Par exemple, l'activité biologique d'un sol (fertilité biologique) sera favorisée si celui-ci est poreux et bien pourvu en oxygène (fertilité physique), en éléments minéraux (fertilité chimique) et en matière organique. Inversement, les organismes vivants dans le sol (fertilité biologique) participent activement à la structuration du sol via les galeries de vers de terre (fertilité physique) et au recyclage des éléments du sol (fertilité chimique) via la transformation de la matière organique en composés minéraux assimilables par les cultures.

Chaque composante de la fertilité peut être caractérisée par un équilibre à atteindre et à maintenir, soit une situation optimale qui permet le développement et le maintien des fonctions du sol et des services écosystémiques rendus. Seulement, les sols constituent un milieu très complexe et dynamique, qui les rendent difficiles à saisir en raison notamment des interactions entre les différentes composantes.

1.4 Les sols, une ressource à préserver

Les sols, en particulier les sols agricoles, sont des ressources naturelles limitées qui se dégradent et se détruisent facilement et se reconstituent très lentement. Les usages qui induisent des changements d'utilisation des sols peuvent provoquer leur dégradation, engendrant une réduction ou l'élimination de leurs fonctions et services écosystémiques. En France, les sols sont soumis à différentes causes de dégradation avec principalement l'érosion, l'appauvrissement en matières organiques, la contamination par des polluants, le tassement, la salinisation artificialisation et l'imperméabilisation (**Figure 4**).

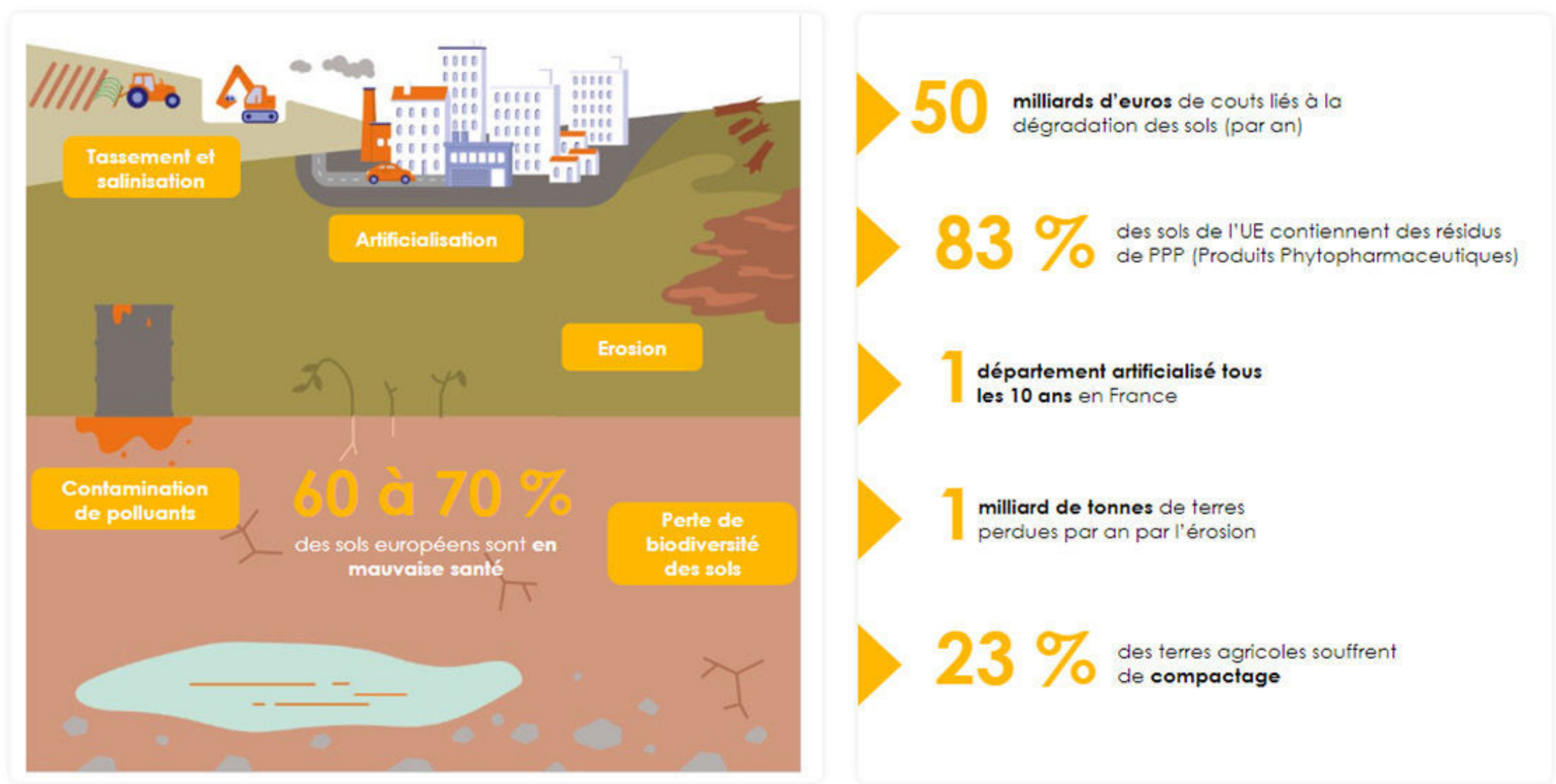
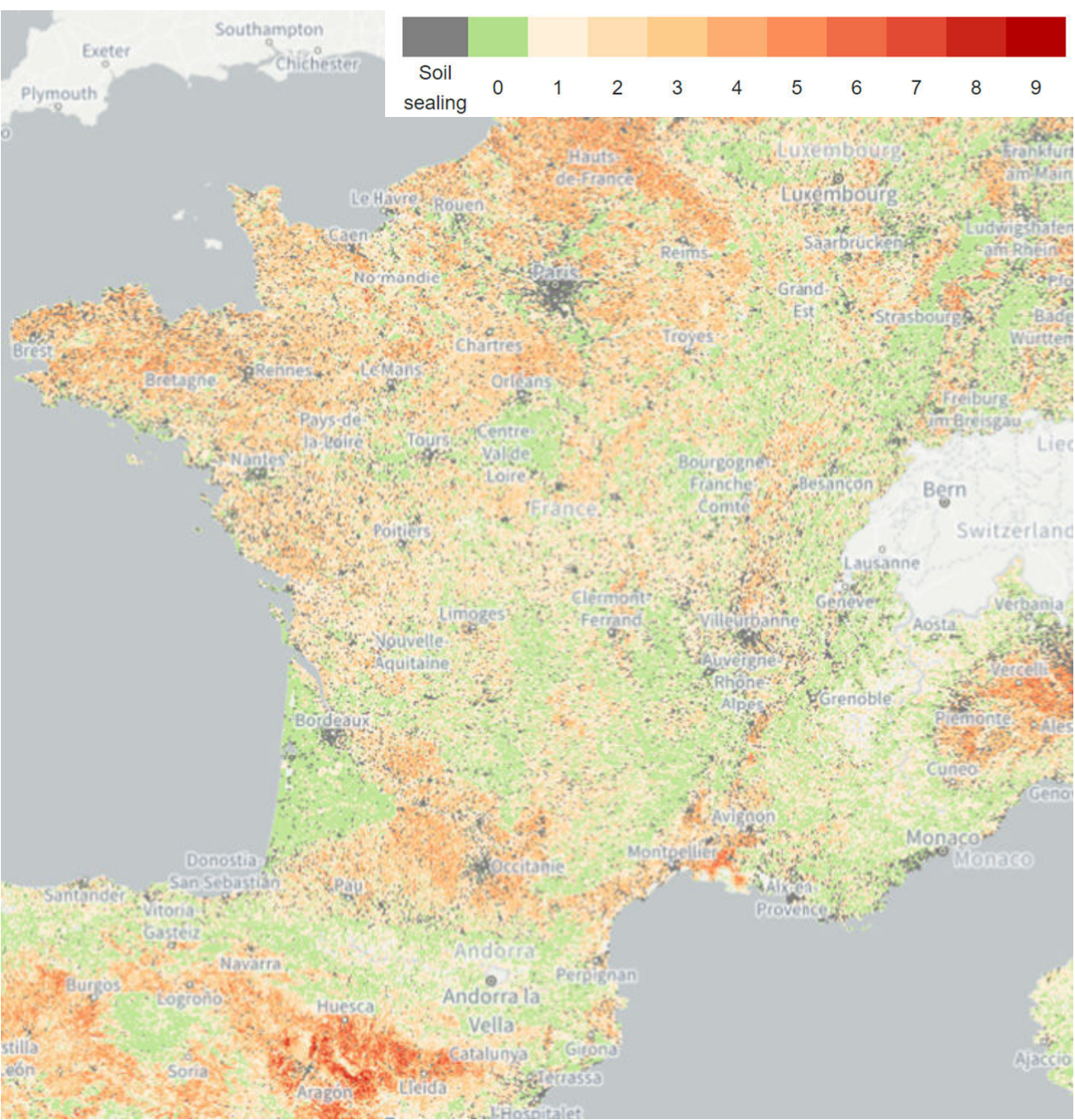


Figure 4. Principales causes de dégradation de la santé des sols (d'après une infographie de l'ADEME, 2022)⁹

⁹ Source des chiffres clés : Office des publications de l'Union Européenne, 2023, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/document/print/fr/qanda_21_5917/QANDA_21_5917_FR.pdf

Ces dégradations peuvent s'intensifier avec l'évolution démographique, le changement climatique, les activités agricoles, industrielles et touristiques (**Figure 5**).



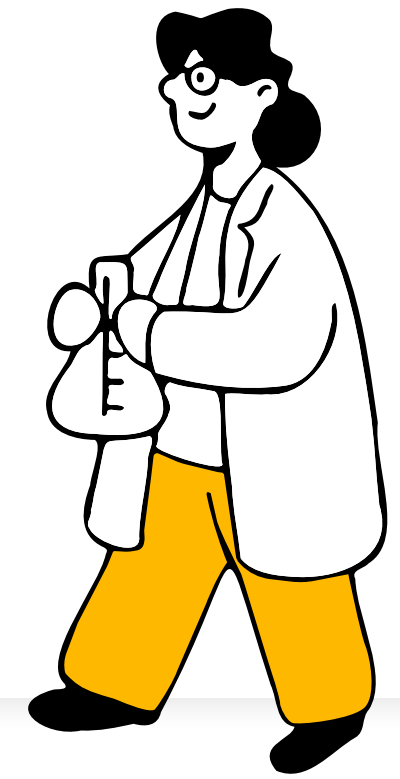
Le gris indique les sols imperméables, urbanisés. Le vert indique qu'il n'y a pas de dégradation du sol. « 1 » indique qu'il y a un indicateur de dégradation puis ainsi de suite de 2 à 9. 9 étant le nombre maximal de dégradations simultanées trouvées sur la base des preuves actuelles.

Figure 5. Dégradation des sols en France (ESDAC, 2024)¹⁰

¹⁰ European Soil Data Centre (ESDAC), 2024, <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/esdacviewer/euso-dashboard/>



Face à ces enjeux, le GIS Sol introduit en 2011, le concept de qualités des sols, avec pour objectif d'acquérir les connaissances suffisantes pour les protéger et les exploiter plus durablement. Rapidement, le concept de « qualité » est décrié car liée à la notion d'un objet inerte. Le terme de « santé des sols » a également été relayé, notamment par l'USDA qui la définit comme « *la capacité continue du sol à fonctionner comme un écosystème vivant et vital qui soutient les plantes, les animaux et les humains* »¹¹. Le concept de santé des sols est, lui aussi, sujet à débat en raison du champ lexical de ce terme qui fait référence à la notion d'organisme vivant qui naît et meurt, ce qui n'est pas le cas des sols. Afin de défendre l'idée qu'un sol n'est ni un objet figé ni un être vivant, la notion d'état du sol est apparue et a été déclinée en différents niveaux : bon, moyen et mauvais états.



¹¹ US Department of Agriculture, Soil health, <https://www.usda.gov/peoples-garden/soil-health>.

L'ESSENTIEL À RETENIR

- #1** En raison de leur **grande diversité**, il est nécessaire de parler des sols.
- #2** Les sols sont une **ressource naturelle limitée**, ils rendent de **nombreux services écosystémiques** et leur dégradation, générée par l'activité humaine notamment, est au cœur des **enjeux planétaires** (sécurité alimentaire, changement climatique, érosion de la biodiversité, changement d'usage des sols, perturbation des cycles de l'azote, du phosphore et de l'eau).
- #3** Les **agriculteurs** sont des **acteurs essentiels à leur protection** et **à leur restauration**.
- #4** Les sols agricoles sont spécifiques de par l'usage qui en est fait, à savoir la production de matières premières. **La bonne santé des sols agricoles est fortement associée à la notion de fertilité** (physique, chimique, biologique).

2. Un cadre réglementaire en construction : vers une incitation à la réalisation d'un diagnostic de santé des sols

D'un point de vue législatif, il n'existe pas de définition commune des sols comme c'est le cas pour l'air (Directive 96/62/CE du 27 septembre 1996) ou l'eau définie par le Code de l'environnement et par la directive cadre sur l'eau (Directive 2000/60/CE du 23 octobre 2000). Ce flou est particulièrement préjudiciable à l'adoption d'un cadre permettant de protéger les sols. Toutefois, l'utilisation du terme plus populaire de santé des sols a permis de relancer le débat public et de définir les sols comme une composante essentielle des écosystèmes terrestres. La notion de protection et restauration des sols est d'ailleurs apparue récemment dans la Stratégie Nationale Biodiversité 2030¹².

C'est ainsi que, 17 ans après une première tentative infructueuse pour définir un cadre pour la protection des sols, la Commission Européenne a rendu publique le 5 Juillet 2023, une proposition de directive sur la surveillance et la résilience des sols s'inscrivant dans le pacte vert européen et visant à ce que tous les sols soient sains d'ici 2050. Pour y parvenir, six grandes mesures ont été évoquées (**Figure 6**)¹³.

¹² Stratégie nationale biodiversité, 2023.

¹³ Commission européenne, « Pacte vert pour l'Europe: une utilisation plus durable des ressources naturelles végétales et des sols », 2023, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/IP_23_3565

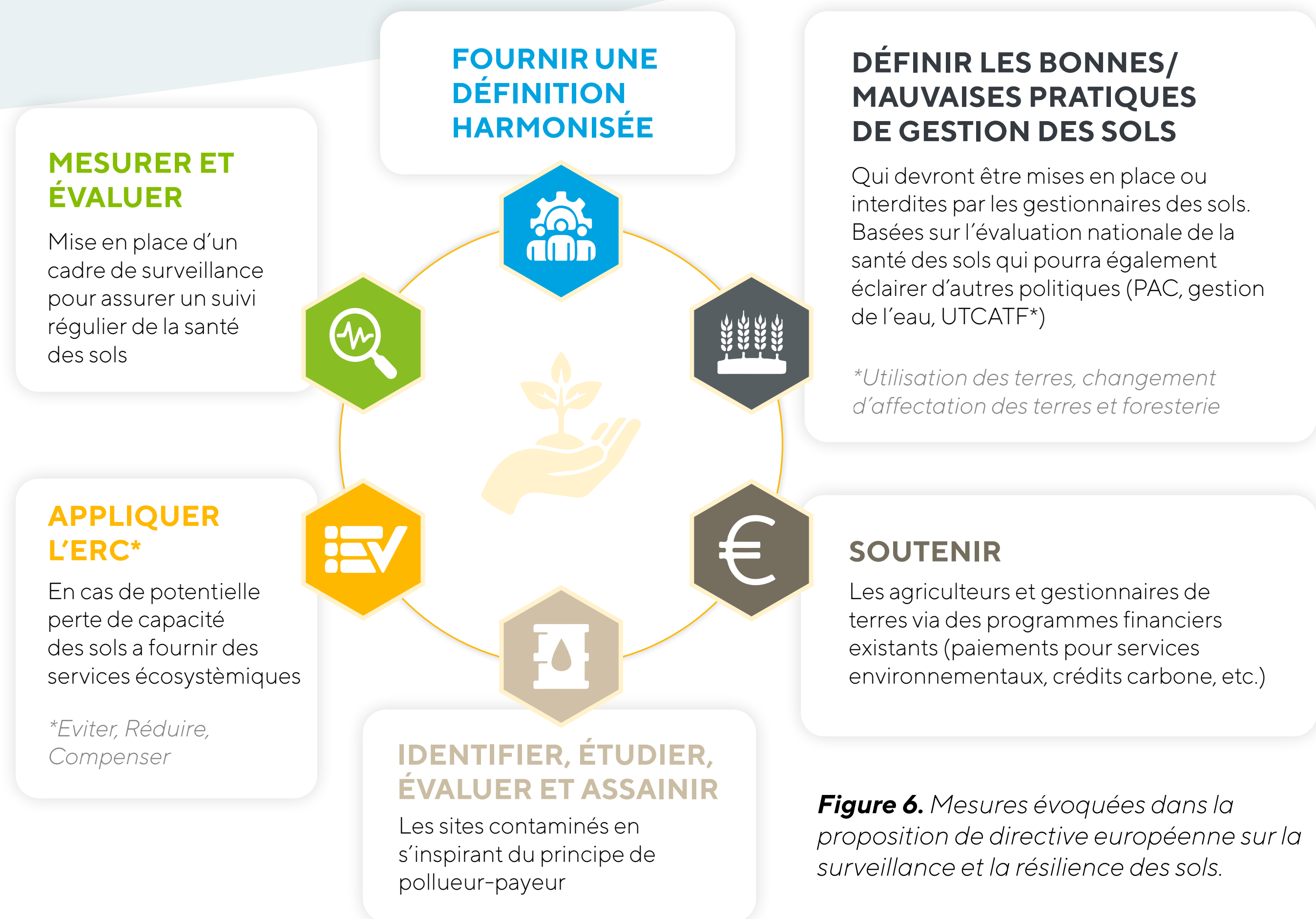


Figure 6. Mesures évoquées dans la proposition de directive européenne sur la surveillance et la résilience des sols.

Par ailleurs, cette proposition ne prévoit ni budget ni contrainte particulière pour les agriculteurs et les gestionnaires de terres.

La France dispose déjà d'un réseau de surveillance de la qualité des sols à l'échelle nationale (RMQS). De ce fait, cette directive est perçue par la recherche comme peu ambitieuse au regard des enjeux.

Portée par la nécessité d'agir, une proposition de loi a été déposée en parallèle à l'Assemblée Nationale en Octobre 2023 afin de rendre obligatoire l'établissement d'un diagnostic de santé des sols pour toutes les cessions ou mise à bail de parcelles situées en zones agricoles, forestières ou naturelles. Ce projet de loi prévoit que les diagnostics réalisés soient transmis, compilés et analysés par l'ADEME, dans le but d'identifier les sols qui pourraient bénéficier de politiques publiques ciblées (aides PAC, directive nitrates, future loi sur la restauration de la nature et démarche ZAN). Dans le même temps, une proposition de loi visant à préserver des sols vivants a été présentée au Sénat (25 octobre 2023). Cette proposition vise à reconnaître la qualité des sols comme patrimoine commun de la Nation et d'élaborer une stratégie nationale et territoriale de protection et de résilience des sols¹⁴ pour éviter leur dégradation, à l'aide d'outils de diagnostic élaborés grâce aux travaux de l'ADEME.

Ces deux propositions ont été rejetées, au motif qu'elles anticipaient une transposition de la directive sur la surveillance et la résilience des sols, en cours d'examen. De plus, lors de la crise agricole de 2024, les syndicats agricoles ont repris en exemple ces propositions pour motiver une simplification des aspects administratifs et environnementaux.

Dans ce contexte législatif peu favorable à la protection et la restauration des sols, la réalisation de diagnostic a toutefois été identifiée comme le moyen permettant de mesurer et évaluer la santé des sols.

¹⁴ Proposition de loi visant à préserver des sols vivants, N°66 Sénat, présenté le 25 octobre 2023.



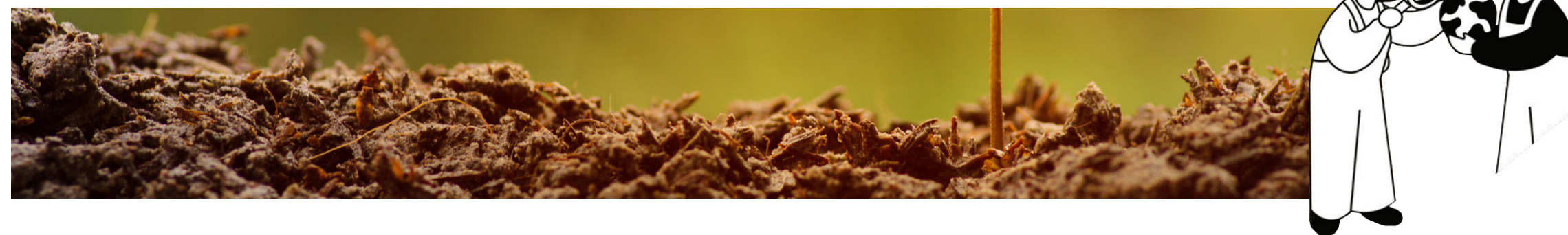
L'ESSENTIEL À RETENIR

- #1** Il n'existe pas aujourd'hui, de définition commune des sols d'un point de vue législatif. **Ce flou juridique est particulièrement préjudiciable à l'adoption d'un cadre de protection.**
- #2** Les propositions législatives qui visent la protection des sols, identifient **la réalisation de diagnostic comme le principal levier permettant de mesurer et d'évaluer la santé des sols.**
- #3** Dans ce document, nous avons fait le choix d'utiliser **le terme de santé des sols** étant donné que cette notion plus répandue, fait sens pour le plus grand nombre et a permis de relancer le débat public sur la préservation des sols agricoles.

3. Des outils en construction pour diagnostiquer la santé des sols

La mise à disposition d'outils permettant le diagnostic de la santé des sols agricoles passe par l'identification d'indicateurs et de seuils de référence associés. Issus des connaissances disponibles produites par la recherche académique, ces indicateurs peuvent être mobilisés de manière opérationnelle sur le terrain.

Dans son rapport sur « la surveillance des sols en Europe » publié le 18 janvier 2023, l'Agence Européenne de l'Environnement (AEE) synthétise les connaissances disponibles et identifie 12 indicateurs (et leurs seuils associés) de suivi de la santé des sols au sein de l'Union Européenne (UE)¹⁵. Mis en relation avec les fonctions écosystémiques et les menaces inhérentes aux sols, ces indicateurs globaux doivent permettre la mise en place d'un cadre de surveillance à l'échelle de l'UE, des pays ou des territoires.



En revanche, ces indicateurs ne sont pas adaptés à la mise en place d'un suivi à l'échelle de la parcelle ou de l'exploitation agricole puisqu'ils ne peuvent pas être liés à des bénéfices mesurables par les agriculteurs. Bien qu'appartenant à l'environnement en tant que ressource naturelle, les sols présentent en effet, des caractéristiques très particulières nécessitant un traitement localisé, à l'échelle de la parcelle voire intra-parcellaire.

En France, le rapport de l'ADEME publié en 2019¹⁶ identifie les outils de diagnostic de la santé des sols et les indicateurs qui permettent un suivi opérationnel à l'échelle de la parcelle et des exploitations agricoles. Les indicateurs opérationnels identifiés sont basés sur les trois composantes de la fertilité des sols et leurs interactions.

¹⁵ European Environment, Agency, 2022, <https://www.eea.europa.eu/publications/soil-monitoring-in-europe>

¹⁶ ADEME, « Diagnostic de la qualité des sols agricoles et forestiers », juillet 2019.

Cette approche est dite multifonctionnelle afin de prendre en compte la complexité des sols agricoles, notamment des interactions entre les composantes (**Figure 7**).

Le rapport met toutefois en lumière le besoin d'associer ces indicateurs aux fonctions du sol et aux services écosystémiques rendus. En effet, à l'heure actuelle, il est possible de lier un indicateur à une composante du sol mais il est difficile de voir comment cet indicateur interagit avec les fonctions et in fine les services écosystémiques, ce qui ne permet pas aux agriculteurs de cibler leurs interventions en vue d'améliorer la santé de leurs sols.

Les indicateurs physiques et chimiques sont bien connus et utilisés par le milieu agricole (test-bêche, fosse pédologique, analyse de terre, etc.). Ce n'est pas encore le cas des indicateurs biologiques qui se sont développés récemment et pour lesquels des programmes de recherche sont en cours. Ces travaux doivent permettre, par exemple, de définir les seuils minimaux qui garantissent la conservation des écosystèmes et les seuils opérationnels par micro-organismes ou espèces spécifiques. Les connaissances incomplètes des sols nécessitent une adaptation continue des indicateurs et des références afin d'intégrer les nouvelles informations produites par la recherche.

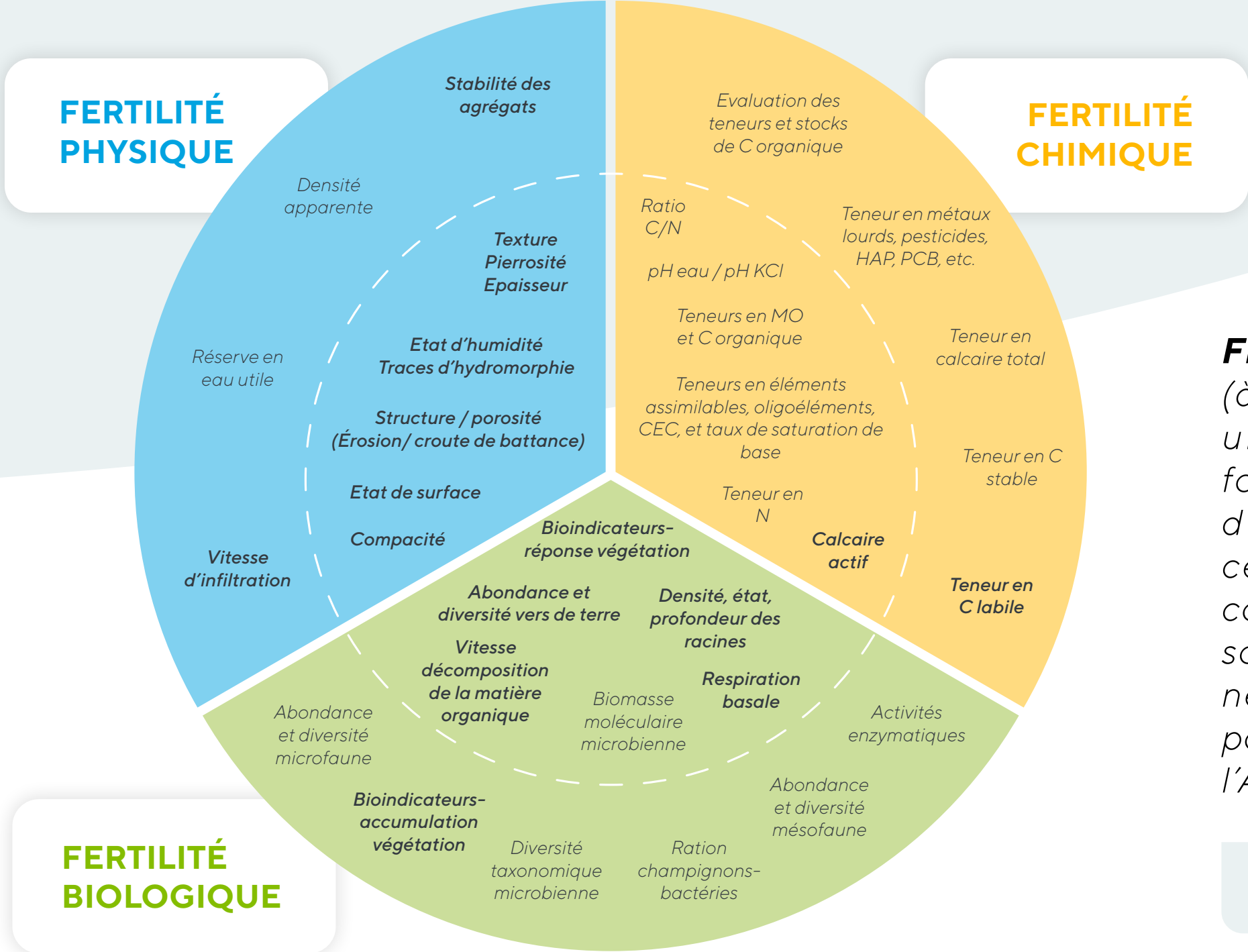


Figure 7. Exemple d'un jeu simple d'indicateurs (à l'intérieur du cercle pointillé) qui apporte un premier niveau d'information sur le fonctionnement global des sols et d'un jeu d'indicateurs plus complet (à l'extérieur du cercle pointillé) permettant un diagnostic complet de la santé des sols. Les indicateurs soulignés sont des indicateurs terrain qui ne nécessitent pas d'équipements spécifiques pour la mesure. (Source : d'après une figure de l'ADEME, 2019)¹⁷.

¹⁷ ADEME, « Diagnostic de la qualité des sols agricoles et forestiers », juillet 2019.

L'ESSENTIEL À RETENIR

- #1** Les sols agricoles requièrent de **déployer une approche de diagnostic à l'échelle de la parcelle voire à l'échelle intra-parcellaire.**
- #2** Les méthodes de diagnostic actuelles permettent d'obtenir des **résultats difficilement interprétables et diffusables** auprès des agriculteurs, en raison de la multitude d'indicateurs existants mais également du manque de référentiels, de méthodologie commune d'interprétation et de conseil opérationnel sur les pratiques adaptées à mettre en place.

4. Agrosolutions accompagne le déploiement de la 3^{ème} Voie de l'Agriculture au champ

Les méthodes et outils de diagnostic sont indispensables à la gestion durable des sols agricoles, mais un certain nombre de freins détaillés ci-dessous, limitent actuellement leur appropriation et leur diffusion au sein des exploitations agricoles françaises.

Afin de lever ces verrous, l'ADEME a établi une liste de recommandations qu'Agrosolutions, filiale de Bioline by InVivo, partage et soutient au travers de ses actions et de la **3^{ème} Voie de l'Agriculture**.



LA PLATEFORME, **openfield** POUR EXPÉRIMENTER LA 3^{ÈME} VOIE DE L'AGRICULTURE AU CHAMP

Sur sa ferme expérimentale **Agrinovex** située à Milly-la-Forêt, Bioline by InVivo expérimente la 3^{ème} Voie de l'Agriculture, une (agri)culture du résultat, mesurée et prouvée, avec pour objectifs de :

- #1 Démontrer et mesurer au champ** les bénéfices des pratiques innovantes
- #2 Accompagner les acteurs des filières** dans la transition agroécologique
- #3 Être un relai de connaissance** entre l'amont et l'aval des filières

Pour cela, un dispositif expérimental pluriannuel inédit, Openfield, a été déployé sur 13 ha, avec 4 itinéraires techniques différents (bas-carbone, réduction des traitements de protection des plantes, agriculture de conservation des sols et agriculture conventionnelle), 5 rotations représentatives de la ferme France et 14 cultures.

Dix-huit indicateurs, dont 7 spécifiques aux sols, permettent de suivre et d'évaluer chaque année, la performance agronomique, socio-économique et environnementale des 56 conduites culturales mises en place sur la plateforme.

4.1 Fixer et valider un jeu d'indicateurs commun **pour évaluer les sols agricoles**

Dans son rapport¹⁸, l'ADEME fait état d'une grande diversité dans le choix et le nombre d'indicateurs utilisés dans les diagnostics de sol. Identifier et certifier un jeu d'indicateurs commun s'avère donc indispensable pour favoriser leur utilisation sur le terrain. Les indicateurs retenus doivent être adaptés aux différents contextes pédoclimatiques, aux pratiques agricoles et aux objectifs du diagnostic. Des groupes d'experts techniques et scientifiques pourraient être constitués dans ce but.

NOTRE POSITIONNEMENT :

Agrosolutions et ses filiales-sœurs Fermes Leader et be Api, accompagnés de leurs nombreux partenaires, s'appuient sur la plateforme pluriannuelle Openfield et sur leur expertise pour :

- #1 Recenser les solutions existantes de diagnostic de la santé des sols et évaluer leur pertinence** selon différents critères : facilité d'utilisation, compréhension des résultats, coût, etc.
- #2 Tester et mesurer au champ les solutions** les plus pertinentes en vue de :
 - Réaliser un retour d'expérience quant à leur utilisation ;
 - Valider la robustesse des différentes méthodes d'analyse de l'activité biologique des sols.
- #3 Identifier les indicateurs adaptés à l'évaluation** de la santé des sols

¹⁸ ADEME, « Diagnostic de la qualité des sols agricoles et forestiers », juillet 2019.

4.2 Développer les référentiels d'interprétation des indicateurs

Afin de bien comprendre les résultats des indicateurs mesurés ou calculés et formuler un conseil pertinent sur les bonnes pratiques à déployer au champ, il est indispensable de développer des référentiels d'interprétation de ces indicateurs. Les données nationales du RMQS et des laboratoires d'analyses pourraient être mutualisées pour élaborer des référentiels nationaux et fixer une méthodologie commune d'interprétation.

Pour cela, une clarification préalable des conditions juridiques relatives à la mise à disposition de ces données s'avère essentielle¹⁹.

¹⁹ Christophe Calvaruso, Anne Blanchart, Sophie Bertin, 2019. Synthèse - Diagnostic de la qualité des sols agricoles et forestiers : indicateurs de suivi et stratégies de déploiement. 21 pages. [La librairie ADEME](#)

4.3 Sensibiliser, former, démontrer et **communiquer**

Les différents acteurs, qu'il s'agisse des agriculteurs, des conseillers et plus largement de la distribution, doivent être sensibilisés aux enjeux liés aux sols et doivent nécessairement s'approprier les méthodes de diagnostic de sol.

NOTRE POSITIONNEMENT :

Dans cette optique, Agrosolutions accompagné des autres filiales de Bioline by InVivo, expérimente sur Openfield et mesure au champ les bonnes pratiques pour favoriser la santé des sols, l'un des cinq grands enjeux travaillés sur cette plateforme pluriannuelle (**Tableau 1**).



	STOCKER DU CARBONE ET AUGMENTER LA MATIÈRE ORGANIQUE DANS LES SOLS 	LIMITER LA DÉGRADATION PHYSIQUE DES SOLS 	ACCROITRE LA FERTILITÉ BIOLOGIQUE DES SOLS 	PRÉSERVER LA DISPONIBILITÉ ET LA QUALITÉ DE L'EAU 	LIMITER LA POLLUTION DES SOLS 
IMPLANTATION DE COUVERTS VÉGÉTAUX EN INTERCULTURE ▶	✓	✓	✓	✓	
INTÉGRATION D'UNE PRAIRIE TEMPORAIRE OU DE LÉGUMINEUSE DANS LA ROTATION ▶	✓		✓	✓	
APPORT D'ENGRAIS ORGANIQUE ▶	✓		✓		
MODULATION DES APPORTS D'ENGRAIS AZOTÉS SUIVANT L'HÉTÉROGÉNÉITÉ DE LA PARCELLE ▶			✓	✓	
RÉDUCTION DU TRAVAIL DU SOL ▶		✓	✓		
STIMULATION DES PLANTES ▶			✓		
APPLICATION DE BIOCHAR ▶	✓		✓		✓
LIMITER L'APPLICATION DE PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES ▶			✓	✓	✓

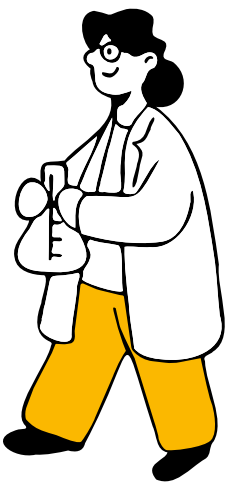


Tableau 1. *Pratiques déployées sur Openfield permettant d’améliorer la santé des sols et optimiser ainsi les fonctions rendues par les sols.*

Autant de leviers dont la performance est analysée finement au travers de différents indicateurs d’évaluation de la fertilité des sols et qui pourront être déployés ensuite par les agriculteurs sur leur exploitation. Les résultats sont diffusés en libre accès sur le site internet d’*Openfield by Bioline* et la plateforme est visitée annuellement par divers acteurs du secteur agricole (distributeurs agricoles, industriels agro-alimentaires, etc., soit 650 visiteurs en 2023) pour favoriser :

- #1 L’appropriation des résultats par les techniciens en vue d’une transposition en un conseil pertinent pour les agriculteurs ;
- #2 Leur intégration dans les cahiers des charges de production des filières agroalimentaires.

4.4 Inclure le diagnostic de santé des sols dans les outils et les démarches de conseil

Les acteurs de la recherche agronomique (INRAe, CIRAD, Instituts techniques, etc.) se mobilisent pour améliorer le transfert des connaissances actuellement disponibles via des outils synthétiques qui permettent de réaliser un diagnostic global de la santé des sols. L'objectif est de rendre le diagnostic plus abordable en termes de simplicité de mise en œuvre, de coût, d'interprétation et de conseil associé.

NOTRE POSITIONNEMENT :

Filiale-sœur d'**Agrosolutions**, **be Api**, véritable chef de file de l'agronomie de précision en France, propose depuis 2016, un diagnostic de sol intra-parcellaire. Cette démarche permet d'avoir une compréhension fine du fonctionnement des parcelles en vue de préserver la fertilité des sols et leur potentiel de production tout en modulant les apports d'engrais suivant l'hétérogénéité des sols.

Enrichie de la mesure de l'Azote Potentiellement Minéralisable (APM) et de la matière organique, cette solution permet d'appréhender les trois composantes de la fertilité des sols.

Une réflexion est également menée par **SMAG**, l'éditeur de logiciel de Bioline by InVivo et également filiale-sœur d'Agrosolutions, pour intégrer les indicateurs de santé des sols dans les outils de traçabilité des pratiques agricoles. L'objectif est de faciliter la compréhension et l'appropriation de ces indicateurs par les techniciens, favorisant ainsi leur traduction en conseils pratiques pour les agriculteurs.

4.5 Accompagner et soutenir les agriculteurs dans la réalisation des diagnostics

L'un des principaux freins à l'adoption d'un diagnostic de santé des sols par les agriculteurs est le coût de sa mise en œuvre. Il est nécessaire qu'une offre économiquement abordable soit proposée, avec une valeur de l'information fournie supérieure au coût d'acquisition. Afin de soutenir les agriculteurs dans la mise en place des diagnostics et dans leur suivi, des mécanismes de financements existent et peuvent être adaptés pour la protection de la santé des sols.

► *Financements publics :*

- #1** Conditionner l'octroi d'aide sur la réalisation de diagnostic de santé des sols avec par exemple, la mise en place d'une Mesure Agro-Environnementale et Climatique (MAEC) spécifique à l'amélioration de la santé des sols.
- #2** Faire financer les diagnostics de sols par les guichets nationaux et régionaux comme France 2030 et les Plan de Compétitivité et d'Adaptation des Exploitations agricoles (PCEAE).



► **Financements privés :**

- #1** Intégrer la bonne santé des sols dans le prix des productions avec un bonus de rémunération sous forme de Paiements pour Services Environnementaux (PSE) privés.
- #2** Développer la compensation carbone volontaire : le marché volontaire du carbone et les crédits carbone offrent des incitations financières pour soutenir des projets visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre et séquestrer du carbone dans les sols. Ces projets favorisent l'adoption par les agriculteurs, de pratiques culturales durables et participent à l'amélioration de la santé des sols.

NOTRE POSITIONNEMENT :

Agrosolutions et les autres filiales de Bioline by InVivo, accompagnent le secteur agricole dans la transition bas-carbone via :

- La réalisation de bilan carbone pour les exploitations agricoles avec **Carbon Tester** (diagnostic rapide) ou **Carbon Extract** (diagnostic approfondi), développés par Agrosolutions et SMAG, pour évaluer le potentiel de stockage de carbone dans les sols ;
- L'accompagnement des filières par Agrosolutions, dans la définition de leur feuille de route de décarbonation, avec notamment l'identification de leviers favorisant le stockage de carbone dans les sols agricoles ;
- La mutualisation des projets carbone des agriculteurs issus des coopératives de l'Union InVivo, via Carbon & Co. Les projets sont ainsi agrégés et tracés afin de vendre des crédits carbone reconnus par les cadres de certification comme le Label Bas-Carbone.

- #3** Contractualiser et développer les primes de filières : ces mécanismes permettent aux agriculteurs de sécuriser leurs revenus en participant à des accords contractuels et en recevant des primes liées à la production durable. En s'engageant dans de telles démarches, les agriculteurs peuvent bénéficier de financements complémentaires, favorisant ainsi la transition vers des modèles agricoles plus respectueux de l'environnement. A ce titre, les indicateurs de santé des sols et la réalisation de diagnostics doivent faire partie intégrante des cahiers des charges de production des filières agroalimentaires.

NOTRE POSITIONNEMENT :

Agrosolutions accompagne les industriels agroalimentaires sur le développement et le suivi de leurs cahiers des charges de production visant à améliorer la santé des sols.

Via la transmission ou la location des terres agricoles :

- Générer un certificat de sol au moment d'une transaction foncière afin d'informer les propriétaires et gestionnaires sur la santé des sols (mécanisme déjà pratiqué à l'étranger, dans les Flandres par exemple) ;
- Etablir des Baux Ruraux à clauses Environnementales (BRE)²⁰ : créés par la loi d'orientation agricole de 2006, le BRE permet d'inclure dans les baux, une ou des clauses sur le respect de l'état environnemental des terres louées. Ces clauses environnementales visent à orienter les pratiques agricoles vers la préservation de la ressource sol notamment. L'association Terres de Liens est aujourd'hui le principal prescripteur de BRE en France²¹ ;
- Indexer le prix du foncier : intégrer la santé des sols dans l'évaluation économique de la valeur des terres agricoles au moment de son achat comme de sa vente. Actuellement, seule la composante chimique est valorisée dans le prix d'une parcelle agricole.

²⁰ Petitdidier et Rochette, 2018. HUMUS Diagnostic participatif des sols. Notice d'utilisation. Apports théoriques et mise en œuvre. Terres de Liens, Mission Utilité sociale et environnementale, 106 pages.

²¹ Christophe Calvaruso, Anne Blanchart, Sophie Bertin, 2019. Synthèse - Diagnostic de la qualité des sols agricoles et forestiers : indicateurs de suivi et stratégies de déploiement. 21 pages. La librairie ADEME

5. Conclusion



Des sols fonctionnels, fertiles et vivants sont les garants de la production agricole et assurent une alimentation de qualité, la préservation des ressources naturelles mais également la viabilité économique des exploitations.

Véritable capital naturel, les sols agricoles en bonne santé fournissent un grand nombre de services bénéficiant à notre société et rendus par les agriculteurs en tant qu'acteurs économiques. Ces derniers doivent être accompagnés dans la pérennisation de la bonne santé des sols agricoles, fondement de la résilience climatique, et être reconnus et rémunérés pour les services d'intérêt général qu'ils fournissent.

En s'appuyant sur des mécanismes existants ou à développer comme les PSE, les primes filières ou encore les crédits carbone, les bonnes pratiques mises en place par les agriculteurs peuvent ainsi être valorisées financièrement pour concilier préservation de la santé des sols (et plus globalement des enjeux environnementaux), maintien de la production agricole, et viabilité économique des exploitations.



L'ESSENTIEL À RETENIR



RECOMMANDATIONS DE L'ADEME

#1 Identifier et certifier des jeux d'indicateurs communs adaptés aux différents contextes pédoclimatiques, aux pratiques agricoles et aux objectifs du diagnostic.

#2 Valider une méthodologie commune d'interprétation des résultats des indicateurs de santé des sols

#3 Elaborer des référentiels d'interprétation nationaux des indicateurs pour permettre la formulation de conseils opérationnels.

#4 Sensibiliser, former, démontrer et communiquer auprès des différents acteurs pour qu'ils s'approprient les méthodes de diagnostic.

#5 Inclure le diagnostic de santé des sols dans des outils et les démarches de conseil pour favoriser les bonnes pratiques.

#6 Accompagner financièrement les agriculteurs dans la réalisation de diagnostics de santé des sols via :

- Des financements publics : conditionnalité et/ou aides publiques ;
- Des financements privés : PSE privés, développement de la compensation carbone volontaire, contractualisation et primes de filière agroalimentaire et RSE ;
- La transmission et/ou les baux ruraux : Certificats de sol en bonne santé, baux ruraux à clauses environnementales, indexation du prix du foncier en fonction de la bonne santé des sols.



ACTIONS MISES EN PLACE PAR AGROSOLUTIONS ET SES FILIALES-SŒURS

Tester différents outils de diagnostic de la santé des sols au champ, sur la plateforme pluriannuelle **Openfield**.

S'impliquer dans des appels à projets coordonné par des acteurs de la recherche académique et instituts techniques en vue de transposer les connaissances générées sur le terrain (projet Agro-Eco-Sol porté par AUREA et Arvalis ; projet BIOSOL-EVAL porté par l'INRAe).

Expérimenter et mesurer les bonnes pratiques qui favorisent la santé des sols **pour les communiquer aux parties prenantes** (techniciens, distributeurs, IAA, etc.).

Réaliser des **diagnostics intra-parcellaires avec beApi** pour préserver la fertilité des sols. Encourager le calcul et l'interprétation d'indicateurs d'évaluation de la santé des sols au travers des **outils de traçabilité des pratiques agricoles de SMAG**.

Proposer des offres à impact positif pour inciter la transition.

Accompagner la mise sur le marché de crédits carbone pour soutenir les exploitations agricoles qui favorisent les pratiques culturelles durables.

Accompagner les industriels agroalimentaires dans le développement et le suivi de leurs cahiers des charges de production en vue d'y intégrer un volet sur la santé des sols.





agrosolutions
Édifier un monde durable