



HAL
open science

Le sol est-il un écosystème ?

Jean-François Ponge

► **To cite this version:**

| Jean-François Ponge. Le sol est-il un écosystème ?. 2012. <hal-00746119>

HAL Id: hal-00746119

<https://hal.science/hal-00746119v1>

Preprint submitted on 27 Oct 2012

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons CC0 1.0 - Universal - International License

Le sol est-il un écosystème ?

27 octobre 2012

par Jean-François Ponge

Muséum National d'Histoire Naturelle, CNRS UMR 7179, 4 avenue du Petit-Château, 91800 Brunoy
(France), e-mail : ponge@mnhn.fr

Un recensement des articles utilisant l'expression « écosystème-sol » (en anglais *soil ecosystem*) et publiés dans des revues scientifiques d'audience internationale¹ met en évidence 787 articles. Ce chiffre indique que la notion d'écosystème appliquée au sol n'est pas nouvelle, l'article le plus ancien datant de 1958 et étant paru dans la prestigieuse revue américaine ECOLOGY (Auerbach 1958). Pourtant, rapporté à l'ensemble des travaux portant sur le sol (436 744 articles) et l'écosystème (124 903), voire même traitant des deux à la fois (31 511), le nombre de 787 paraît bien faible, indiquant une certaine réticence à considérer le sol comme un écosystème. Vérité ou erreur, examinons le problème à la lumière de l'évolution des connaissances sur le sol et les écosystèmes.

La notion d'écosystème, de Tansley à aujourd'hui

Le mot écosystème (*ecosystem*) apparaît pour la première fois dans un article de Tansley (1935), qui le définit comme une entité incluant un ensemble d'organismes en interaction **et** le milieu physique dans lequel ces interactions se développent. Tansley indique explicitement qu'aucune limite de nature et de taille n'est attribuée aux écosystèmes même si les exemples qui suivent concernent essentiellement la végétation, la spécialité de cet auteur. Tansley introduisait ainsi une rupture par rapport aux conceptions de son temps, dominées par la pensée de Clements (1916), qui attribuait aux « sociétés végétales » le caractère d'un « super-organisme », en oubliant une composante essentielle, le milieu physique, incluant à l'époque le sol comme support de la végétation. La notion d'écosystème est restée ensuite relativement peu utilisée, étant même « boudée » par le monde européen (continental) au profit des unités établies par la phytosociologie (associations, alliances, etc...) sur la base de la classification linnéenne des organismes vivants (espèces, genres, familles, etc...).

Les travaux d'Odum (1963) replacent cette notion dans le cadre de la bioénergétique et appliquent à l'écosystème les principes de la thermodynamique, dans un souci de quantification des transferts de

¹ Interrogation effectuée sur le Web of Knowledge (http://en.wikipedia.org/wiki/Web_of_Knowledge) le 26 octobre 2012. La recherche porte sur le titre, le résumé et les mots-clés des articles recensés.

matière et d'énergie. Dans la conception d'Odum, largement popularisée en Europe par Duvigneaud (1974) et à l'origine des nombreux développements du Programme Biologique International (PBI), l'écosystème est une unité de base de la nature, en quasi autosuffisance car ne nécessitant que des apports d'énergie (solaire essentiellement) pour se maintenir en équilibre et perdurer. La restriction est de taille, puisqu'elle implique une indépendance de l'écosystème vis-à-vis de son environnement immédiat. Cette notion a connu un très grand succès car elle a permis d'effectuer des bilans comptables (*balance sheets*), en recensant les organismes vivants présents « à l'intérieur » d'une enveloppe déterminée et en mesurant leur respiration, leur consommation de nutriments, leur production de matière, etc... De telles unités de base constituent en outre des unités de gestion « chiffrables », d'où le développement ultérieur des notions de gestion de l'écosystème (*ecosystem management*). Dans l'optique « odumienne », la délimitation d'un écosystème (non plus sur le papier mais sur le terrain) est une opération particulièrement délicate, puisque l'on doit accepter ou rejeter telle ou telle entité perceptible sur le terrain comme relevant ou non de cette conception. Dans cette optique, qui a longtemps dominé l'écologie, le sol ne peut pas être considéré comme un écosystème, puisqu'il dépend entièrement de la végétation pour ses apports de matière organique, le « carburant » de ses habitants.

Qu'en est-il aujourd'hui ? Depuis les travaux du PBI, qui ont suscité un énorme effort d'inventaire du monde vivant, de l'équateur aux pôles, du monde marin aux plus hauts sommets des montagnes, la notion d'écosystème a été largement diffusée auprès du grand public, de même que, plus récemment, la notion de biodiversité, via les grandes réunions internationales qui ont suivi le Sommet de la Terre de Rio (1992), largement relayées par la presse. La recherche en écologie a progressé en parallèle avec cette médiatisation de notions autrefois manipulées avec une relative prudence par les scientifiques. Les développements les plus spectaculaires ont concerné la reconnaissance de la non-indépendance des unités reconnues comme unités de base par Odum. L'étude des milieux terrestres a permis d'établir l'interdépendance et le renouvellement permanent des « motifs » qui composent les forêts, les bassins versants (ensemble des milieux reliés par un réseau hydrographique commun), les paysages et, surtout, la part énorme d'indécision apportée par les phénomènes de dispersion, d'immigration et d'extinction des organismes vivants. L'écosystème n'est donc plus un « vase clos », où chaque organisme assure les fonctions pour lesquelles il est programmé, il devient une entité largement ouverte à l'extérieur et éminemment changeante (Tilman 1999). La prise de conscience des changements intervenant au niveau du globe terrestre, notamment l'effet de serre et ses conséquences écologiques particulièrement dramatiques, a par ailleurs largement contribué à ouvrir la « boîte de Pandore » que constituait l'écosystème « odumien ».

Le sol, un écosystème emboîté et emboîtant

Dans un chapitre d'ouvrage paru en 1969, Arthur Koestler décrit le concept de « holon », correspondant à un emboîtement d'unités fonctionnelles permettant de comprendre comment un organisme fonctionne de manière autorégulée (Koestler 1969). Au-delà des organismes (le sujet sur lequel il était censé « plancher » au cours d'un congrès de biologie) il décrit l'univers comme une série d'environnements emboîtés à l'infini. Sa conception hiérarchique a connu un vaste succès en biologie, même si son auteur reste surtout connu pour son roman philosophique « Le zéro et l'infini », et l'écologie du paysage lui a fait de larges emprunts, sans le dire. Cette vision, introduisant une

dimension que l'on pourrait qualifier de « verticale », à l'image de la « dimension fractale » de Mandelbrot (1975), présente l'avantage d'envisager un voyage à travers les échelles de perception que découpe le scientifique (ou le gestionnaire) lorsqu'il considère un système qu'il souhaite étudier ou sur lequel il souhaite agir. La conception de Koestler sous-entend que l'on ne peut pas considérer un niveau de perception sans prendre en compte le niveau immédiatement supérieur, et ainsi de suite...

L'aspect hiérarchique de la vision d'Arthur Koestler ignore cependant l'existence d'aller-retour constants à travers les échelles ainsi définies, en particulier il ne prend pas en compte la réversibilité et le caractère instable de l'emboîtement, dès lors que l'on s'adresse aux « écosystèmes », qui sont loin d'être des machines faites d'éléments clairement discernables. Voyons l'exemple des forêts nord-américaines de la côte Pacifique, qui voient aujourd'hui proliférer notre lombric terrestre, inconnu sur ce continent jusqu'à la colonisation européenne et qui vient seulement d'arriver dans les vastes forêts de conifères de la Colombie britannique, de l'Oregon, du Washington et du nord de la Californie, au bout sa longue « conquête de l'ouest » (Cameron et al. 2012). Dans son milieu d'origine, le sapin de Douglas est la clef de voûte d'un écosystème forestier, dont le cycle est millénaire et dont le renouvellement est conditionné par le feu : en l'absence de vers de terre fousseurs, ce conifère accumule une énorme quantité de matière organique qui ne se dégrade que très difficilement, bloquant ainsi toute perspective de régénération : tant que le feu n'a pas détruit cette couche impropre à l'installation des semis mais riche en azote et en de nombreux nutriments, l'écosystème forestier ne se régénère pas. L'arrivée de notre ver fousseur est en train de modifier totalement les conditions régnant au niveau du sol et il est très probable que les paysages forestiers de ces états vont changer au cours des prochaines décennies : selon la conception d'Arthur Koestler, qui est emboîté dans qui ? Auparavant entièrement dépendant du couvert arboré, le sol devient, au moins le temps d'une « révolution », le maître d'œuvre de l'écosystème, celui qui bouscule les équilibres, et non plus celui qui en dépend.

Une conception non-hiérarchique de l'emboîtement, plus proche de la réalité observable et reposant entièrement sur des conceptions matérielles, a été établie par Ponge (2005), faisant reposer toute réalité discernable sur la notion d'émergence et autorisant, pour paraphraser une fable célèbre, « la grenouille à se faire aussi grosse que le bœuf », selon le principe de l'amplification. Comment se place notre sol dans cette nouvelle vision des écosystèmes ? Par la nature diverse de ses composants (les êtres vivants qui l'habitent, temporairement ou durablement, y compris les racines des plantes), son atmosphère, ses éléments minéraux et organiques, l'eau qu'il renferme, les fonctions qu'il assure via les nombreuses interactions entre ses composants (réseaux trophiques, altération minérale, décomposition, humification) et ses limites visibles (la surface du sol, comprenant la litière de nos forêts, la profondeur au contact de la roche-mère), le sol est bel et bien un système, et bien entendu un système ouvert². Par son caractère vivant, établi par de nombreux travaux recensés par Gobat et al. (2010), et les services que le caractère vivant du sol rend à la planète (Lavelle et al. 2006), il s'agit bien d'un écosystème au sens de Tansley. Il s'inclut naturellement au sein de l'écosystème au sens d'Odum (écosystème forestier, écosystème prairial, etc...), dont il est une part essentielle sur le plan fonctionnel et dont il constitue la « mémoire » (Schaefer 2011). Au moment de la régénération forestière il acquiert même un rôle dominant (Ponge et al. 1998) : on peut alors dire que, bien que physiquement emboîté dans l'écosystème au sens d'Odum, sur un plan purement fonctionnel ce dernier est emboîté dans le sol à certains moments de son développement.

² On trouvera de nombreuses informations sur les définitions et les propriétés des systèmes dans la page Wikipédia consacrée à ce sujet [<http://fr.wikipedia.org/wiki/Syst%C3%A8me>]

D'autres écosystèmes existent et s'emboîtent dans le sol. Citons la rhizosphère (la partie du sol directement influencée par les racines), les agrégats (amas de matière organique et/ou minérale, renfermant de nombreux micro-organismes). Par exemple, l'extrémité en croissance des racines est le siège de nombreuses interactions entre la plante (qui apporte ses exsudats), la microflore du sol (qui en tire son énergie et son carbone, minéralise l'humus et altère la matière minérale environnante) et les animaux qui se nourrissent de la microflore et contribuent à minéraliser la biomasse microbienne, permettant ainsi à la plante de se nourrir d'éléments minéraux assimilables (Bonkowski 2004). De nombreux autres exemples existent, que l'on trouvera rassemblés et détaillés dans l'ouvrage de Gobat et al. (2010), et qui établissent l'existence de nombreux écosystèmes à l'intérieur du sol, même si le mot « écosystème » n'y est pas prononcé...

Bibliographie

- AUERBACH (S.I.), 1958. The soil ecosystem and radioactive-waste disposal to the ground. *Ecology*, 39, 522-529.
- BONKOWSKI (M.), 2004. Protozoa and plant growth: the microbial loop in soil revisited. *New Phytologist*, 162, 617-631.
- CAMERON (E.K.), ZABRODSKI (M.W.), KARST (J.) & BAYNE (E.M.), 2012. Non-native earthworm influences on ectomycorrhizal colonization and growth of white spruce. *Écoscience*, 19, 29-37.
- CLEMENTS (F.E.), 1916. *Plant succession: an analysis of the development of vegetation*. Carnegie Institution of Washington, Washington.
- DUVIGNEAUD (P.), 1974³. *La synthèse écologique: Populations, communautés, écosystèmes, biosphère, noosphère*. Doin, Paris.
- GOBAT (J.M.), ARAGNO (M.) & MATTHEY (W.), 2010. *Le sol vivant : bases de pédologie, biologie des sols*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne.
- KOESTLER (A.), 1969. Beyond atomism and holism: the concept of the holon. In: *Beyond reductionism: new perspectives in the life sciences*, eds. A. KOESTLER & J.R. SMYTHIES. Hutchinson, London, pp. 192-231.
- LAVELLE (P.); DECAENS (T.); AUBERT (M.); BAROT (S.); BLOUIN (M.); BUREAU (F.); MARGERIE (P.); MORA (P.) & ROSSI (J.P.), 2006. Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology*, 42, S3-S15.
- MANDELBROT (B.), 1975. *Les objets fractals, survol du langage fractal*. Flammarion, Paris.
- ODUM (E.P.), 1963. *Ecology*. Holt, Rinehart & Winston, New York.

³ L'édition de 1980, richement illustrée, est plus connue et a été largement diffusée dans le monde universitaire, et bien au-delà.

- PONGE (J.F.), 2005. Emergent properties from organisms to ecosystems: towards a realistic approach. *Biological Reviews*, 80, 403-411.
- PONGE (J.F.), ANDRÉ (J.), ZACKRISSON (O.), BERNIER (N.), NILSSON (M.C.) & GALLET (C.), 1998. The forest regeneration puzzle. *BioScience*, 48, 523-530.
- SCHAEFER (V.H.), 2011. Remembering our roots: a possible connection between loss of ecological memory, alien invasions and ecological restoration. *Urban Ecosystems*, 14, 35-44.
- TANSLEY (A.G.), 1935. The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology*, 16, 284-307.
- TILMAN (D.), 1999. The ecological consequences of changes in biodiversity: a search for general principles. *Ecology*, 80, 1455-1474.