

Le sol, la peau de la Terre

Joseph Marchand, membre de la SAGA.

Cet article constitue une synthèse d'une intervention faite lors de la réunion d'octobre 2015 de la Commission du Quaternaire de la SAGA.

Définir le sol

Le sol, c'est l'interface à la surface des continents entre les couches superficielles de la Terre et tout ce qui est situé au-dessus.

En excluant le fond des océans et des mers (soit environ 70 % de la surface de la Terre !), les sols sont considérés comme « **la surface où l'on pose les pieds** », définition du Larousse encyclopédique de 1960.

Les sols sont de natures bien différentes selon les lieux et les époques : ceux des montagnes, des plaines, des volcans, des glaciers... celui des marais où les pieds risquent de s'enfoncer, sans oublier les **sols « artificiels »** résultat de l'urbanisation galopante (en France, progression de plus de 600 000 ha entre 2000 et 2006). Il faudrait aussi ajouter tous les « **paléosols** ».

L'étude des « **sols actuels** », formés sous le climat relativement stable des dix derniers millénaires, est déjà assez vaste sans faire intervenir les époques géologiques précédentes, bien que la surface des sols en soit largement tributaire.

Dans la vision humaine, le sol est aussi un objet de possession, difficile à partager : **Le droit du sol**, considéré comme la matérialisation de la Terre des Ancêtres. Le sol actuel visible, de nos régions tempérées, date des lendemains de l'introduction de l'agriculture, puis des transformations que l'humanité dans son expansion lui fait subir depuis cette époque pour se nourrir et s'industrialiser.

Si les Nations-Unis ont voulu faire de 2015 une « **Année du sol** », c'était surtout devant l'inquiétude relative à l'accroissement de la population humaine face aux pratiques agricoles et urbaines qui dégradent les sols. L'appel n'a pas été entendu, couvert par le bruit plus fort fait autour d'un sujet plus consensuel, plus facile à accepter : le changement climatique. L'avenir du sol est un sujet trop terre à terre !

Faut-il s'en préoccuper ? Si l'on regarde les statistiques des Nations-Unis de 2003 (figure 1, page sui-

vante) les plantations et les cultures couvrent environ 1 à 2 % de la surface des continents, alors que les terres arables couvrent 10 fois plus de surface et les forêts beaucoup plus encore. Peut-on oublier que le succès de la civilisation européenne est bâti sur la déforestation et la transformation des sols, souvent par le feu ? La terre arable (par définition celle qui peut être labourée et ensemencée) n'a pas partout la même qualité, mais il en reste !

La nature du sol

La surface des continents a évolué selon les époques géologiques (position vis-à-vis de l'équateur, tectoniques diverses, volcanisme... climat...). Pour la période actuelle, la seule que la pédologie, l'étude des sols, puisse aborder raisonnablement, étant corrélée à la présence de types de végétations aisément observables, de la toundra à la forêt équatoriale, est la **latitude** (figure 2).

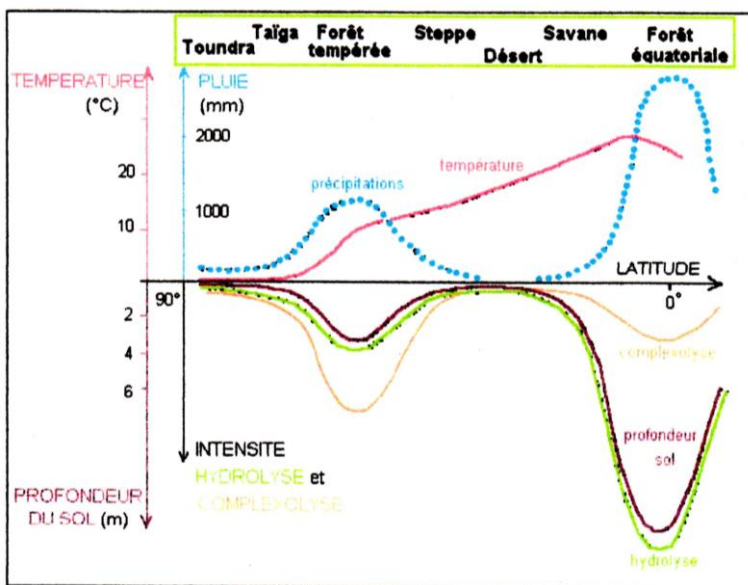


Figure 2. Pédogenèse selon la latitude (extrait de Beauchamp, 2008).

Selon la température, les précipitations et les autres facteurs climatiques : le vent qui apportera les poussières d'érosion (le lèss), les alluvions des fleuves, sur des roches de natures chimiques et de constitutions

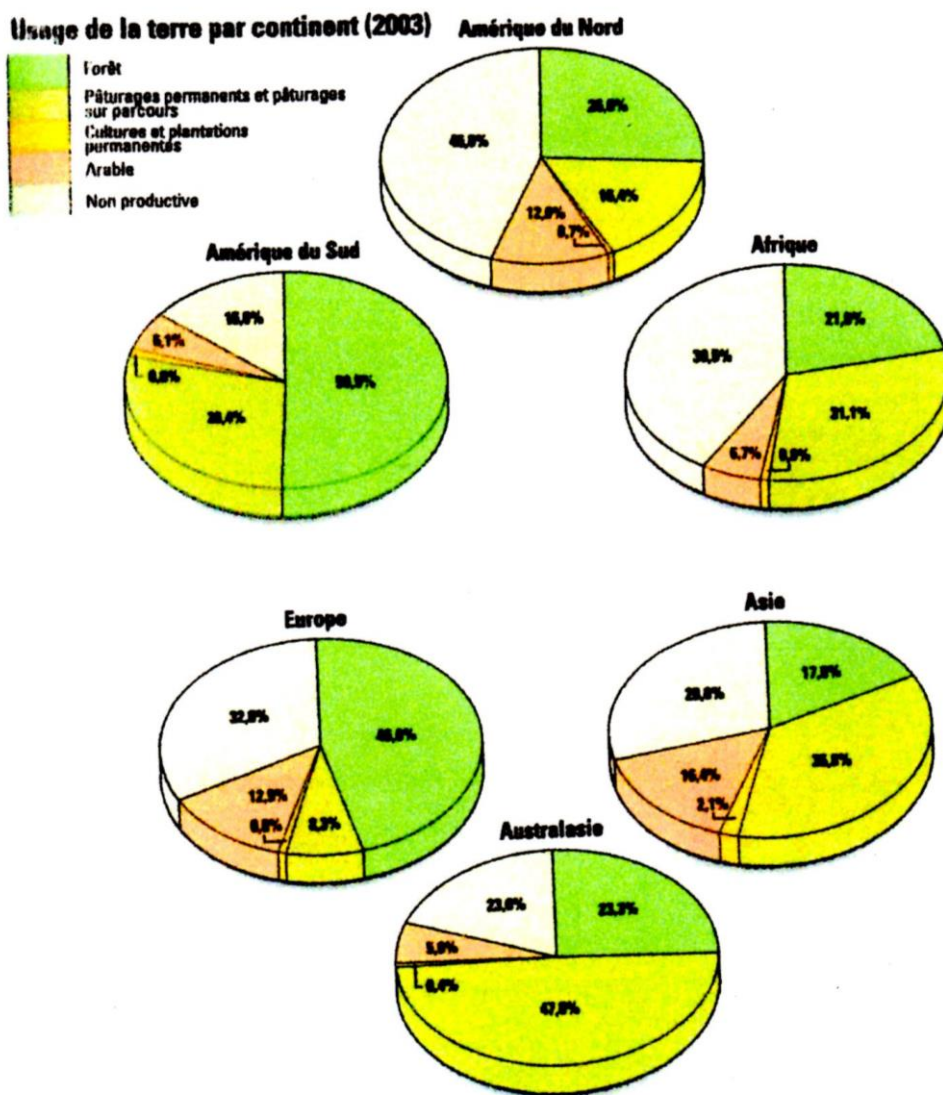


Figure 1. Les usages de la terre par continents (U.N. statistical yearbook, 2003).

physiques différentes (fissuration, porosité...) se formeront des sols plus ou moins profonds. Ces sols seront susceptibles d'échanger et de retenir les éléments chimiques qui migreront avec l'eau des pluies et réagiront avec les composés qu'elle peut contenir, notamment le gaz carbonique (CO₂), ceci jusqu'au **régolithe**, surface dégradée de la roche mère. Par opposition, le **sapropèle** est la partie supérieure du sol, celle qui concerne la végétation sauvage et les cultures. Entre ces extrêmes, les pédologues ont défini des « **horizons** » plus ou moins reconnaissables. Ils correspondent, en fait, aux profils d'éluion de haut en bas des ions véhiculés par l'eau en formant des composés chimiques qui pourront précipiter ou être solubilisés en fonction de la nature du sol (argiles, sables, fragments rocheux, oxygénation, acidité).

Les horizons

Selon la classification d'Aubert-Duchaufour, les horizons correspondent à des niveaux colorés recon-

naissables dans une coupe du sol depuis la matière organique (A), jusqu'aux roches peu altérées (C) au-dessus de la roche mère ; entre ces deux horizons, le (B) sert à visualiser les différents niveaux d'évolution du sol.

Cette classification a été développée, voilà un siècle, par les forestiers pour les besoins de l'agriculture et de la gestion forestière. Dans le Bassin parisien, on ne compte pas moins de 40 modèles de sols.

En dehors des observations visuelles évidentes (fer ferreux/ferrique, racines des végétaux, quartz...), les analyses chimiques en laboratoire permettent depuis des décennies de caractériser les sols, pour le choix des cultures agricoles.

La CEC, capacité d'échange des cations

Cette mesure, plus objective que l'observation des horizons, est l'appréciation, sous l'effet du « **lessivage** » par les eaux, de la migration des ions. Les cations les plus solubles (les plus petits) : Na⁺, Ca⁺⁺,

Mg⁺⁺ seront élués les premiers vers les carbonates et les évaporites, puis suivront le K⁺, Cs⁺...

La taille et la valence sont les critères principaux, pour être fixés ou élués, des complexes formés autour de l'aluminium et du silicium (les argiles) constitués en feuillets plus ou moins capables de s'écarter. La texture et la composition ionique d'un sol, à l'équilibre, après le passage de l'eau, caractérise son **profil d'hydromorphie**. Ce paramètre est essentiel à la connaissance de la qualité d'un sol.

La végétation

Elle est étroitement associée à la nature et à la qualité du sol. Les premiers végétaux se sont développés au Silurien, voilà au moins 430 Ma, sur des sols meubles, souvent inondés. Puis les premiers animaux vivront plus tard, au Dévonien, sur des sols de même type, où leurs empreintes se fossiliseront. Bien que les océans soient « le grand réservoir », l'Évolution des organismes vivants sera largement conditionnée par la nécessité de s'adapter aux sols des continents.

Entre les cas extrêmes du **lithosol** (ex. : le grès) recouvert d'algues, de mousses et de lichens, et le sol d'une tourbière dont l'humidité atteint 90 %, où les végétaux s'accumuleront sans être dégradés faute d'oxygène, la liaison du sol avec la végétation a des niveaux facilement identifiables. Sous la litière des feuilles récemment tombées, plus ou moins dégradées par la faune du sol, la « **pédofaune** » (animaux, champignons et de nombreuses bactéries) se formera l'**humus**, matière organique décomposée, souvent acide (les acides humiques issus des végétaux décomposés), dont se chargera l'eau des pluies.

Les différentes formes d'humus : mull, moder ou mor (figure 3) sont conditionnées par la nature du sol, elle-même dépendante de la nature du sous-sol.

L'humus des « terres noires » (tchernoziom) d'Ukraine et du Centre des USA peut dépasser 50 cm d'épaisseur ! L'exemple, plus modeste, de sols de la région d'Orsay (Hurepoix) met en évidence la composition de sols à humus actif (mull) sur calcaire donnant des **rendzines**, de **sol brun**, puis de **sol brun lessivé**, sur les argiles recouvertes du limon des plateaux, le lœss, favorable aux cultures de céréales. Les forêts de chênes, de charmes et de châtaigniers seront souvent sur moder, et les bruyères sur le moor. Les **podzols** à sols cendreux témoignent d'un lessivage total (grains de quartz libre ou cimentés par des oxydes de fer). Les sols à **gley**, toujours mouillés, sont présents au pied des plateaux et en bordure des ruisseaux.

La végétation tend à prendre au cours de son évolution une organisation adaptée à chaque nature de l'ensemble sol/sous-sol. Les végétaux ne peuvent assimiler les minéraux nécessaires à leur vie que s'ils sont en solution. Ils développeront des poils absor-

bants sur les racines ou utiliseront le réseau (les hyphes) des champignons (la rhizosphère). On sait depuis peu que les premières plantes vasculaires (*Cooksonia*) étaient associées à des champignons dans le sol humide de Rhynie, en Écosse.

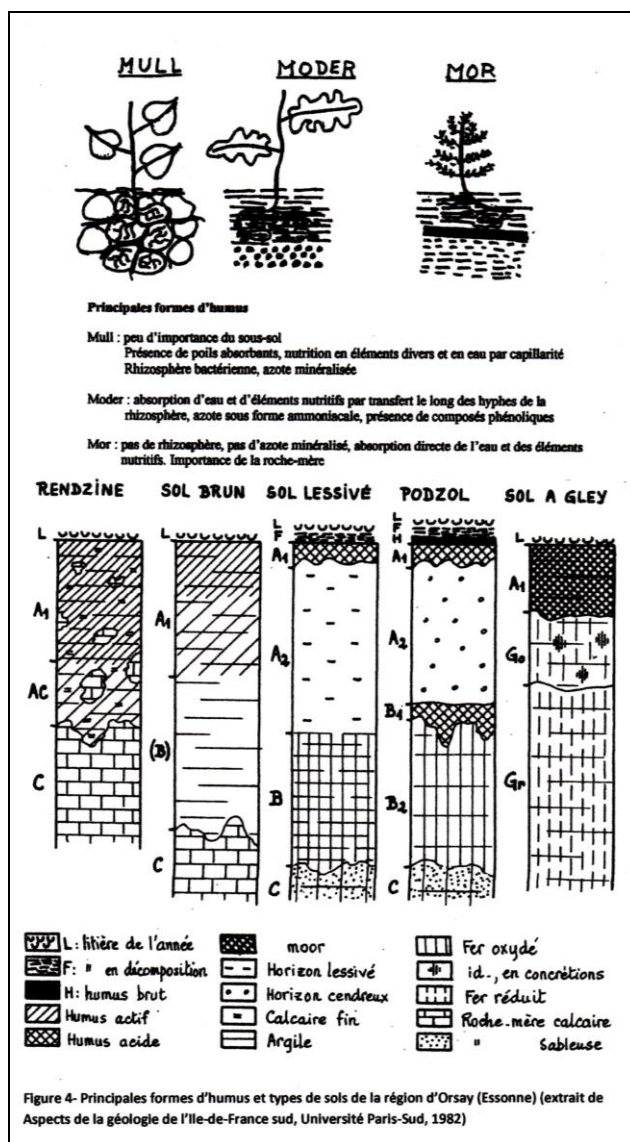
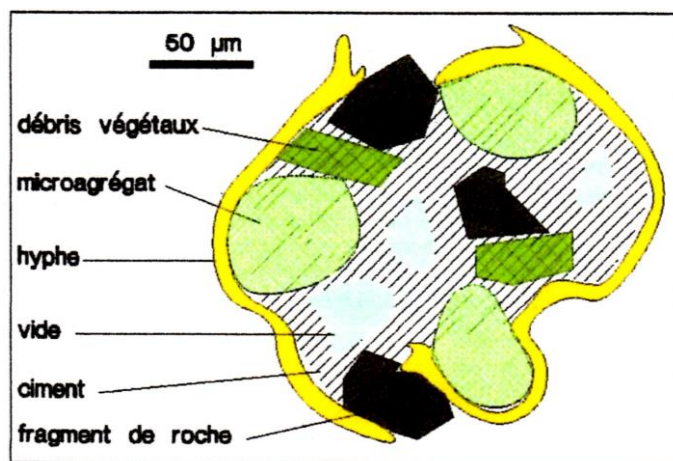
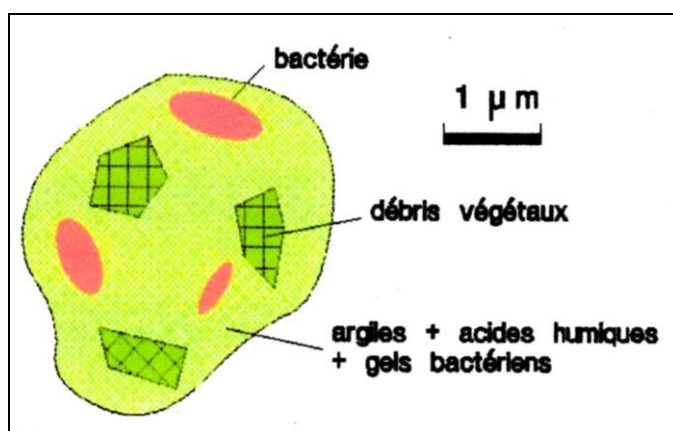


Figure 3. Principales formes et types d'humus de sols de la région d'Orsay, Essonne. (Extrait de : Aspects de la géologie de l'Île-de-France Sud. Univ. Paris-Sud, 1982).

La « **terre travaillée** », celle des cultures et des jardins, labourée ou bêchée, dont la surface se présente sous forme de « mottes » plus ou moins plastiques, est formée d'agrégats (figures 4) de différentes tailles dans lesquels on trouvera les éléments des horizons supérieurs et de l'humus : hyphes des champignons, ciment fait d'oxydes minéraux, acides humiques de la décomposition des végétaux et colonies de bactéries. Cette terre est le lieu de prédilection des « **petites bêtes du sol** », collemboles, coléoptères, fourmis... des acariens (400 000 au m²), des scolopendres (des carnivores !), etc.



Structure schématique d'un micro agrégat.



Détail d'un micro agrégat.

Figures 4. La terre, celle qui colle sous les sabots dans le jardin (extrait de Beauchamp, 2008).

Les plus connues sont les **vers de terre** qui aèrent la terre ; on estime qu'ils peuvent remuer jusqu'à 84 tonnes de terre par hectare et ainsi doubler la quantité d'eau du sol d'une prairie. Ils sont un **marqueur de la qualité du sol**. Charles Darwin en avait fait l'objet de son dernier ouvrage, en 1881 : « *La formation de la terre végétale par l'action des vers, et observations sur leurs habitudes* ».

Le sol, source de minéraux

(Le sujet est particulièrement bien traité dans Géosciences de juillet 2014, n°18 : *Les sols*).

L'usage de la terre crue, puis des briques et des tuiles, mais aussi la pierre meulière capable de broyer les grains, a suivi le cours de la sédentarisation de l'humanité jusqu'à l'urbanisation actuelle. Le loess, bien tassé, a servi à la construction des forteresses en

Chine. Dans la même contrée, la présence d'une argile blanche a conduit à l'invention de la céramique.

La latérite est à l'origine de la métallurgie

En climat chaud et humide, l'altération des roches (hydrolyse des roches silicatées, décarbonatation des calcaires) donnera des matériaux argileux contenant des hydroxydes notamment de fer, d'aluminium, de silicium.

Sous l'influence de l'humidité, les cations solubles seront lessivés, il restera essentiellement les oxydes de fer et d'aluminium qui formeront une **croûte ferrallitique**, ou **fersialitique**, si le silicium est présent, comme c'est le cas dans les régions équatoriales. En climat tempéré, les hydrolyses sont partielles, l'évolution sera plus lente, passant des sols bruns à des podzols sous un climat plus froid. Les principaux gisements latéritiques de nickel, manganèse et fer couvrent des territoires importants (figure 5, page suivante).

Le nickel de Nouvelle-Calédonie, issu de l'altération des massifs de péridotite, est un exemple bien connu. La bauxite fournit toujours plus de 80 % de l'aluminium mondial. Le cobalt, le manganèse, mais aussi l'or, les terres rares dont la demande est croissante pour l'électronique, même l'uranium, sont présents dans les latérites qui, au fil du temps, se comportent comme de puissantes colonnes dans lesquelles se séparent les cations au fur et à mesure de leurs migrations.

Le fer des latérites a conditionné l'évolution de l'humanité

Les « minières » de « fer fort » (jusqu'à 69 % de fer dans l'hématite) furent pendant longtemps la principale source du métal avant l'invention du convertisseur Thomas à la fin du XIX^e siècle. La fourniture mondiale actuelle est essentiellement fournie par les minerais latéritiques d'Amérique du Sud, d'Asie et d'Australie, par exploitation de mines à ciel ouvert, le fer se trouvant concentré dans les « cuirasses » au sommet des profils des latérites.

La connaissance du sol est aussi source d'évolution de l'image que l'homme se fait de lui-même

Le plus bel exemple est peut-être le mythe du Déluge que l'on retrouve dans de nombreuses civilisations.

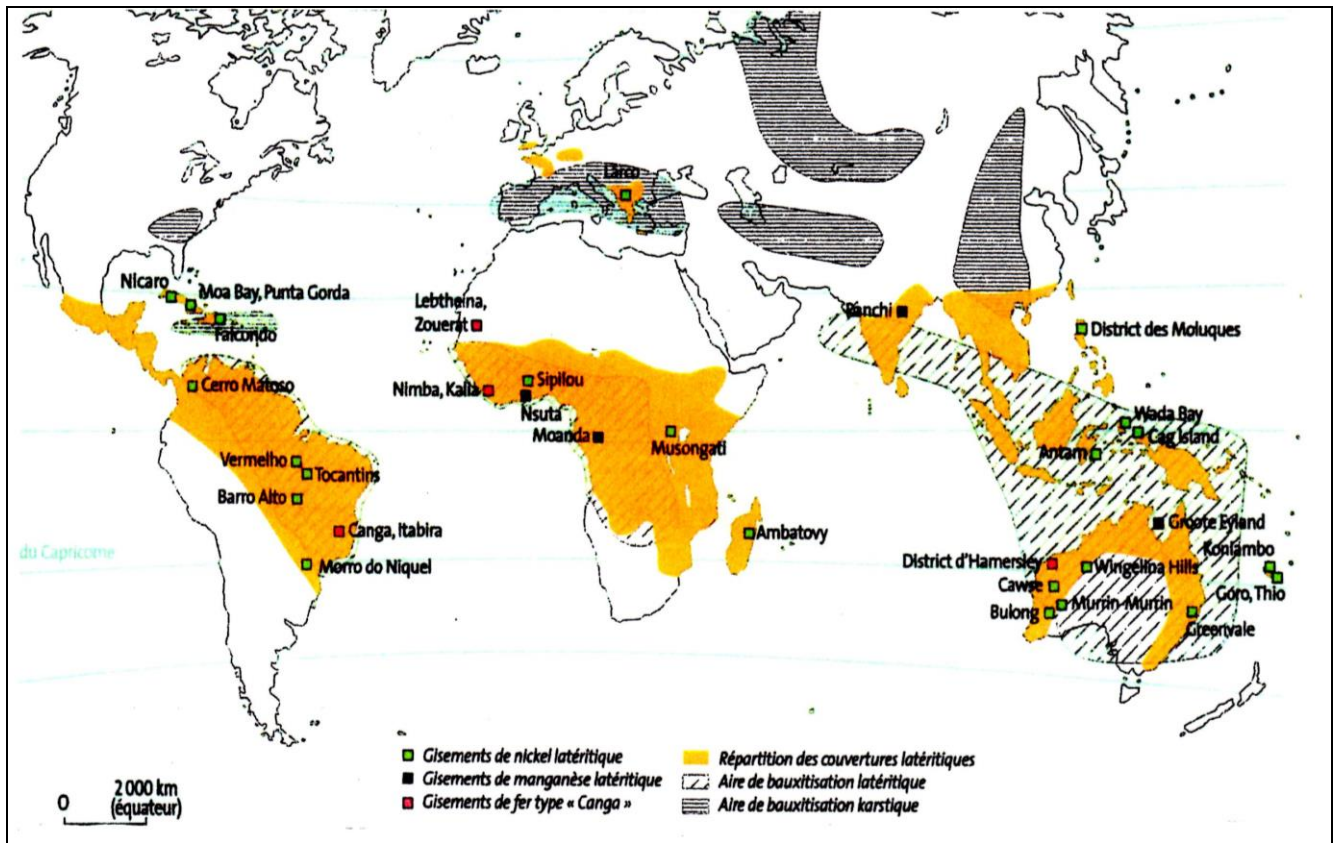


Figure 5. Répartition mondiale des gisements latéritiques de nickel, cuivre et fer (extrait de Géosciences, « Les sols », n° 18, 2014).

L'eau submerge le sol, les méchants sont éliminés, les bons survivent (par exemple, nous, l'homme moderne). Une force supérieure, d'origine céleste, en a fait le choix. Il aura fallu attendre la fin du XIX^e siècle pour mettre en doute cette certitude et « **inventer la préhistoire** », en persuadant les autorités institutionnelles de la présence de l'homme, dans un même niveau de sol, associée à celle d'animaux disparus et à celle d'outils que l'on ne pouvait attribuer qu'à une activité intelligente, celle de l'homme.

Dans l'ouvrage collectif coordonné par Arnaud Hurel et Noël Coye : « **Dans l'épaisseur du temps, archéologues et géologues inventent la préhistoire** », les polémiques sont analysées selon les croyances de l'époque.

Dans le même ouvrage, le modèle d'étude des cycles glaciaires/interglaciaires de la vallée de Somme permet de comprendre les choix des sites successifs de peuplement, au bord des rivières, sur des sols fertiles à la limite des forêts.

En conclusion

Le sol est, à l'évidence, **une peau précieuse mais fragile**, couverte des poussières des érosions, crevasée par les montagnes, trouée par les volcans, balayée par les torrents... Mais c'est le lieu presque exclusif

de l'évolution des végétaux et des animaux sortis des eaux.

Nous devons apprendre à poser nos pieds sur le sol... avec précaution !

Documentation

Beauchamp J. (2008) – *Pédologie, propriétés des sols*. Université de Picardie.

Duchaufour P. (1992) – *Pédologie*. Édition Masson.

Guilaine J. (2015) – *La seconde naissance de l'homme, le Néolithique*. Édition Odile Jacob.

Hurel A. (coord.), Coye N. (2011) – *Dans l'épaisseur du temps, archéologues et géologues inventent la préhistoire*. Publications scientifiques du Muséum.

Meyer S. (2008) – *Botanique, biologie et physiologie végétales*. Édition Maloine.

Les sols. In Géosciences n° 18, juillet 2014.

Villes et géologie urbaine. In Géosciences n° 10, décembre 2009.