



Sols agricoles : pratiques et voies de transition pour améliorer les services écosystémiques rendus

Introduction :

Plus de 95 % de nos aliments sont directement ou indirectement issus des sols. Ce que l'on sait moins, c'est que les sols contribuent également à un éventail de services écosystémiques culturels, de régulation ou de soutien. Responsables du doublement de la production céréalière en à peine quatre décennies, les pratiques agricoles héritées de la Révolution verte ont considérablement amélioré la production alimentaire¹. Cependant, privilégiant une vision à court terme, elles ont favorisé cet accroissement du service d'approvisionnement au détriment des autres fonctions et services écosystémiques, compromettant ainsi probablement à plus long terme la capacité propre des écosystèmes à soutenir le secteur agricole lui-même². Le défi pour l'agriculture est donc de répondre à l'évolution rapide de la demande en nourriture, combustibles et fibres d'une population plus nombreuse et plus aisée, par des moyens écologiquement et socialement durables.

La gestion des terres agricoles exerce une forte influence sur les services écosystémiques dans l'Union européenne où elle affecte près de 40 pour cent du territoire. Aussi, une démarche nécessaire pour une meilleure gestion des terres consiste à quantifier et à mieux comprendre comment, sous diverses conditions environnementales, des pratiques agricoles différentes modifient l'ensemble des services écosystémiques. Ces derniers sont en effet corrélés de façon complexe et non linéaire, et des arbitrages entre les différents services sont couramment effectués³ (Figure 1). Synthétisant les résultats les plus marquants de quatre projets de recherche financés par le réseau SNOWMAN, ce document de Politique générale évalue les conséquences de diverses pratiques de fertilisation et de travail du sol sur les multiples services écosystémiques d'approvisionnement, de régulation et de soutien. Il traite en outre des outils et voies possibles à même de favoriser la transition vers une gestion durable des sols agricoles.

Principales conclusions

- Comparée à une fertilisation minérale, l'application régulière de produits résiduels organiques améliore la biodiversité du sol, sa fertilité, l'atténuation du changement climatique et la régulation hydrique tout en maintenant, voire en accroissant, le rendement et la qualité des récoltes.
- Le travail réduit du sol améliore les services écosystémiques de régulation et de soutien ainsi que la biodiversité du sol. Ses effets sur la production culturale sont plus variables, de l'ordre de - 10 % à + 7 %, et fortement liés au type de culture et aux autres pratiques culturales. Certaines cultures montrent exclusivement des effets neutres à positifs sur le rendement.
- Le compostage des produits résiduels organiques réduit considérablement les risques sanitaires liés à leur application.
- Les experts scientifiques et techniques ainsi que les outils d'aide à la décision jouent un rôle déterminant en facilitant la concertation et la coopération des acteurs autour d'une réalité partagée.
- Des politiques suffisamment souples qui accordent plus d'autonomie aux exploitants et aux acteurs locaux peuvent favoriser un changement plus rapide de la gestion des sols.
- Les enjeux liés au sol exigent encore une forte sensibilisation et peuvent nécessiter d'être intégrés à des problématiques environnementales plus larges pour favoriser l'adhésion des acteurs.

Principales recommandations

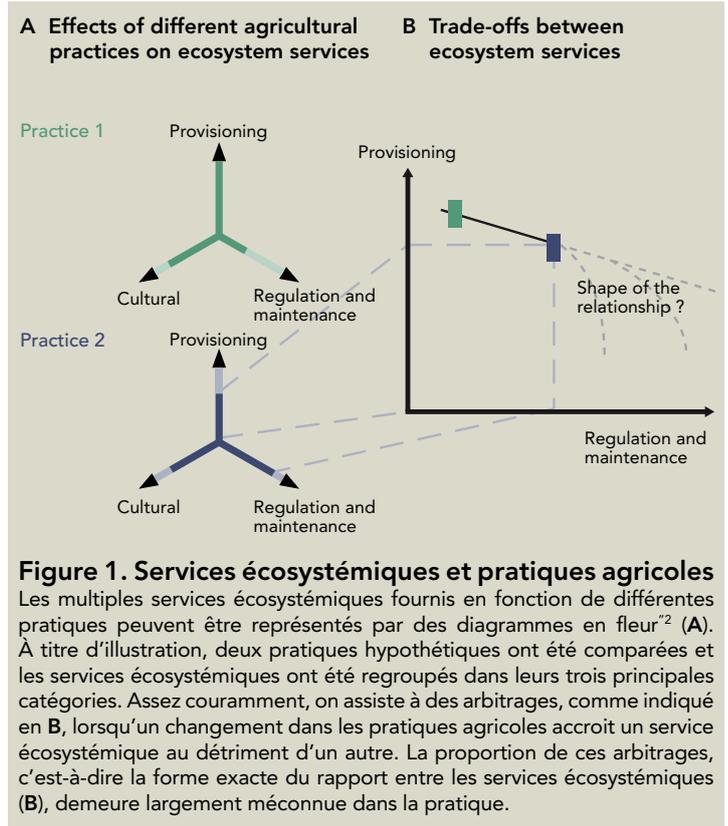
- ▶ Encourager la **substitution progressive de tout ou partie des engrais minéraux par des produits résiduels organiques**
- ▶ Encourager le **compostage** des sous-catégories de **produits organiques résiduels comportant des risques sanitaires d'origine bactérienne**
- ▶ Encourager une **réduction de la profondeur et de la fréquence de travail du sol**
- ▶ Engager une **action soutenue de sensibilisation et d'intégration des enjeux liés aux sols dans les politiques environnementales et agricoles**
- ▶ Renforcer la **transmission du savoir et l'assistance technique** afin de promouvoir la transition vers une gestion durable des sols

1. Quantification des services écosystémiques et des arbitrages

Contenu et méthodologie

Deux projets SNOWMAN portaient sur les effets de diverses modalités de fertilisation et d'intensité de travail du sol sur les services écosystémiques (Encadré 1). Le projet ECOSOM a comparé six produits résiduaux organiques (PRO) sur des parcelles d'essais de longue durée en France (régions île de France et Alsace). Les polluants organiques persistants ont également été analysés dans des échantillons de terrain en Suède. Le projet SUSTAIN a rassemblé les données collectées durant 15 ans en France (Bretagne) et durant 5 ans aux Pays-Bas (Flevoland, Hoeksche Waard) dans le but de comparer six pratiques de travail du sol allant du labour conventionnel au semis direct. Grâce à un réseau étendu de parcelles expérimentales et agricoles, la comparaison a été effectuée en conditions d'agriculture biologique et conventionnelle, mais aussi en conditions de fertilisation organique et minérale.

Les effets sur la biodiversité du sol, le cycle des nutriments, la régulation hydrique, la régulation climatique, la contamination des sols et la production culturale ont été étudiés à la fois séparément et de manière agrégée afin de comparer les impacts quantitatifs des pratiques agricoles sur les arbitrages entre services écosystémiques (Figure 1).



Encadré 1 : Pratiques étudiées dans le cadre des projets ECOSOM et SUSTAIN

Fertilisation (ECOSOM)

Fertilisation minérale

6 produits résiduaux organiques (PRO) :

- BIO** : Compost de biodéchets
- BOUE** : Boue d'épuration
- DVB** : Boue compostée avec des déchets verts
- FUM** : Fumier de ferme
- FUMC** : Fumier de ferme composté
- OMR** : Compost d'ordures ménagères

Travail du sol (SUSTAIN)

Conventionnel : labour profond (25 cm) au moyen d'une charrue à versoirs

5 formes de travail réduit :

- Labour superficiel au moyen d'une charrue à versoir (15 cm)
- Travail du sol sans retournement (profond 15 - 20 cm ; superficiel 8 cm)
- Travail minimum (8 cm)
- Semis direct (**sans travail du sol**)





Biodiversité du sol et cycle des nutriments

En cohérence avec la littérature scientifique^{4,5}, une **application répétée de PRO stimule la biomasse bactérienne du sol** (40 % d'augmentation après 7 applications de PRO). Cet effet positif est plus important sur les bactéries nitrifiantes, qui transforment l'azote organique en nitrates utilisables par les plantes, que sur les populations dénitrifiantes, qui produisent du N_2O à partir des nitrates. Une application régulière de **PRO améliore donc la fertilité du sol** sans accroître significativement les émissions de gaz à effet de serre (cf. Régulation climatique). Comparé au labour conventionnel, le **travail réduit du sol ne modifie pas la biomasse microbienne totale**, mais modifie sa distribution spatiale, en concentrant les micro-organismes à la surface du sol (+ 19 % dans l'horizon

0 - 15 cm du sol après 10 ans de travail minimum). **Les PRO et le travail réduit du sol ont des effets positifs sur les populations de lombrics**. La densité d'individus est multipliée par 3 à 6 selon le type de PRO et, dans la plupart des cas, la biomasse croît de + 40 à + 60 % g/m^2 en conditions de travail réduit du sol. Le travail réduit du sol augmente la richesse et la régularité des espèces en favorisant les lombrics anéciques et épigéiques. Se nourrissant des résidus en surface, ces **catégories écologiques de lombrics accélèrent la décomposition de la matière organique**. Les espèces anéciques, qui forment de profondes galeries verticales dans le sol, **améliorent également la capacité d'infiltration hydrique du sol**.



Régulation hydrique

La matière organique du sol étant positivement associée à la réserve utile en eau⁶, l'apport de **PRO augmente légèrement la disponibilité en eau pour les plantes** (jusqu'à 4 mm pour DVB – cf. Encadré 1 – sur un total de 59 mm dans l'un des essais ECOSOM). En augmentant la limite de plasticité du sol, les PRO **réduisent également le risque de tassement du sol** dû à l'utilisation d'engins lourds sur les sols agricoles (cf. Encadré 2). Le projet SUSTAIN a confirmé que **les systèmes de travail réduit du sol diminuaient à la fois l'érosion et le transfert d'éléments** (pesticides et phosphore particulaire) grâce à une meilleure couverture du sol par les plantes et les résidus végétaux. Les expériences

montrent en effet globalement une réduction de 70 - 90 % des phénomènes d'érosion et de transferts d'éléments. **En termes de ruissellement des eaux et donc de transfert de pesticides et de nutriments solubles**, les études ont révélé de **fortes variations en fonction des cultures**. Le ruissellement était considérablement plus faible en cultures de printemps (ex. maïs) avec un travail réduit du sol, qu'en cultures d'hiver (ex. blé), en raison, d'une part, des conditions spécifiques à la saison (humidité du sol élevée, événements pluvieux plus marqués) et, d'autre part, d'une porosité accrue par le travail du sol.



Régulation climatique

L'apport en PRO accroît le stockage de carbone du sol. Selon le type de PRO, les stocks de carbone du sol dans les 30 premiers cm augmentent de 40 à 50 t C/ha (OMR) et de 40 à 60 t C/ha (FUM, BIO & DVB) après 20 ans d'apport en PRO. Pour une application annuelle de 1 t C/ha, ceci représente un accroissement annuel de 0,2 t C/ha et par an (OMR), 0,4 t C/ha (FUM) et 0,5 t C/ha (BIO & DVB) t C/ha⁷. Sur les sites SUSTAIN considérés, après 5 et 10 ans, le **travail réduit du sol n'a eu aucun effet significatif sur les stocks en carbone du sol** mais modifie sa répartition : la matière organique a tendance à s'accumuler de en surface du sol.

Les résultats des projets mettent en évidence que les pratiques de fertilisation ont un impact plus fort sur les émissions de N_2O que les conditions de travail du sol. En effet, il est établi que les émissions de N_2O liées à la réduction du travail du sol, **généralement plus élevées au moment du changement de système, se réduisent après une dizaine d'années** (- 26 %)⁸. **Les PRO libèrent très peu de N_2O dans l'atmosphère** (Facteur d'Émission potentielle $FE < 0,3\%$ de l'apport azoté ; mesuré en laboratoire) **comparés aux engrais minéraux** ($FE = 1\%$)⁹, sauf pour les BOUE ($FE > 1,5\%$).



Dysservices dus aux PRO : contamination des sols

Le projet ECOSOM a mis en évidence des souches bactériennes (*E. coli*) révélant une contamination fécale et des gènes de résistance aux antibiotiques dans certains PRO. **Le compostage des PRO réduit considérablement la concentration en *E. coli* et en gènes de résistance** (d'un facteur de 5 à 400). Sur le court terme, le compostage peut réduire le potentiel fertilisant des PRO, mais sur le long terme leur effet positif sur la fertilité du

sol est maintenu. La concentration en polluants organiques persistants (POP) et en éléments traces demeure en deçà des seuils réglementaires dans tous les sols amendés, mais leur accumulation potentielle sur le long terme doit être surveillée. En accroissant le pH du sol, les PRO réduisent néanmoins la mobilité des éléments traces et donc leur disponibilité vis-à-vis des plantes.



Production de biomasse

Diverses publications ont déjà montré que **pour la majorité des cultures, les rendements ne sont pas statistiquement différents entre fertilisation organique et minérale**^{10,11}. Le projet ECOSOM a démontré en outre qu'un **apport suffisant de PRO génère des rendements plus élevés qu'un apport d'engrais minéral** (Figure 2A).

Des analyses globales regroupant différents types de cultures, climats, sols et pratiques montrent que **l'impact d'un travail réduit du sol sur la production est généralement négatif** de l'ordre de - 5 %^{5,12,13}. Le projet SUSTAIN a mis en évidence que ces modifications de rendement **sont toutefois éminemment variables, de négatives à positives**, et qu'elles sont étroitement **dépendantes des cultures, de l'année et des autres pratiques mises en oeuvre** (Figure 2B). En réalisant une moyenne au cours du temps, le travail réduit du sol n'a pas eu de conséquence sur le rendement des cultures

telles que le colza ou l'association trèfle-graminées, ce qui confirme qu'en l'absence de travail du sol les rendements atteignent ceux obtenus en conditions de labour conventionnel pour les oléagineux et les légumineuses¹⁴. Pour le blé, les rendements étaient en moyenne 10 % inférieurs en semis direct, mais ils retrouvaient les valeurs obtenues en labour conventionnel dans le cas d'un travail réduit du sol (site expérimental en France, Figure 2B). En agriculture biologique, un travail du sol sans retournement et un travail minimum du sol ont accru les rendements en blé de printemps de 7 % en moyenne (site expérimental aux Pays-Bas). En cohérence avec la littérature scientifique^{12,15}, les effets négatifs d'un travail réduit du sol sur les rendements étaient plus faibles et moins fréquents par comparaison avec des pratiques de labour de profondeur croissante.

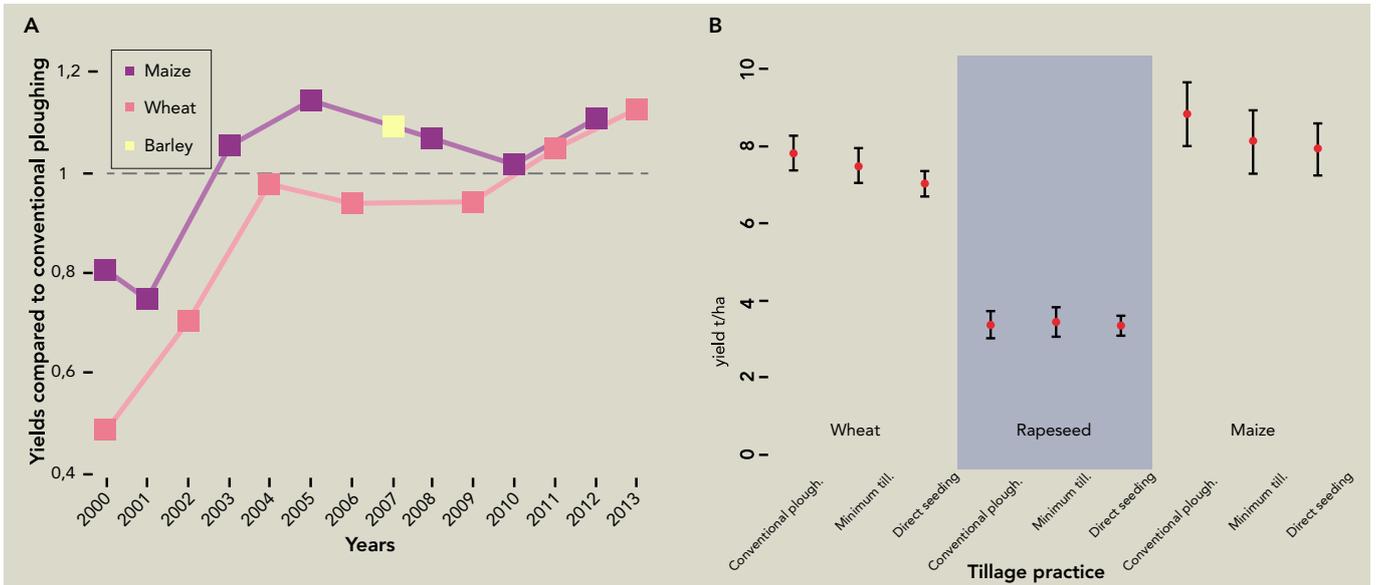


Figure 2. Effets de la fertilisation et des pratiques de travail du sol sur les rendements

A : Évolution temporelle du ratio de rendements obtenus en conditions de fertilisation organique exclusive (DVB) par rapport à ceux obtenus en conditions de fertilisation minérale (projet ECOSOM). Les ratios pour le blé, le maïs, et l'orge sont indiqués dans des couleurs différentes. Les valeurs supérieures à 1 indiquent de meilleurs rendements pour la fertilisation organique.

B : Comparaison des rendements moyens mesurés en labour conventionnel, travail réduit du sol et semis direct pour le blé, le colza et le maïs (projet SUSTAIN site expérimental en France). Les barres d'erreur indiquent les intervalles de confiance à 95 % pour les estimations sur les effets des pratiques de travail du sol. La seule différence statistiquement significative ($\alpha = 5\%$) s'observe pour le blé entre labour conventionnel et le semis direct ($p < 0,01$).





Résumé

Les approches agrégées permettent une comparaison des effets des pratiques agricoles sur de multiples services écosystémiques (Figure 3). Comparée à une fertilisation minérale, une fertilisation organique répétée et adéquate améliore le cycle des nutriments, l'atténuation du changement climatique, la régulation hydrique et maintient la production culturale (Figure 3A). En conséquence, la **substitution de l'azote minéral par les PRO est bénéfique. Le choix d'un PRO en particulier résultera d'un arbitrage entre les services écosystémiques de régulation et de soutien.** Par exemple, les composts de biodéchets (BIO) sont moins efficaces en termes d'amélioration de la biodiversité du sol, mais ils devront être privilégiés chaque fois que l'état sanitaire du sol sur le court terme est jugé prioritaire.

Un travail réduit du sol améliore les services de régulation et de soutien étudiés dans le cadre du projet SUSTAIN, mais ses résultats sur les rendements sont plus variables, incluant des effets négatifs, neutres et positifs (Figure 3B). De tels résultats permettent de **mieux adapter les mesures incitatives** lorsque les forts effets positifs sur un éventail de services écosystémiques sont insuffisants, **en comparaison des diminutions de rendement de 5 à 10 %, pour inciter les exploitants à réduire le travail du sol.**

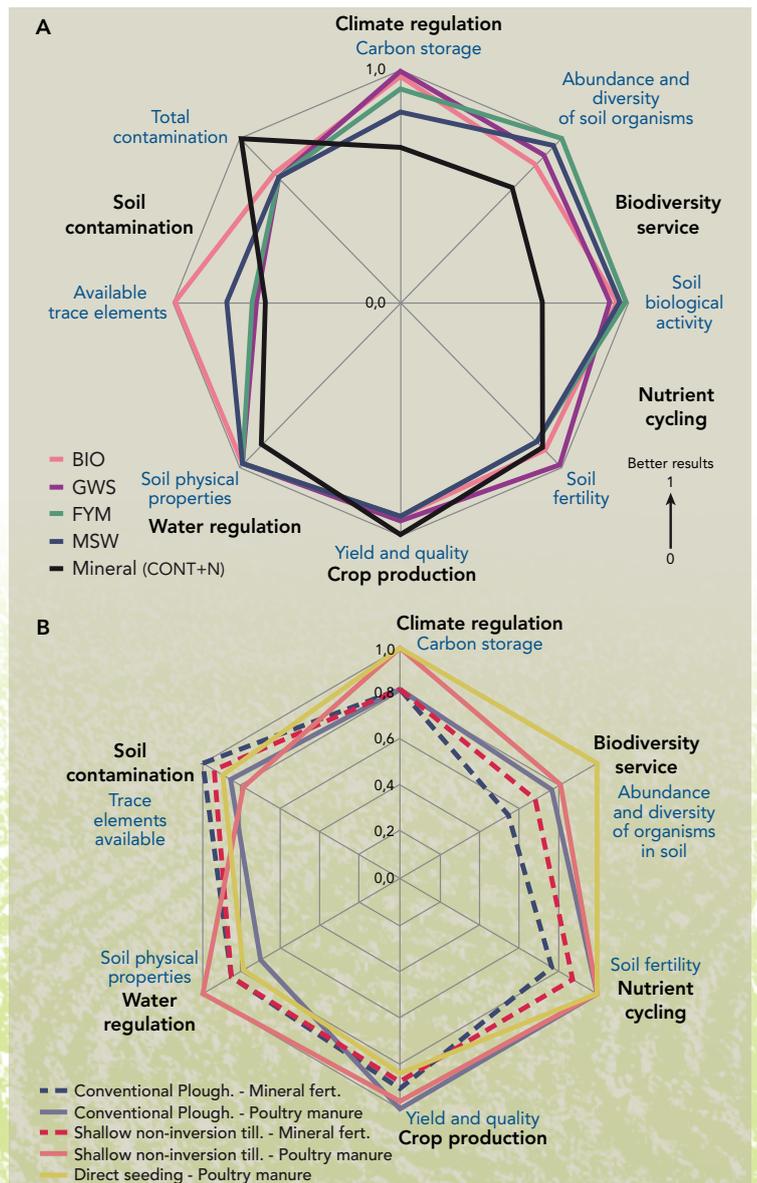


Figure 3. comparaison multicritère des pratiques agricoles.

A : fertilisation minérale vs 4 fertilisations organiques (projet ECOSOM)
B : Trois pratiques de travail du sol (projet SUSTAIN). D'après les données expérimentales, chaque pratique est évaluée en fonction de six paramètres, correspondant à la production culturale et à 5 services écosystémiques de régulation et de soutien. Les scores les plus élevés correspondent aux services écosystémiques rendus les plus élevés. Pour chaque paramètre, les scores sont normalisés, afin que la meilleure pratique, au sein de celles étudiées dans le projet, se voit attribuer la valeur maximale de 1. Il est à noter que les méthodes d'évaluations (A et B) sont différentes, de sorte que les graphes ne peuvent pas être comparés directement. La régulation climatique compte ici uniquement au regard des changements dans les stocks en carbone du sol.

2. Encourager la transition vers une gestion durable des terres cultivées

Contenu et méthodologie

Certains projets SNOWMAN ont permis d'identifier des options de gestion durable des sols. Mais quelles politiques publiques et interventions privées peuvent promouvoir la transition vers de telles pratiques ? Le projet RAISOILCOMP, axé sur la sensibilisation, a permis de développer un outil d'aide à la décision pour réduire le tassement du sous-sol (cf. Encadré 2). Le projet SUSTAIN portait sur des enquêtes sociologiques en France (Bretagne) afin d'identifier les motivations et obstacles, pour les exploitants, à réduire le travail du sol. Enfin, le projet SAS-STRAT avait pour objectif d'analyser la gestion durable de la qualité des sols sous l'angle de la transition des systèmes sociotechniques en comparant trois études européennes de cas (Encadré 3).



Encadré 2 : Éviter le tassement du sol

Le tassement du sol est reconnu par la Commission européenne¹⁶ comme l'une des principales menaces vis-à-vis des sols dans l'UE. Les techniques de labour conventionnel ne permettant pas de décompacter les sols aux profondeurs où ils sont atteints, le tassement est donc quasi irréversible. **Il réduit en qualité et en quantité le rendement cultural** en diminuant l'aération du sol, en limitant le développement du système racinaire et sa capacité à absorber les nutriments. Aujourd'hui, près de **32% des sous-sols d'Europe sont rendus très vulnérables** au tassement, principalement du fait de la circulation accrue d'engins plus lourds dans les champs humides.

Le projet RAISOILCOMP a montré que les exploitants en Suède, au Danemark et en Belgique sont sensibles à cette question et que certains ont déjà modifié leurs pratiques. Cependant, les pertes financières dues au **tassement du sol sont sous-documentées et le coût des mesures pour l'atténuer est important**. Ceci pourrait expliquer pourquoi la plupart des exploitants sont réticents à agir. **Les mesures d'atténuation incluent le travail réduit du sol, le recours à des chenilles et l'utilisation de produits résiduels organiques (PRO)**. En effet, même si le poids des épandeurs de PRO tend à compacter le sol, l'application d'engrais organiques accroît à la fois la stabilité des agrégats du sol et la porosité de l'horizon superficiel (projet ECOSOM).

Afin d'aider les exploitants dans leur processus de décision et de les sensibiliser, le projet a porté sur la diffusion d'un outil appelé **TERRANIMO®** qui permet de **modéliser et de prédire les risques de tassement du sol** (Figure 4) en fonction des engins de l'exploitant et des paramètres édaphiques. Il est **disponible en six langues**, dont l'anglais, l'allemand et le néerlandais sur www.terranimo.dk.

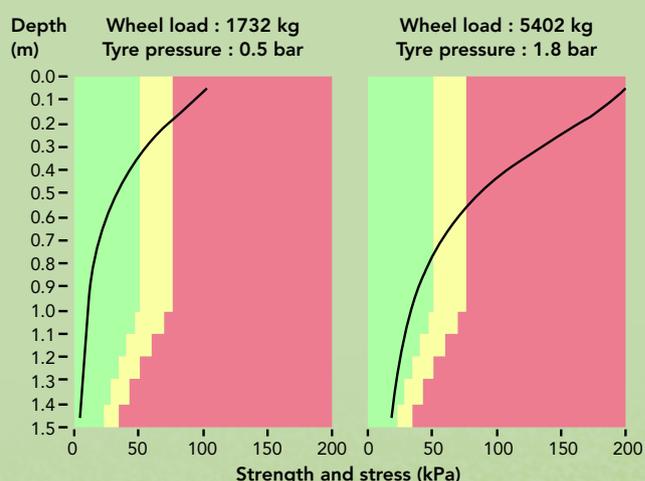


Figure 4: Résultats de Terranimo pour deux engins différents.

Les tracés en noir indiquent la contrainte verticale dans le sol en fonction de la profondeur. Le tracé devrait se situer dans la partie verte pour éviter le tassement et dans la partie jaune pour éviter un tassement sévère.



Encadré 3 : Stratégies de gestion de la qualité des sols agricoles : études de cas (projet SAS-STRAT)

Pays	Pays-Bas	France	Belgique
Région	Nord de la Hollande	Normandie	Wallonie
Principaux acteurs	La coopérative fromagère CONO, partenaire avec une entreprise de crème glacée (Ben & Jerry's) et son programme de développement durable « Caring Dairy »	Deux syndicats mixtes de bassins versants (de l'Austreberthe et du Saffimbec) et l'Association régionale pour l'étude et l'amélioration des sols (AREAS), en Haute Normandie, aidant à la lutte contre les inondations, l'érosion et le ruissellement	Une association d'agriculteurs (Greenotec) dont l'objectif est de promouvoir la transition vers une agriculture de conservation, caractérisée par une perturbation minimale du sol, un couvert végétal permanent des sols et une rotation des cultures.
Approche	Axée sur le marché	Territoriale	Apprentissage collectif – réseau d'exploitants
Principe	La coopérative accorde des primes aux membres qui adoptent des pratiques durables, comme la rémunération complémentaire des exploitants 0,0025 € / kg lait (~1 500 € / an pour une exploitation de taille moyenne) pour réduire de moitié leur utilisation d'engrais phosphatés	Co-diagnostic prospectif visant à impliquer les acteurs dans la résolution des problématiques stratégiques complexes (audit patrimonial ¹⁷)	En échangeant leurs pratiques, les exploitants cessent de considérer le labour comme un impératif. Le déploiement de l'agriculture de conservation intervient dans une niche émergente dans le cadre de l'agriculture conventionnelle
Processus de transition	S'adapter et se conformer : l'innovation de la niche se développe de telle façon qu'elle s'adapte et se conforme à un environnement de sélection relativement inchangé (marché du lait)	S'étendre et transformer : processus qui restructurent les environnements de sélection traditionnels en faveur de la niche	
		Efforts de co-construction d'une voie de transition réunissant de multiples acteurs en vue d'une gestion intégrée des sols, des inondations et de l'érosion	Rupture normative et cognitive dans la perception des exploitants, de « simple substrat » le sol en vient à être considéré comme « un écosystème vivant »
Outils	Visual Soil Assessment ¹⁸ . D'utilisation au champ aisée pour les exploitants, il permet une évaluation rapide et peu coûteuse de la qualité des sols et de la durabilité de l'exploitation.	Entretiens semi-directifs avec les principaux acteurs et réunion de restitution	Réseau de plus de 200 personnes : visites de terrain, conseils, résultats de recherche, bulletin d'information et retour d'expérience personnelle des exploitants. Contrats avec les municipalités confrontées aux coulées de boues
Indicateurs de changement	L'utilisation des engrais phosphatés a chuté de 8 kg P ₂ O ₅ /ha en 2013 à 5,3 en moyenne en 2014, avec un objectif de 4 en 2015.	Élaboration d'un processus collectif, d'un langage commun et d'un forum. Restés latents dans l'étude de cas.	D'une poignée d'exploitants dans les années 1980, l'agriculture de conservation a été adoptée par 10 % d'entre eux au total, et par près de 20 % des producteurs de blé d'hiver.



Résumé

Les études de cas (Encadré 3) ont révélé un fort verrouillage sociotechnique dans le régime de l'agriculture conventionnelle qui peut être surmonté par des stratégies adaptatives (Pays-Bas) ou transformatives (Belgique) dépendant du contexte, du modèle d'action collective et de sa légitimité. Le changement peut en effet être facilité en influençant le contexte global politique, social et économique des activités d'exploitation, mais aussi en soutenant les niches d'innovation, telles que l'agriculture de conservation. Dans les deux cas, **les politiques publiques qui accordent plus d'autonomie aux exploitants et aux acteurs locaux et intègrent suffisamment de flexibilité s'avèrent les plus à même de promouvoir le changement.**

Dans le cas particulier du travail réduit du sol, le projet SUSTAIN a montré que le **gain en temps et en coûts de carburant** étaient les **principales motivations au changement**. Les bénéfices agronomiques et environnementaux ne sont pas l'élément déclencheur, mais ils sont de plus en plus reconnus et contribuent au maintien des pratiques.

Les exploitants expriment également leur **besoin en un réseau plus solide et en conseils techniques**, lesquels jouent un rôle crucial. Les scientifiques et les experts contribuent à la sensibilisation, soutiennent l'apprentissage collectif et apportent des outils techniques déterminants. Au-delà de l'appui aux **décisions** des exploitants, **des outils** tels que *Terranimo* (cf. Encadré 2) ou *Visual soil assessment* jouent le rôle "d'objets intermédiaires"¹⁹. Ces outils **aident à structurer le dialogue et facilitent la concertation de multiples acteurs autour d'une réalité partagée.**

Le projet SAS-STRAT a pointé que les **problématiques des sols devaient être intégrées plus largement dans la gestion (du territoire ?)** pour être pleinement prises en compte par tous les acteurs qui influent sur la qualité des sols. Tout élargissement du sujet peut être pertinent, dans la mesure où il peut mobiliser les acteurs et embrasser toutes les dimensions de la qualité des sols.

Conclusions

Adapter les pratiques agricoles peut améliorer l'ensemble des services écosystémiques rendus, mais des conseils techniques et des mesures incitatives peuvent être nécessaires pour que les exploitants arbitrent entre les différents services écosystémiques. La substitution d'engrais minéraux par des produits résiduels organiques assure l'amélioration ou le maintien de tous les services écosystémiques étudiés dans les projets SNOWMAN, à l'exception, dans certains cas, de l'état sanitaire des sols. Le risque sanitaire d'origine bactérienne peut être réduit grâce au **compostage**. Un travail réduit du sol améliore les services écosystémiques de régulation et de soutien, tandis que ses effets sur la production de biomasse sont plus variables. Cependant, la **diminution de la profondeur et de la fréquence du travail du sol est généralement bénéfique**, si elle s'accompagne d'une gestion adaptée de la matière organique (cultures de couverture, résidus de cultures, rotation culturale, déchets organiques, etc.) et d'une réflexion contextualisée aux cultures, types de sol et climat local.

Une forte sensibilisation sur l'étendue et l'impact de la dégradation des sols reste nécessaire, notamment en ce qui concerne le tassement. En parallèle, la prise en compte des principaux enjeux liés au sol au travers des politiques, y compris la politique agricole commune, est recommandée. Déjà déterminants, la transmission du savoir et les conseils techniques devraient être renforcés pour favoriser une transition plus rapide vers une gestion durable des sols. Les solutions incluent une formation adaptée des scientifiques et des experts, facilitant l'engagement des universités dans les activités d'échange du savoir; appuyant les forums d'apprentissage collectif et intégrant le rôle de médiation propre aux outils d'aide à la décision dans leur conception et leur développement.



À propos du réseau SNOWMAN



Le réseau SNOWMAN est un regroupement transnational d'organisations de financement de la recherche et d'administrations dans le domaine de la gestion durable des sols en Europe. Assurant une interface science-politique-pratique, il vise à combler l'écart entre la demande et l'offre de connaissances.

Le présent résumé pour décideur fait partie d'une série de documents présentant les principaux résultats des 17 projets de recherche européens financés par le réseau entre 2006 et 2015.

Plus d'information sur www.snowmannetwork.com.



RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Mann, C. C. (1999) *Science*, 283(5400): 310-314.
2. Foley J. (2005) *Science*, 309:570
3. Bennett, E.M. et al. (2009) *Ecology letters*, 12(12): 1394-1404.
4. Kladvik, E. J. (2001) *Soil and Tillage Research*, 61(1):61-76.
5. Büemann, E. et al. (2006) *Aust. J. Soil Res.*, 44(4) :379.
6. Hudson, B. D. (1994) *J. of Soil and Water Conservation*, 49(2) : 189-194.
7. Peltre, C. et al. (2012) *Soil Biol. and Biochem.*, 52 :49-60.
8. Van Kessel, C. et al. (2012) *Global Change Biol.*, 19(1):33-44.
9. IPCC (2006) IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
10. Herencia, J. et al. (2007) *Agronomy Journal*, 99(4), p.973.
11. Körschens, M. et al. (2013) *Archives of Agronomy and Soil Science*, 59(8):1017-1040.
12. Van den Putte, A. et al. (2010) *Eu. J. of Agronomy*, 33(3):231-241.
13. Pittelkow, C. M. et al. (2015) *Nature*, 517(7534):365-368.
14. Pittelkow, C. M. et al. (2015) *Field Crops Research*, 183:156-168
15. Arvidsson, J., et al. K (2014) *Eu. J. of Agronomy*, 52:307-315.
16. European Commission, COM(2006)231.
17. Ollagnon, H. (1997) In Agriculture-Environment interactions: which tools for assessment? Proceedings (pp. 72-81).
18. Sonneveld, M. P. W. et al. (2014) *Soil use and management*, 30(2):263-271
19. Vinck, D., & Jeantet, A. (1995) *Designs, networks and strategies*, 111-129.

Projets SNOWMAN

ECOSOM: Houot, S. et al. (2015) Soil organic matter as a key factor in the provision of soil ecosystem services.

SUSTAIN: Pérès, G., Pulleman, M. et al. (2015) Soil functional biodiversity and ecosystem Services, a transdisciplinary approach.

RAISOILCOMP: Hack-ten Broeke, M. et al. (2014) Raising awareness on the impact of subsoil compaction.

SAS-STRAT: Baudé, S. et al. (2014) Sustainable agriculture and soil: comparative study of strategies for managing the integrated quality of agricultural soils in different regions of Europe.

Rapports complets disponibles sur www.snowmannetwork.com

AUTEURS : Gwenaëlle Podesta, Jurgis Sapijanskas

RÉVISION : Stéphane Baudé, Mirjam Hack-ten Broeke, Sabine Houot, Safya Ménasséri, Simon Moolenaar, Fiona Obriot, Guenola Pérès, Miriam Pulleman, Gilles Rayé, Hélène Soubelet, Laure Vieublé Gonod

ICÔNES : Iconathon, Ema Dimitrova, Modik & OCHA du Noun Project

CRÉDITS PHOTO : Photo de couverture par amira_a ; image en filigrane modifiée d'après la photo de INRA

CONCEPTION GRAPHIQUE : studioplay.fr