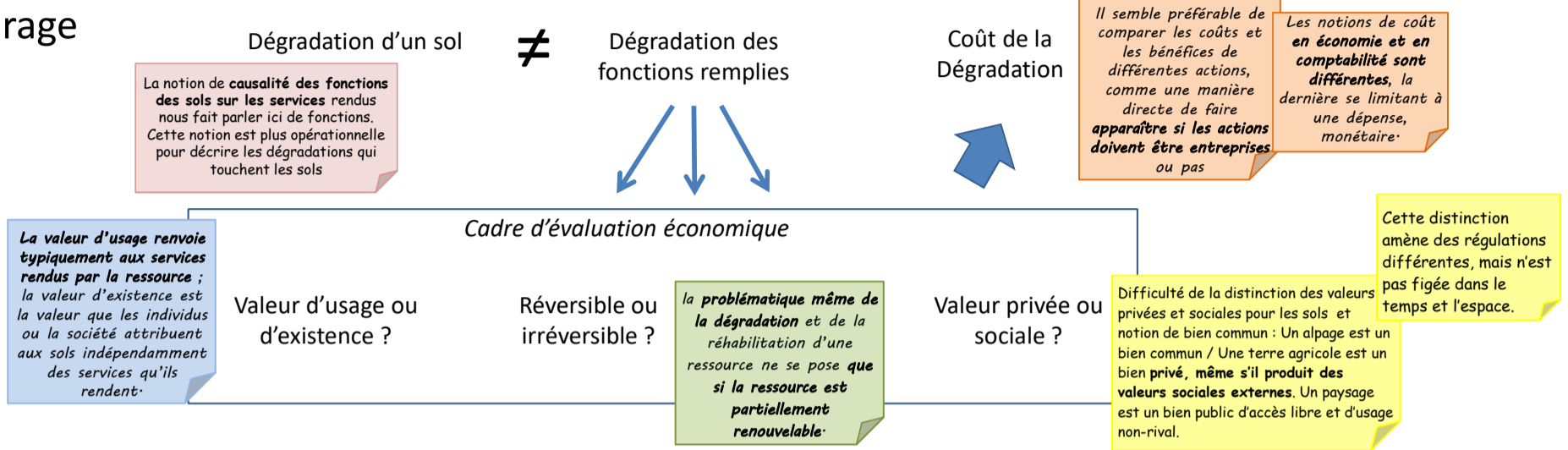


RÉSUMÉ

De nombreuses activités humaines modifient les propriétés des sols et leur capacité à remplir des fonctions et services pour la société. Le concept de dégradation des sols regroupe l'ensemble des modifications qui nuisent aux fonctions et services rendus par les sols. Nous présentons dans cet article des éléments de cadrage sur la définition et la mesure du coût de la dégradation des sols, nous proposons des outils permettant de comparer les différentes dégradations, et nous illustrons ces éléments par deux études de cas en agriculture et en forêt. Nous parvenons à la conclusion que la traduction des dégradations des sols en coûts n'est actuellement pas opérationnelle pour guider les décisions privées et publiques, et espérons que notre travail permette d'avancer sur cette question.

Éléments de cadrage



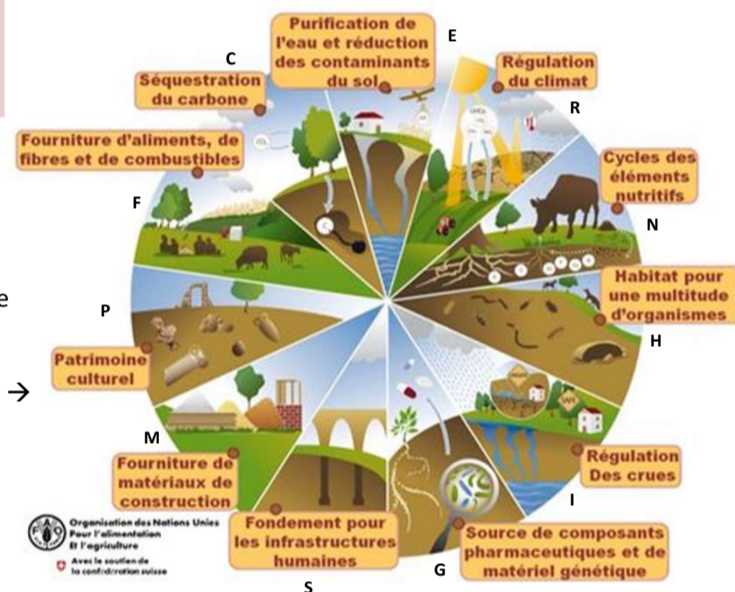
Propositions pour un outil d'analyse

Pertinence d'une mesure agrégée du coût de la dégradation des sols	Variabilité des coûts et bénéfices dans le territoire : une approche déterminante
<ul style="list-style-type: none"> quantifications des coûts de la dégradation des sols à l'échelle globale ou par région du monde (FAO, 2018 ; IPBES, 2018 ; Banque mondiale, 2018). contextes locaux de plus en plus intégrés (Diaz et al., 2018) <p>La pertinence d'une telle valeur agrégée doit être questionnée, face à l'objectif de « sensibiliser les acteurs aux enjeux de protection / gestion durable des sols » : ce type de statistique ne renvoie pas à des décisions clairement posées. Le coût agrégé de la dégradation se référant à l'absence totale de dégradation des sols = objectif ni atteignable, ni souhaitable.</p> <p>Actions plus restrictives = plus concrètes, à évaluer économiquement (ZAN, retournement des prairies, réhabilitation). Il semble préférable de poser des questions plus concrètes en termes d'actions ; nous proposons d'orienter la problématique vers l'évaluation de certaines pratiques ou politiques publiques.</p>	<p>Plus qu'une valeur agrégée des coûts, il nous semble important de pouvoir disposer d'ordres de grandeurs sur la variabilité des coûts, la variance des bénéfices et leur corrélation dans l'espace. Ces statistiques sont considérées comme déterminantes pour définir des stratégies de lutte plus explicites (ex : Ay, 2015), avec des effets sur la justice environnementale (ex : Gamper-Rabindran & Timmins 2011) ou une liste des priorités à partir de laquelle les coûts et bénéfices pourraient être évalués dans une logique de sélection des actions à entreprendre</p>

Vers un outil multidimensionnel de mesure de la dégradation des sols

Chercher à définir « qu'est-ce qu'un bon sol ? » suscite immédiatement une question en guide de réponse « pour quoi faire ? ». D'où notre approche centrée sur les fonctions que la Société attribue aux sols ; ces fonctions sont souvent raisonnées en tant que services rendus à l'écosystème dont nous faisons partie.

Nous avons choisi les 11 services écosystémiques proposés par le Millenium Ecosystem Assessment (FAO, 2005) →

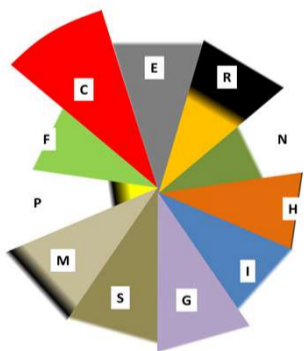


Type de dégradation	Impact fonctionnel
Erosion	Perte d'épaisseur au point de départ Accumulation au point d'arrivée Diminution du stock de C
Perte MO	Modification de l'activité biologique Modification de la structure
Imperméabilisation	Diminution de l'infiltration verticale Augmentation du ruissellement Asphyxie
Pollution (contamination)	Accumulation d'éléments nocifs Modification de l'activité biologique Modification de l'activité biologique
Salinisation	Modification du fonctionnement chimique Perte de stabilité structurale
compaction	Modification de l'activité biologique Modification de la structure Imperméabilisation
Baisse biodiversité	Modification de l'activité biologique Modification du fonctionnement physico-chimique du sol
Glissements de terrain (éventuellement en lien avec les inondations)	Augmentation ou diminution du pH
Perte ou accumulation (eutrophisation) d'éléments nutritifs	Modification du fonctionnement physico-chimique du sol Modification de l'activité biologique

← Parmi les dégradations que subissent les sols, nous nous sommes fortement inspirés de la liste proposée dans la Directive du Parlement Européen (/ * COM/2006/0232 final - COD 2006/0086 *) , décrivant 8 dégradations des sols, à laquelle nous avons ajouté une 9^{ème} dimension de dégradation chimique (notamment pH et minéraux)

Pour tenir compte de l'hétérogénéité des impacts sur chaque fonction, nous proposons un protocole d'évaluation innovant :

- pour chaque sol concerné, estimer un potentiel naturel relatif à chacun des 11 services écosystémiques sur une échelle simplifiée de 1 (très faible potentiel) à 5 (très fort potentiel)
- selon les dégradations subies par ce sol, estimer l'impact de chaque dégradation (perte de MO et érosion par exemple) sur les 11 services écosystémiques
- combinaison de ces impacts pour donner un taux résiduel à chaque service ; ce taux est appliqué à sa valeur potentielle.
- dans le cas de mesures directes, injecter directement le taux résiduel mesuré
- synthétiser les estimations obtenues dans un graphe avec un niveau potentiel et un niveau résiduel, la différence entre les 2 montrant l'amplitude de l'impact (cf application numérique dans l'exemple ci-après)
- Pour renforcer l'effet graphique et communiquer avec un public moins habitué aux « radars », une représentation calquée sur la roue de la FAO peut être utilisée, la surface du secteur représentant le potentiel et la zone noire, la part dégradée (cf graphe en valeurs fictives , à droite) →



Etudes de cas

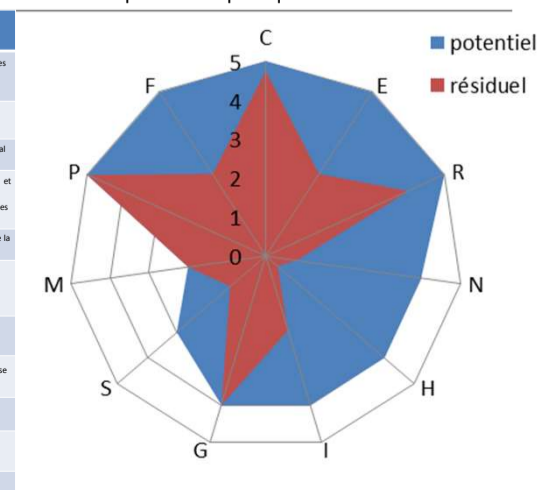
Mesures de la dégradation des sols forestiers liée à la compaction

Deux sites expérimentaux de suivi à long terme, intensif et multicritère, des effets du tassement en forêt depuis 2007 (INRA et ONF).

Ils permettent de tester la quantification, par fonction, de la dégradation causée par un même porteur forestier de 25 t. La dégradation pour une fonction donnée varie en fonction du site et de l'indicateur choisi pour la quantifier. Il est également difficile de noter le potentiel intrinsèque des sols avant compaction. Par exemple, les deux sites sont sur des sols pauvres avec de fortes productivités. On peut donc les noter comme ayant un bon potentiel en termes de cycles des éléments nutritifs, mais faible pour produire d'autres matières végétales que du bois.

Cependant, l'ensemble des données collectées peut aider à noter qualitativement le potentiel et le pourcentage de dégradation par fonction, afin de visualiser les impacts environnementaux et socio-économiques de la compaction de sols forestiers (tableau et figure ci-dessous). Cet outil permet de synthétiser des données pluridisciplinaires, de manière certes imparfaite (expertise nécessaire, donc subjectivité) mais en permettant une prise de conscience de l'impact d'une pratique sur les fonctions des sols.

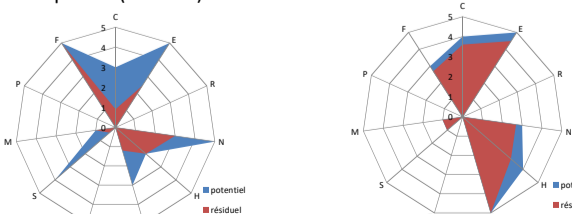
fonction	potentiel intrinsèque	dégradation	source de données
C	5	5%	pas de différences significatives de teneur en Corganique 3 ans après tassement (baisse des flux de CO2 mais productivité végétale moindre => compensation?, effets à plus long terme), modifications de la composition en carbone dissous dans l'eau du sol
E	5	50%	Goutal et al., 2013 et Bonnaud et al., 2019 : conditions anaérobiques => mobilité Fe, Zn et Mn, changement composition de l'eau du sol
R	5	20%	Epron et al., 2016 : diminution de la capacité du sol forestier à absorber le méthane. Goutal et al., 2013 : taux de survie et productivité moindre du peuplement forestier
N	4	80%	Bottinelli et al., 2014 : modification de la structure du sol => modification de la dynamique et de la composition chimique de l'eau du sol (Bonnaud et al., 2019) ; modification de l'aération du sol (Goutal et al., 2013) => modification de l'enracinement et la circulation des éléments nutritifs dans l'écosystème
H	4	90%	Bottinelli et al., 2014, Goutal et al., 2012 : perte de 90% des vers de terre et diminution de la respiration du sol
I	4	50%	Bonnaud et al., 2019 : dans le témoin, la nappe temporaire est entre 40 et 50cm de profondeur, dans le tassé la nappe perchée temporaire est en surface, plus fréquente et dure plus longtemps (imperméabilisation du sol via la compaction et l'ornièrage)
G	4	0%	pas de données
S	3	60%	Goutal-Pousse et al., 2016 : effet de la compaction sur le gonflement-retrait, prise en masse de sol limoneux après tassement (site de Clermont-en-Argonne)
M	2	0%	pas de données
P	5	0%	pas de données
F	5	50%	diminution du taux de survie après plantation et diminution de la croissance en hauteur (Goutal et al., 2013)



Perceptions de la dégradation des sols agricoles au sein d'un territoire

L'objectif était de mobiliser l'expertise spontanée des acteurs locaux (agriculteurs, élus, techniciens de syndicats) autour de la notion de fonction des sols et de leur dégradation sur des territoires ruraux très divers : (i) polyculture-élevage dans un territoire de 29 communes aveyronnaises, (ii) maïsiculture irriguée sur une aire d'alimentation de captage dans la plaine de l'Adour, (iii) diversification et mutation agricole dans des communes du carmausin.

Une approche progressive est tout d'abord nécessaire pour recueillir des réponses étayées (élaboration d'un champ lexical partagé, spatialisation des sols sur le territoire, utilisation du schéma MEA, attribution de fonctions à des types de sols, enfin évocation de la dégradation des sols). Il en résulte une série de représentations en radar, associées à une localisation géographique sur le territoire et aux types d'acteurs mobilisés : sur la figure ci-dessous, un exemple de la perception des agriculteurs de la dégradation d'un même type de sol liée à des inondations dans la plaine de l'Adour, sur une parcelle en monoculture de maïs (à gauche) et une parcelle de prairie (à droite).



Cet outil s'avère très bien perçu pour comparer des parcelles entre elles. Ce procédé est en effet déjà utilisé pour les prises de décisions en matière foncière. Mais toutes les fonctions des sols ne sont pas exprimées. On constate en effet que la perception des dégradations des sols est liée à une hiérarchisation des représentations du sol et de ses services, qui sont elles-mêmes une fonction du type de territoire et du type d'acteur. Il serait ainsi intéressant de tester cet outil, notamment dans des espaces plus urbains.