

Préface

Les éditions scientifiques ISTE ont constitué un domaine éditorial pluridisciplinaire intitulé : « Système Terre – Environnement » et, dans ce cadre, nous présentons aujourd'hui une série d'ouvrages intitulée *Les sols*, coordonnée par Christian Valentin, dans le cadre du groupe « Sols » émanant de l'Académie d'agriculture de France.

Les objectifs de cette série d'ouvrages, consacrée à l'étude du rôle et du fonctionnement des sols au sein de la zone critique méritent quelques commentaires.

La zone critique (ZC), nommée *critical zone* en anglais, concept qui s'impose maintenant au niveau international, désigne le lieu des interactions entre l'atmosphère, l'hydrosphère, la pédosphère, ou *pedosphere* en anglais (couche la plus externe de la croûte terrestre, composée des sols et soumise aux processus de formation des sols, née des interactions avec les autres composantes de la surface), la lithosphère et les écosystèmes. En son sein se produisent des échanges essentiels d'eau, de matière et d'énergie, échanges qui interagissent avec les autres enveloppes, océaniques et atmosphériques, du système Terre. Sa très grande réactivité, physique, chimique et biologique, est un facteur essentiel de la régulation globale de ce système Terre.

Support de la vie, cette fine enveloppe est en forte interaction avec les activités humaines : agriculture, urbanisation, extraction des ressources, gestion des déchets, activité économique, etc.

Ce concept de zone critique (ZC) renouvelle totalement l'approche environnementale, permettant tout à la fois une vision intégrée, descriptive, explicative et prédictive du système Terre, de ses grands cycles biogéochimiques et de leur interaction avec le système climatique : la vision devient dynamique, explicative de l'ensemble des interactions, et ouvre la voie à une modélisation prédictive, nécessairement intégrée aux modèles globaux, avec une attention toute particulière portée au cycle hydrologique.

Au sein de la ZC, le sol est une composante fondamentale, avec un rôle prééminent sur le stockage, la dynamique et la transformation des éléments biogènes (C, N, P) et de tous les contaminants inorganiques, organiques ou microbiologiques, ce qui contribue à affecter intimement la quantité et la qualité de ressources essentielles à l'activité humaine : le sol, les eaux, la qualité de l'air.

Les sols reviennent ainsi sur le devant de l'agenda international du fait des grands défis que doit relever toute civilisation : production agricole, changements climatiques, changements et conflits d'usages (déforestations, urbanisation, accaparement, etc.), biodiversité, grands cycles (eau, C, N, P), pollutions, santé, déchets, économie circulaire, etc. Ils apparaissent dès lors légitimement dans les « objectifs de développement durable » (*Sustainable Development Goals*) des Nations unies à l'horizon 2030. En effet, l'ODD15 s'intitule : « Préserver et restaurer les écosystèmes terrestres, en veillant à les exploiter de façon durable, gérer durablement les forêts, lutter contre la désertification, enrayer et inverser le processus de dégradation des terres et mettre fin à l'appauvrissement de la biodiversité ».

L'étude des sols, au cœur de la zone critique, doit ainsi ne pas être abordée que par la science des sols, mais également par de très nombreuses disciplines des sciences de la terre, de la vie, des sciences humaines et sociales. Les sols, au centre d'interactions multiples, représentent un ensemble complexe, un nexus reliant les paramètres essentiels que sont l'alimentation, l'eau, l'énergie, le climat et la biodiversité.

Ces sols, à la structure, à la dynamique et au fonctionnement complexes, sont sensibles aux changements globaux qui y induisent des évolutions obéissant à des phénomènes de seuils et à des questions de résilience, ce qui implique, pour leur étude, de ne pas prendre en compte que les temps courts mais aussi les temps longs, comme l'a souligné le livre blanc sur les sols du CNRS en 2015 (www.insu.cnrs.fr/node/5432). Les dynamiques des grands cycles, notamment biogéochimiques, présentent des temps caractéristiques qui peuvent être séculaires, voire bien au-delà...

Il est incontestable que parmi les grandes composantes de l'environnement, les sols sont les moins bien connus du grand public, des pouvoirs publics, mais également des milieux académiques. Il devient dès lors primordial de fournir au plus grand nombre d'enseignants et d'étudiants les bases conceptuelles pour aborder les sols avec la complexité de leur nature, de leur fonctionnement, de leur diversité, ainsi que de leurs interactions avec les autres composantes, au sein de la zone critique.

C'est ce à quoi se sont attachées les réflexions, les analyses et les perspectives menées par tous les auteurs de cette série, scientifiques de haut niveau d'expertise internationale dans leur discipline. Ils ont eu le souci de pratiquer une approche holistique de l'étude des sols, en portant une attention toute particulière aux aspects finalisables d'une science interdisciplinaire ouverte, au-delà de la seule communauté scientifique,

aux décideurs, aux gestionnaires et à tous ceux qui s'intéressent à l'évolution de notre planète, et d'adosser leur réflexion scientifique aux exigences de la formation et de la plus large diffusion des connaissances.

La série se présente sous la forme de six volumes :

– *Les sols au cœur de la zone critique : fonctions et services*, volume qui servira d'introduction générale ;

– *Les sols au cœur de la zone critique : enjeux de société* ;

– *Les sols au cœur de la zone critique : circulation de l'eau* ;

– *Les sols au cœur de la zone critique : qualité de l'eau* ;

– *Les sols au cœur de la zone critique : dégradation et réhabilitation* ;

– *Les sols au cœur de la zone critique : écologie*.

Enfin, il convient de rappeler que cette série a été élaborée pour l'essentiel au sein du groupe « Sols » de l'Académie d'agriculture de France, sous la houlette débonnaire, mais opiniâtre et ferme de Christian Valentin. Nous devons être reconnaissants à ce groupe de scientifiques et à son leader pour cette réalisation.

André MARIOTTI

Professeur émérite à l'université Pierre et Marie Curie

Membre honoraire de l'Institut universitaire de France

Coordinateur de la collection « Système Terre – Environnement », ISTE Editions

Introduction

Sans eau, pas de vie. Sans vie terrestre, pas de sols. Sans sols, pas de vie terrestre. Les relations entre l'eau, la vie et les sols sont beaucoup plus qu'une simple suite d'interactions ou de phénomènes aux interfaces. Il s'agit d'un système.

Lorsque l'homme explore l'Univers à la recherche d'autres formes de vie, que ce soit sur les autres corps du système solaire – Mars, les satellites de Jupiter ou de Saturne – ou sur les exoplanètes, il cherche l'eau à l'état liquide ou des preuves de son existence passée, telles qu'une stratification sédimentaire, des formations superficielles, preuves d'un ruissellement, d'une hydrographie.

Les propriétés particulières et fascinantes de l'eau jouent un rôle fondamental, notamment les liaisons hydrogène, réalité complexe masquée plus qu'expliquée par cette expression de « liaison hydrogène ». Pour l'eau, comme pour les sols, et par conséquent pour leurs interactions, il faut sans cesse passer du continu au discontinu.

L'eau liquide est constituée de molécules distinctes, mais ces molécules interagissent de proche en proche à très longue distance. Le calcul de ces interactions deux à deux, trois à trois, etc. par les méthodes *ab initio* dépasse très vite les possibilités de calcul, et il faut utiliser des propriétés moyennes, « macroscopiques », comme si l'eau était un milieu continu.

Les pédologues découpent les sols verticalement en horizons et latéralement en toposéquences, dénommant le tout « couverture pédologique ». Les propriétés varient continuellement, mais parfois changent d'une façon abrupte. Les transitions peuvent être progressives ou brutales. Parfois, les propriétés volumiques dominent, par exemple pour la réserve en eau, si importante pour la vie ; parfois, ce sont les changements aux

limites qui dominent, par exemple pour la perméabilité. Parfois, le sol doit être considéré comme constitué de grains ou d'agrégats distincts ; parfois, il est plus opportun de l'envisager comme un milieu continu, même s'il est hétérogène.

Le volume 3 de cette série, *Les sols au cœur de la zone critique 3* est consacré à la circulation de l'eau dans les sols, ce qui fait partie de l'hydrologie quantitative. Après un premier chapitre sur la physicochimie du système sol-eau, quatre chapitres sont consacrés aux flux d'eau dans les sols, à chaque fois considérés sous l'angle de la façon dont les sols, par leurs propriétés, orientent le devenir de l'eau : mouiller ou non les sols (chapitre 2), être absorbée par les plantes (chapitre 3), s'infiltrer ou ruisseler continuellement ou suivant des écoulements préférentiels (chapitre 4), se concentrer ou non dans certaines parties des vallées lors de crues et provoquer ou non des inondations, dont le caractère catastrophique résulte bien souvent de l'absence ou de l'insuffisance des mesures de prévention (chapitre 5).

Le volume 4 de cette série, *Les sols au cœur de la zone critique 4* est consacré à la qualité de l'eau, ce qui fait partie de l'hydrologie qualitative. Les transformations de la qualité de l'eau dans les sols sont la face cachée de la pédogenèse (chapitre 1) et influencent les grands cycles biogéochimiques à l'échelle du globe. La solution du sol change de composition, se charge de sels dissous, recharge les nappes, ressources d'eau potable. L'irrigation en zone méditerranéenne à semi-aride doit tenir compte de la qualité de l'eau pour éviter de saliniser les sols (chapitre 2). Les sols constituent ainsi un « système de transfert », et la gestion intégrée des bassins versants (chapitre 3) permet par exemple de maîtriser les flux de phosphore particuliers et dissous, responsables de l'eutrophisation culturelle, et ainsi de restaurer la qualité des eaux tout en protégeant les sols et ce qu'on appelle aujourd'hui globalement leurs services écosystémiques.

À tous les niveaux d'organisation de la matière, de l'atome à la molécule, et jusqu'à la Terre entière, aucune des approches d'éléments distincts ou de milieux continus (éléments de volume représentatifs) ne peut donner à elle seule la clef. Il faut sans cesse passer de l'une à l'autre, bien qu'elles soient logiquement exclusives ! C'est vrai aussi pour les êtres vivants, tantôt considérés individuellement, tantôt comme des ensembles de populations, parfois redondantes, qui assurent globalement des fonctions continues. Ces biocénoses habitent aussi des écosystèmes distincts, séparés par des limites, abruptes ou progressives elles aussi, appelées écotones.

L'hétérogénéité des sols n'est donc pas un écart à un milieu homogène idéal. C'est une caractéristique fondamentale du système sol-eau, dans toutes ses composantes, physique, chimique et biologique.