

Quatre grands savants ont observé des profils et/ou décrit des techniques de prospection pédologique avant 1850 : Palissy, Buffon, Thaer et Darwin

C. Feller et E. Blanchart

IRD, Laboratoire Matière Organique des Sols Tropicaux (MOST) IRD, BP 64501, 34394 Montpellier Cedex 5, France.

... la science n'a plus grand ennemi que l'ignorance... la science se manifeste à ceux qui la cherchent.

Palissy, édition 1880, pp.324 et 418

RÉSUMÉ

La description des sols, la représentation du profil pédologique et les instruments et méthodes de cartographie des sols ne datent finalement pas de l'émergence de la science pédologique à la fin du XIX^e siècle. Quelques travaux précurseurs, souvent passés relativement inaperçus, de très grands scientifiques, sont rapportés ici pour la période du XVI^e au XIX^e siècle. Il s'agit des travaux de (i) Bernard Palissy (1563 et 1580), découvreur de la tarière pour la prospection des sols, (ii) de Georges-Louis Leclerc de Buffon (1734 et 1748), pour sa description très détaillée des sols et de certains de leurs traits pédologiques telles que les concrétions ferro-manganifères en vue d'appréhender les grands cycles géochimiques, (iii) de Albrecht Daniel Thaer (1809), pour sa méthodologie de prospection des variations pédologiques au sein des parcelles cultivées, de leur représentation sous forme de cartes et du mode de prélèvements d'échantillons de sol, (iv) de Charles Darwin (1837) dans la publication de schémas détaillés de profils pédologiques et pédo-archéologiques et dans la première utilisation de la simulation de pluie.

Mots clés

Histoire de la science du sol, prospection, profils pédologiques, Palissy, Buffon, Thaer, Darwin

SUMMARY

FOUR GREAT SCIENTISTS DESCRIBED SOIL PROFILES AND DEVELOPED SOIL SURVEY TECHNIQUES BEFORE 1850: Palissy, Buffon, Thaer and Darwin.

Soil description, soil profile drawing as well as instruments and methods of soil mapping do not date from the admitted emergence of soil science at the end of the 19th century. Some precursory and often ignored works of great scientists from the 16th to the 19th century are reported in this paper. It concerns works from (i) Bernard Palissy (1563 and 1580), inventor of the auger for soil sampling, (ii) George-Louis Leclerc de Buffon (1734 and 1748), who described in details soils and pedological traits such as ferromanganese concretions in order to understand geochemical cycles, (iii) Albrecht Daniel Thaer (1809) who developed a methodology to take soil samples and to describe and

map soil variability in cropped plots, and (iv) Charles Darwin (1837) who published detailed drawings of pedological and pedo-archaeological profiles and gave the first description of a rainfall simulation.

Key-words

Soil science history, survey, soil profiles, Palissy, Buffon, Thaer, Darwin

RESUMEN

CUATRO GRANDES CIENTÍFICOS HAN DESCRITO PERFILES DE SUELOS Y DESARROLLADO TÉCNICAS DE EXPLORACIÓN EDAFOLÓGICAS ANTES DE 1850: Palissy, Buffon, Thaer y Darwin

La descripción y representación gráfica de los perfiles de suelos, así como los instrumentos y metodologías usados para el mapeo de suelos no son herramientas que necesariamente emergieron con la edafología a finales del siglo XIX. Algunos estudios precursores realizados por grandes investigadores, y que pasan frecuentemente desapercibidos, están descritos en este artículo que cubre el periodo comprendido entre los siglos XIV y XIX. Son los estudios de (i) Bernard Palissy (1563 y 1580), inventor del barreno para muestreo de suelos, (ii) de Georges-Louis Leclerc de Buffon (1734 y 1748), por sus descripciones detalladas de los suelos y características pedológicas tales como concreciones de hierro y manganeso para entender los ciclos geoquímicos, (iii) de Albrecht Daniel Thaer (1809) por el desarrollo de una metodología para tomar muestras de suelo y describir y mapear la variabilidad de los suelos cultivados, y (iv) Charles Darwin (1837) por su publicación de dibujos detallados de perfiles de suelos y de suelos arqueológicos, y la primera descripción del simulador de lluvia.

Palabras clave

Historia de la ciencia del suelo, prospección, perfiles de suelo, Palissy, Buffon, Thaer, Darwin.

La description du profil de sol est une des activités de base du pédologue, de même que l'utilisation de la tarière, tant comme un outil de prélèvement que de cartographie. Il est clair que, dès la deuxième moitié du XIX^e siècle, avec l'émergence, d'abord de la Géologie agricole comme science appliquée, puis de la Pédologie comme science fondamentale (Yaalon, 2000), ces outils de description et de cartographie deviennent d'un usage courant. On se doit de rappeler, même avant la publication des travaux de Dokuchaïev (1883) l'exceptionnel travail de description des sols, de symbolisation de profil et de démarche pédogénétique du forestier suédois P.E. Müller (1879, 1884, 1889 en français) dans son analyse de la podzolisation.

Mais la description, les prélèvements et la cartographie des sols n'ont-ils pas été utilisés bien avant ?

La réponse est, bien évidemment, positive, et nous en avons quelques preuves, relativement passées inaperçues, dans les écrits de quelques naturalistes et agronomes célèbres des siècles passés (de la fin 16^e au début du 19^e). Nous pouvons citer au moins quatre figures scientifiques européennes majeures que nous allons commenter : Palissy (publications de 1563 et 1580, édition de 1881), Buffon (1783-1789, édition de 1819), Thaer (1809, édition en français de 1811), Darwin (1837 et 1881).

Le texte ci-dessous réunit *pro parte* des informations déjà publiées par ailleurs, soit de manière plutôt confidentielle (Feller, 1987 et 1989), soit dans un tout autre contexte (Feller *et al.*, 2000; Feller *et al.*, 2001). Il nous a paru intéressant de les compléter et de les publier ensemble ici.

Bernard Palissy : en 1580, une description de la tarière et de son utilisation

Bernard Palissy, le fameux céramiste français, est considéré aussi comme un extraordinaire précurseur tant dans les sciences de la terre, comme fondateur de la géologie et de la paléontologie, que dans les sciences agronomiques, pour ses idées sur la nutrition des plantes à partir des "sels" (écrits de 1563, 1580).

Mais, ce que l'on sait moins, est qu'il pourrait être l'inventeur de la tarière en vue de la prospection des sols. En tout cas, il est le premier à décrire une tarière pour les sols et à illustrer son utilisation. Lisez plutôt ces extraits tirés de ses oeuvres complètes (édition de 1880, p. 413), où en bon pédagogue, il met en scène, dans ses "Discours Admirables...", deux personnages, nommés "Théorique" et "Pratique", dissertant, entre autres, sur le problème de la qualité des terres.

"Théorique"

... Tu m'as dit cy-dessus beaucoup de raisons, néanmoins je ne suis pas satisfait touchant le moyen le plus expédient pour trouver promptement de ladite terre de marne.

Pratique

Je ne te puis te donner moyen plus expédient que celui que je voudrais prendre pour moy : si j'en voulois trouver en quelque province où l'invention ne fut encore connue, je voudrais chercher toutes les terrières desquelles les potiers, briquetiers et tuilliers, se servent en leurs oeuvres, et de chascune terrière j'en voudrais fumer une portion de mon champ pour voir si la terre seroit ameilleurée, puis je voudrais avoir une tarière bien longue, laquelle tarière auroit au bout de derrière une douille creuse, en laquelle je planterois un baston, auquel y auroit par l'autre bout un manche au travers en forme de tarière, et ce fait, j'irois par tous les fossez de mon héritage, ausquels je planterois ma tarière jusques à la longueur de tout le manche, et l'ayant tirée dehors du trou, je regarderois dans la concavité de quelle sorte de terre elle auroit apporté, et l'ayant nettoyée, j'otterois le premier manche et en mettrois un beaucoup plus long, et remettrai la tarière dedans le trou que j'aurois fait premièrement, et percerois la terre plus profond par le moyen du second manche, et par tel moyen, ayant plusieurs manches de diverses longueurs, l'on pourroit sçavoir quelles sont les terres profondes ; et non seulement voudroy-je fouiller dedans les fossez de mes héritages, mais aussi par toutes les parties de mes champs, jusques à ce que j'eusse apporté au bout de ma tarière quelque tesmoignage de ladite marne, et en ayant trouvé quelque apparence, lors je voudroy faire en iceluy endroit une fosse telle comme qui voudroy faire un puits

Théorique

Voire mais s'il y avoit du rocq au dessous de tes terres, comme on l'en voit en plusieurs contrées, que toutes les terres sont foncées de rocher ?

Pratique

A la vérité cela seroit fascheux, toutefois en plusieurs lieux les pierres sont fort tendres et singulièrement quand elles sont encore en terre...".

Bernard Palissy parle de la "tarière" comme d'un objet connu par ailleurs, mais qu'il adapte complètement au problème de la prospection des sols. Sur un plan technologique, il nous fournit l'idée des rallonges et nous indique une double application à ce nouvel instrument : prospecter la profondeur du sol et rechercher une terre marneuse pour fumer son champ. Noter aussi au passage (dernier échange) la qualité d'observation de Palissy qui identifie l'horizon d'altération de la roche (" en plusieurs lieux les pierres sont fort tendres et singulièrement quand elles sont encore en terre...").

Une recherche sur l'apparition du mot "tarière" dans la langue française semble bien confirmer que Palissy est le premier à décrire cet outil à des fins de prospection pédologique. En effet, l'INALF (Institut National de la Langue Française, CNRS) a bien voulu nous adresser leur dossier complet sur le mot "tarière" qui comprend environ 80 citations d'articles, notes etc., tirés de divers dictionnaires anciens

et modernes. Selon le Grand Larousse de la Langue Française (1978), le mot tarière, dérivé du bas latin "taratrum", serait apparu vers 1212 dans le sens d'un "outil de charpentier, de charron... pour creuser des trous dans les bois". Dans le Dictionnaire de l'Académie Française en 1835, il est mentionné, dans son sens zoologique, comme l'"organe allongé situé à l'extrémité de l'abdomen des femelles de certains insectes et leur permettant de déposer leurs oeufs dans le sol, les végétaux ou sous la peau d'autres animaux. Trevoux (1752) le cite comme un outil à l'usage des mineurs, un "instrument à faire des forages dans le sol", le sens qui nous intéresse ici.

Il semble donc, sur ces bases historiques écrites, que Bernard Palissy fut bien le premier à décrire notre tarière de pédologue. Quelques années plus tard, en 1605, Olivier de Serres décrit bien un instrument identique sous le nom de "taravelle" pour faire des plantations (Godefroy, 1937-38). La popularité de la tarière, nommée aussi "sonde", pour l'étude des sols, augmente notablement au XVIII^e siècle comme l'attestent sa citation, description et utilisation dans de nombreux ouvrages, tels que ceux de: Buffon (1783-1788, mais description en 1734, cf. ci-dessous), Pattulo (1759, pp. 15, 16, 284), Anonyme (en fait Turbilly, 1760, p. 12, avec schéma p. 332), La Salle de l'Etang (1768, pp. 110-112), Delaillévault (1783, p. 64), Thaer (1812, T2, p. 166, cf. ci-dessous). Certains auteurs ont toutefois sur cet outil un discours critique tel que La Salle de l'Etang (1768) qui considère que son "invention n'est pas si merveilleuse ni si utile à l'agriculture qu'on se l'est imaginé... les bons laboureurs... la regardent même comme une frivolité". Enfin rappelons, grâce à notre collègue Rossignol (2001) que la tarière fit l'objet d'une illustration amusante par le fameux illustrateur humoriste Granville (1803-1847) montrant un "Mulot très-entêté" en train de creuser son trou à l'aide d'une tarière.

Georges-Louis Leclerc de Buffon : en 1734, description des horizons de sol, érosion, cycles géochimiques

Georges Louis de Buffon (1707-1788) fut un très grand naturaliste. Les 36 volumes de son "Histoire Naturelle" le rendirent célèbres dans le monde entier, mais il est aussi considéré par Bourde (1961, pp. 238-239) comme l'un des fondateurs de l'économie rurale. Selon François de Neufchâteau (1804, cité par Boulaine, 1989), Buffon aurait aussi proposé qu'"une société de gens de lettre s'établît dans la vue de s'occuper spécialement du discernement des terres". C'est dire l'intérêt de Buffon pour l'agriculture, en général, et les sols, en particulier. Et, Kunholtz-Lordat (1958) accorderait même à Buffon le titre de "fondateur de la Pédologie".

Sans aller aussi loin, il faut lui reconnaître ses remarquables qualités d'observateur des sols, comme en témoignent les extraits rapportés ci-dessous et tirés de son Histoire Naturelle des Minéraux,

section "De la terre végétale" (Oeuvres complètes de Buffon, 1819, Tome 5).

Buffon nomme aussi "terre limoneuse" la terre végétale, et son objectif est de "démontrer l'origine et de suivre la formation de la terre limoneuse" et son influence "sur la production de la plupart des minéraux de seconde formation" (pp. 402-403). Nous voilà d'entrée dans un discours pédogénétique et géochimique!

Vient ensuite, un long discours sur les conditions d'accumulation ou non de la terre végétale:

- le rôle de l'homme (p. 407, 408). "*Nous verrons que cette couche de terre productrice et féconde est toujours plus épaisse dans les lieux abandonnés à la seule Nature que dans les pays habités... (car) sa quantité ne peut augmenter partout où l'homme, et le feu, son ministre de destruction...anéantissent... les être vivants et végétaux... Comparez à cet égard les pays très-anciennement habités avec les contrées nouvellement découvertes: tout est forêts, terreau, limon, dans celles-ci; tout est sable aride ou pierre nue dans les autres*".

- la position topographique et l'érosion (pp. 407, 408). "*Cette couche de terre végétale est plus mince sur les montagnes que dans les vallons et les plaines, parce que les eaux pluviales dépouillent les sommets et les pentes de ces éminences, et entraînent le limon qu'elles ont délayé*".

- puis, début d'identification d'horizons, "... il est bon de suivre de près la marche de la Nature dans la production et la formation successive de cette terre végétale. D'abord composée des seuls détriments des animaux et des végétaux, elle n'est encore, après un grand nombre d'années, qu'une poussière noirâtre, sèche, très légère, sans ductilité, sans cohésion, qui brûle et s'enflamme à peu près comme la tourbe. On peut distinguer encore dans ce terreau les fibres ligneuses et les parties solides des végétaux; mais, avec le temps, et par l'action de l'intermède de l'air et de l'eau, ces particules arides de terreau acquièrent de la ductilité et se convertissent en terre limoneuse: je me suis assuré de cette réduction ou transformation par mes propres observations". Par cette description, Buffon fait bien la distinction entre ce que nous appellerions les horizons organiques et les horizons organo-minéraux sous-jacents, même si nous savons maintenant que ces derniers ne résultent pas directement et uniquement de la transformation des premiers (qui est l'hypothèse de Buffon).

Viennent ensuite la prospection et les observations détaillées (pp. 410 à 420).

"*Je fis sonder, en 1734, par plusieurs coups de tarière, un terrain d'environ soixante-dix arpents d'étendue, dont je voulois connoître l'épaisseur de bonne terre, et où j'ai fait une plantation de bois, qui a bien réussi: j'avais divisé ce terrain par arpents; et l'ayant fait sonder aux quatre angles de chacun de ces arpents, j'ai retenu la note des différentes épaisseurs de terre, dont la moindre était de deux pieds, et la plus forte de trois pieds et demi. J'étois jeune alors, et mon projet étoit de reconnoître, au bout de trente ans, la différence que produiroit sur mon bois semé l'épaisseur plus ou*

moins grande de cette terre, qui partout étoit franche et de bonne qualité. J'observai, par le moyen de ces sondes, que dans toute l'étendue de ce terrain, la composition des lits de terre étoit à très-peu près la même, et j'y reconnus clairement le changement successif du terreau en terre limoneuse. Ce terrain est situé dans une plaine au-dessus de nos plus hautes collines de Bourgogne : il étoit, pour la plus grande partie, en friche de temps immémorial ; et comme il n'est dominé par aucune éminence, la terre est sans mélange apparent de craie ni d'argile : elle porte sur une couche horizontale de pierre calcaire dure.

Sous le gazon, ou plutôt sous la vieille mousse qui couvrait la surface de ce terrain, il y avoit partout un petit lit de terre noire et friable, formée du produit des feuilles et des herbes pourries des années précédentes ; la terre du lit suivant n'étoit que brune et sans adhésion : mais les lits au-dessous de ces deux premiers prenoient par degrés de la consistance et une couleur jaunâtre, et cela d'autant plus qu'ils s'éloignoient davantage de la superficie du terrain. Le lit le plus bas, qui étoit à trois pieds ou trois pieds et demi de profondeur, étoit d'un orangé rougeâtre, et la terre en étoit très-grasse, très-ductile, et s'attachoit à la langue comme un véritable bol.

Je remarquai dans cette terre jaune plusieurs grains de mine de fer ; ils étoient noirs et durs dans le lit inférieur, et n'étoient que bruns et encore friables dans les lits supérieurs de cette même terre. Il est donc évident que les détriments des animaux et des végétaux, qui d'abord se réduisent en terreau, forment, avec le temps et le secours de l'air et de l'eau, la terre jaune ou rougeâtre, qui est la vraie terre limoneuse dont il est ici question ; et de même on ne peut douter que le fer contenu dans les végétaux ne se retrouvent dans cette terre, et ne s'y réunisse en grains... En suivant les travaux de cette fouille (faite en 1748), et en observant avec soin les différentes matières qui en ont été tirées, j'ai reconnu, à n'en pouvoir douter, que cette terre limoneuse étoit entraînée par l'infiltration des eaux à de grandes profondeurs dans les joints et les délits des couches inférieures, qui toutes étoient d'argile... Cette terre limoneuse incrustoit la superficie des glèbes argileuses ; et lorsqu'elle avoit pu s'introduire dans l'intérieur de la couche, il s'y trouvoit ordinairement des concrétions pyriteuses, aplaties et de figure orbiculaire, qui se joignoient par une espèce de cordon cylindrique de même substance pyriteuse, et ce cordon pyriteux aboutissoit toujours à un joint ou à une fente remplie de terre limoneuse. Je fus dès-lors persuadé que cette terre contribuoit plus que toute autre à la formation des pyrites martiales... D'après ces observations, je demeurai persuadé que cette terre limoneuse, produite par l'entière décomposition des animaux et des végétaux, est la première matrice des mines de fer en grains, et qu'elle fournit la plus grande partie des éléments nécessaires à la formation des pyrites... La quantité de fer contenue dans la terre limoneuse est quelquefois si considérable, qu'on pourroit lui donner le nom de terre ferrugineuse (souligné par Buffon)...

Puis viennent les descriptions et conditions de formation des concrétions ferro-manganifères (p. 421-423). Que les spécialistes du cycle du fer aillent jeter un coup d'oeil sur ces pages splendides !

“ Mais comment cette matière minérale peut-elle se séparer de la masse de la terre limoneuse, pour se former si régulièrement en grains aussi petits, en aussi grande quantité, et d'une manière si achevée, qu'il n'y en a pas un seul qui ne présente à sa surface le brillant métallique ? ” L'explication est, bien sûr, basée sur l'hydrodynamique. Mais la description de plus en plus fine des traits pédologiques, ici les concrétions, continue :

“ ... Si l'on divise ces grains de mine de fer en deux portions de sphère, on reconnoitra qu'ils sont tous composés de plusieurs petites couches concentriques, et que, dans les plus gros, il y a souvent une cavité sensible, ordinairement remplie de la même substance ferrugineuse, mais qui n'a pas encore acquis sa solidité, et qui s'écrase aisément comme les grains de mine eux-mêmes, qui commencent à se former dans les premières couches de la terre limoneuse : ainsi, dans chaque grain, la couche la plus extérieure qui a le brillant métallique, est la plus solide de toutes et la plus métallisée, parce qu'ayant été formée la première, elle a reçu par infiltration et retenu les molécules ferrugineuses les plus pures, et a laissé passer celles qui l'étoient moins pour former la seconde couche du grain, et il en est de même de la troisième et de la quatrième couche, jusqu'au centre, qui ne contient que la matière la plus terreuse et la moins métallique ”.

On retiendra de ces longs extraits :

- l'extraordinaire qualité d'observation de Buffon à toutes les échelles, de celle du profil à celle de la concrétion,
- son approche globale des formations superficielles avec l'étude des transferts de matière,
- son souci d'expliquer la succession des horizons du sol, même si ses interprétations en terme de pédogenèse ne nous conviennent plus tout à fait, mais aussi et surtout,
- sa pensée extrêmement précurseur dans l'analyse d'un grand cycle géochimique - celui du fer - auquel il donne déjà une dimension “biologique” par le rôle joué par la matière organique.

Daniel Albrecht Thaer (1812) : cartographie et analyse des sols agricoles

Thaer fut probablement le plus célèbre agronome de la première moitié du XIX^e siècle grâce à son ouvrage en 4 volumes - “Principes Raisonnés d'Agriculture” - publié en allemand en 1809, et en français en 1811.

Dans cet ouvrage, Thaer aborde tout ce qui a trait à l'agriculture (au sens large, incluant élevage et sylviculture), tant dans ses aspects biophysiques (fertilité, productivités végétale et animale) que socio-économiques. C'est un extraordinaire précurseur pour son analyse de la durabilité des systèmes de culture et de production basée sur l'élaboration d'indicateurs quantifiés de fertilité (Feller *et al.*, 2001), même si les fondements théoriques de son système - la “théorie de l'humus” - se sont avérés ultérieurement erronés. Parmi les

qualités de Thaer, il faut citer son souci de précision, de recueil de données quantifiées et exhaustives (plus de 1600 pages de texte et des milliers de données), de typologie des systèmes de culture de son époque (en 8 ou 9 systèmes), voire de modélisation du fonctionnement des principaux systèmes d'exploitation.

Mais voyons l'approche de Thaer sur le problème de la variabilité, la cartographie et l'analyse des terres (Thaer, 1811, édition française). Cet aspect de la qualité des terres et de son évaluation ne fait pas moins de 50 pages du tome second dans la section " *Les diverses espèces de terrains, leur valeur, leur emploi et leurs propriétés, dans leurs rapports avec les proportions des parties constituantes du sol*" (pp.115-166).

Thaer insiste d'abord sur la nécessité de " *découvrir la composition (du sol), à l'aide de ses caractères extérieurs seulement. Après la couleur, les indices les plus positifs de la présence de l'humus dans le sol sont, la légèreté du sol, une certaine odeur de moisi qui lui est propre, et les pousses blanches du lichen humosus. L'argile indique sa présence par sa tenacité et son onctuosité au toucher; le sable par son apreté, lorsqu'on le broie entre les doigts, et on le distingue mieux encore en examinant avec une loupe d'une force médiocre, le terrain brisé et émietté... On s'assure de la présence de la chaux par l'effervescence de celle-ci avec les acides...* (T.2, p. 138)... *Dans l'estimation de la valeur du sol, l'examen de la profondeur doit suivre immédiatement celui des parties constituantes dont il est composé. Par la profondeur du sol j'entends celle de la couche de terre qui est à sa surface, de celle que l'on appelle communément terre végétale, qui est homogène et imprégnée d'humus d'une manière égale*", (T.2, p. 139).

Ceci le conduit à nous tenir un vrai discours de prospection pédologique (T.2., pp. 164-166, §575) dont il nous paraît important de donner ci-dessous la totalité du paragraphe :

"Pour faire d'une étendue de terrain, une description exacte, fondée tant sur la composition que sur le mélange des parties constituantes dont le sol est composé, et qui puisse servir de guide, non-seulement dans l'estimation de la valeur du sol, mais encore dans sa culture et dans le choix de l'assolement, il est absolument nécessaire de suivre une marche régulière et bien ordonnée. Si le terrain n'est pas divisé en planches qui en fassent une sorte de distribution, il faut y tracer des lignes parallèles, éloignées les unes des autres de 5, 10 et 15 perches, suivant que le sol change plus ou moins de nature.

L'on dresse en même temps un plan de la pièce de la terre qu'on veut estimer et on le rédige sur une échelle suffisamment grande, c'est-à-dire, à peu près quadruple de celle qu'on emploie ordinairement pour dresser les plans territoriaux. Sur ce plan on trace ces lignes parallèles, qu'on coupe en parties, ou stations de 5 ou 10 perches; on numérote ces stations qui continuent d'une ligne à l'autre; puis on parcourt le terrain dans cette direction. Outre les hommes qui mesurent le sol avec la chaîne, il faut avoir avec soi deux autres, l'un avec une bêche pour creuser, l'autre avec une corbeille pour recueillir et transporter les échantillons de terre.

L'arpenteur travaille au plan et au protocole, si l'on ne veut avoir un aide particulier pour ce dernier objet. L'agronome observe la nature du sol et dirige toute l'opération. Aussitôt qu'il aperçoit un changement dans la nature du sol, il fait faire halte et marquer cette station sur le plan; alors il examine d'une manière plus particulière; là où cela lui paraît nécessaire, il fait enlever quelques pellées de terre avec la bêche, et si un examen plus particulier lui en semble utile il en fait mettre le poids d'environ une livre, dans un cornet ou un petit sac sur lequel il marque le n.o ou la lettre de la station. Les places où ces changements de terrain ont lieu, sont déterminées et indiquées par l'arpenteur sur le plan, avec autant de précision que cela est possible; l'on n'omet pas d'indiquer si le changement a eu lieu de manière tranchante, ou s'il se fait par nuances. Les autres remarques qu'on juge nécessaires, celles qui se rapportent aux propriétés du sol que nous avons énumérées, sont inscrites au protocole sous le n.o de la station.

De cette manière on parcourt la totalité des terres dans la direction des lignes parallèles qui ont été tracées, et ainsi l'on fait déjà, durant cette opération, l'esquisse du plan géologique.

Quant à ce plan lui-même, il peut être fait de différentes manières; le mieux est d'y désigner les divers mélanges dont le sol est composé, par des couleurs lavées, en indiquant les changements insensibles par des nuances; d'y représenter les hauteurs et les enfoncements par des traits mis les uns à côté des autres, comme cela se pratique ordinairement; d'y caractériser la plus ou moins grande quantité d'humus dont le sol est imprégné, par des points noirs qu'on rapproche d'autant plus que la proportion d'humus est plus forte, et ainsi d'y désigner, par des signes positifs, toutes les choses qui sont dignes de remarque. Au moyen d'un tel plan, on aura toujours devant les yeux un tableau précis des terrains dont on dispose, et, d'après ce tableau, l'on pourra faire les dispositions les plus convenables. On rédigera d'après le protocole une description plus précise, qui se rapporte aux n.o du plan.

Il n'est pas impossible de tracer aussi sur ce plan, la direction des pentes et des cours d'eau; mais si l'on veut avoir l'indication de ces choses d'une manière plus détaillée, il faut sans doute prendre les niveaux avec des instrumens appropriés à cet usage. Ces niveaux peuvent être pris dans différentes directions et l'on en trace alors le profil. Si la couche inférieure du sol change d'une manière sensible, et qu'on juge nécessaire de l'analyser et d'en faire mention, cela peut très-bien être rendu sensible dans le profil du nivellement par des couleurs qui indiquent l'épaisseur des couches.

Dans ce cas, lorsque l'on prend les niveaux, il faut aussi faire usage de la tarière ou sonde des terrains, et l'introduire dans la terre aussi profondément et aussi souvent que cela est nécessaire; cela peut se faire sans de grandes difficultés.

Lorsque les parties du sol ne peuvent pas être assez bien distinguées d'après ses caractères extérieurs, ou lorsque d'ailleurs on est disposé à en faire un examen plus précis, on le soumet à l'analyse chimique. La comparaison des échantillons qu'on a recueillis

dans les diverses stations, si elle a lieu successivement dans l'état d'humidité ou de siccité, indiquera bientôt quelles sont les espèces homogènes, et quelles sont celles dont la nature diffère, sans que, le plus souvent, on soit réduit à avoir recours à l'analyse chimique.

Pour l'agronome éclairé, peut-être nulle opération plus que celle-là, ne compensera par son utilité et ses agréments, la peine qu'elle aura donnée; cet agronome y trouvera la solution de divers phénomènes qu'auparavant il ne pouvait s'expliquer à lui-même, et ainsi il pourra porter un remède efficace à divers inconvénients auxquels il était exposé dans la culture de son fonds."

Toute la démarche cartographique pédologique à l'échelle parcellaire est là, tant pour l'analyse de l'inventaire et de la répartition des sols que pour l'élaboration de cartes thématiques (profondeur, teneur en humus etc.). Il n'y manque plus que l'usage et l'interprétation des photographies aériennes et satellitaires, mais il ne faut peut-être pas trop en demander en 1809! Noter aussi l'extraordinaire conclusion sur la primauté de l'observation du sol et de ses variations.

Charles Darwin (1837) : schémas de profils pédologiques

En 1881, Darwin (1809-1882) édite son dernier livre scientifique intitulé "The formation of vegetable mould through the action of worms with observations on their habits" (édition française en 1882 sous le titre "Rôle des vers de terre dans la formation de la terre végétale"). Ce livre montre que Darwin est un extraordinaire précurseur dans de nombreux domaines touchant aux sciences de la terre et à la science du sol, tels l'érosion et les transferts de matière à l'échelle des grands bassins, l'altération et la pédogenèse, l'écologie et le biofonctionnement du sol, la pédo-archéologie (Feller *et al.*, 2000). Mais si le livre est édité en 1881, c'est dès le 1^{er} novembre 1837 que Darwin publie sur le sujet, suite à une communication faite devant la Société Géologique de Londres, et intitulée "On the formation of mould" (Transactions of the Geological Society of London, vol. V, p. 105). Dans cette communication de 3 pages, de même que plus tard dans l'ouvrage de 1881, est présenté le schéma d'un profil de sol (intitulé « mould »), sous prairie, visant à illustrer le rôle des vers de terre dans l'enfouissement de divers matériaux, tels que cendres, morceaux de marne brûlée et galets de quartz, déposés 15 ans auparavant à la surface du sol (figure 1a, b). Ce qui est remarquable, c'est que les horizons sont très nettement identifiés.

Sur l'illustration de 1837 (figure 1a), Darwin décrit de haut en bas (échelle indiquée en inch sur la figure originale):

- 0-0,5: le « turf », ou mat racinaire
- 0,5-3,0: le « vegetable mould », ou horizon A1. (Dans cet horizon, sur la reproduction gravée de 1837, on semble distinguer, de

0,5 à 1,0 inch, un sous-horizon A11 plus foncé et où les racines sont encore présentes en quantité importante. Est-ce une réalité voulue par Darwin ou un effet de gravure, car cette subdivision n'apparaît plus sur la figure équivalente de l'édition de 1881?)

- 3,0-4,5: une couche « of fragments of burnt marl, (conspicuous from their bright red colour), of cinders, and a few quartz pebbles, mingled with earth »

- 4,5-?: « the original black peaty soil. We thus find, beneath a layer, nearly four inches thick, composed of fine particles of earth mixed with decayed vegetable matter, those substances which had been spread on the surface fifteen years before »

Le schéma du profil de 1881 (figure 1b) ne correspond manifestement pas au même bois gravé et n'est pas identique à celui de 1837. Mais il présente l'intérêt d'une dénomination des horizons en A, B, C et D, même s'il ne s'agit pas d'une nomenclature pédologique. La légende donnée par Darwin est: « A, turf; B, vegetable mould without any stones; C, mould with fragments of burnt marl, coal-cinders and quartz pebbles; D, subsoil of black, peaty sand with quartz pebbles ».

Dans l'ouvrage de 1881, de nombreux autres profils (dix en tout), simplifiés ou détaillés, de ce que nous pourrions appeler des « sols archéologiques » sont présentés. Ainsi, nous donnons en illustration (figure 2) la figure 8 de l'édition de 1881 et sa légende.

Et Darwin fait toujours parfaitement bien la distinction des matériaux en place et des matériaux remaniés. Par exemple sur la figure 8, la couche FF est commentée comme « undisturbed subsoil ».

Par la description de ces profils, Darwin est aussi un des premiers à mettre en évidence des « stone-lines ». Ceci a été largement commenté par Johnson (1990, 1999).

Ce ne sont pas bien sûr les seuls apports de Darwin à la Pédologie, et bien d'autres aspects ont été reportés par ailleurs (Feller *et al.*, 2000, 2003). Dans la partie où Darwin étudie en détail le rôle des vers de terre dans la "dénudation" (c'est-à-dire l'érosion) des terres, pour étudier ce que l'on appellerait aujourd'hui la stabilité des agrégats fauniques et leur transport le long de la pente sous l'effet de l'énergie des pluies, Darwin a l'idée géniale de simuler une pluie, il s'agit donc du premier simulateur de pluie connu (Darwin, 1882, pp. 223-224). Nous en rapportons ci-dessous quelques extraits:

"J'ai été amené à penser qu'une quantité considérable de terre fine est complètement enlevée aux déjections pendant la pluie, par suite de ce que la surface des plus vieilles était souvent parsemée de particules grossières. En conséquence, on prit un peu de précipité fin de carbonate de chaux humecté de salive ou d'eau gommée, de manière à le rendre légèrement visqueux et de la même consistance qu'une déjection de fraîche date, et on en mit sur le sommet de plusieurs déjections et le mêla doucement à elles. Ces déjections furent alors arrosées avec une tête d'arrosoir très fine, dont les gouttes étaient plus serrées ensemble que celles de la pluie, mais bien moins grosses que celles d'une pluie d'orage, elles ne frappaient point non plus sur le sol avec autant de force que les gouttes d'une forte pluie. Une déjection traitée de la sorte s'affaissa avec une len-

Figure 1A - Schémas des profils de sol présentés dans Darwin 1837 (A) et Darwin 1881 (B)

Légende originale (Darwin, 1837) : Section dans un champ ; A, cendres ; B, marne brûlée ; C, cailloux de quartz.

Original legend (Darwin, 1837) : Section of field : A, cinders ; B, burnt marl ; C, quartz pebbles.

Figure 1B - Soil profiles presented in Darwin 1837 (A) and Darwin 1881 (B)

Légende originale (Darwin, 1882) : Section réduite à moitié de la grandeur naturelle, de la terre végétale dans un champ drainé et amendé quinze ans auparavant ; A, gazon ; B, terre végétale sans pierres d'aucune espèce ; C, terre végétale avec fragments de marne calcinée, de cendres de charbon et des cailloux de quartz ; D, sous-sol de sable noir, tourbeux, avec des cailloux de quartz.

Original legend (Darwin, 1881) : Section reduced to half the natural scale, of the vegetation mould in a field, drained and reclaimed fifteen years previously ; A, turf, B, vegetable mould without any stones ; C mould with fragments of burnt marl, coal-cinders and quartz pebbles ; D, subsoil of black, peaty sand with quartz pebbles.

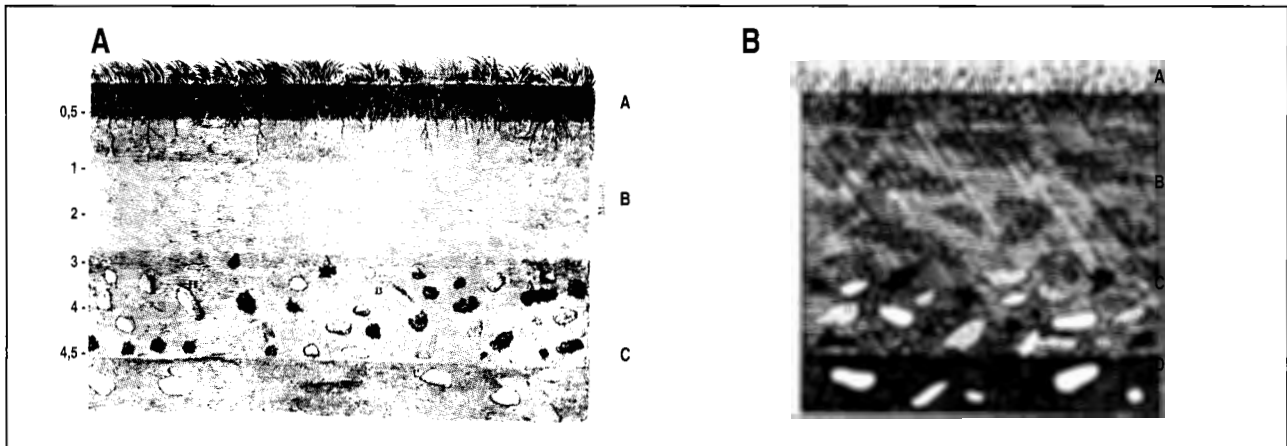
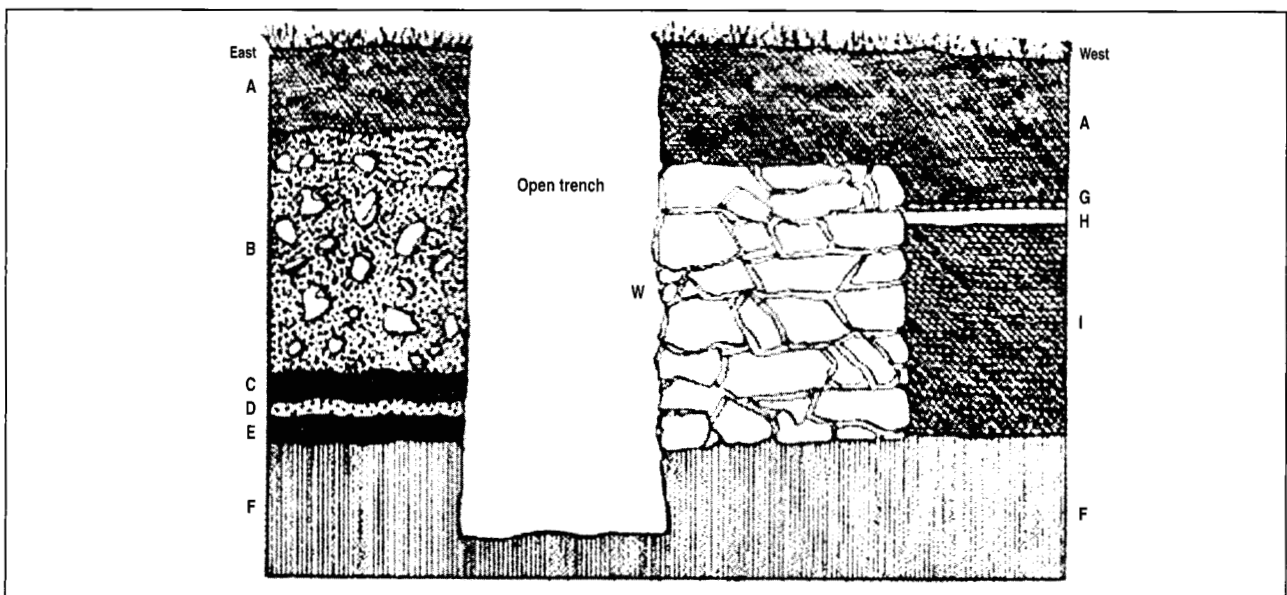


Figure 2 - Schéma d'un profil pédo-archéologique présenté dans Darwin (1881)

Légende originale (Darwin, 1882). Section pratiquée à travers les fondations d'une villa romaine, enfouie à Abinger ; AA ; terre végétale ; B, terre de couleur foncée, pleine de pierres, épaisse de 13 pouces ; C terre végétale noire ; D, fragments de mortier ; E, terre noire ; FF, sous-sol resté intact ; G, tesserae (mosaïque) ; H, béton ; I, couche de nature inconnue ; W, mur enfoui sous le sol.

Figure 2 - A pedo-archeological profile presented in Darwin 1881

Original legend (Darwin 1881). Section through the foundations of a buried Roman villa at Abinger ; AA ; vegetable mould ; B, dark earth full of stones ; C black mould ; D, broken mortar ; E, black mould ; FF, undisturbed soil ; G, tesserae ; H, concrete ; I, nature unknown ; W, buried wall.



teur surprenante, grâce, je suppose, à sa viscosité. Elle ne coula pas tout d'une pièce le long de la pente gazonnée du pré, qui était ici inclinée sous un angle de 16° 20'; néanmoins on trouva un grand nombre des particules de la craie 3 pouces en aval de la déjection. On répéta cette expérience sur trois autres déjections en des parties différentes du pré, inclinées sous des angles de 2° 30', 3° et 6°, et on put voir des particules de craie entre 4 à 5 pouces en aval de la déjection, et quand la surface fut sèche, on trouva en deux cas des particules à une distance de 5 à 6 pouces".

CONCLUSION

Les grands naturalistes sont toujours des observateurs remarquables. Le cas des sols en est ici une belle illustration, d'autant plus intéressante que les auteurs choisis n'en faisaient pas nécessairement leur premier sujet d'étude; ceci explique d'ailleurs que ces parties de leurs oeuvres soient souvent passées inaperçues. Il n'empêche que le résultat est très impressionnant, chacun faisant figure de grand précurseur dans le domaine de la description et de la cartographie des sols. Il faudra attendre ensuite P.E. Müller (1879, 1884, 1889) et Dokuchaev (1883) pour voir apparaître description et schéma de profils de sols, et méthodes cartographiques tels que nous les abordons de nos jours.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient Jean-Louis Janeau (IRD) pour la traduction du résumé en espagnol.

BIBLIOGRAPHIE

- Anonyme (Marquis de Turbilly), 1760 - Pratique des défrichements. 151 p., Paris.
- Boulaine J., 1989 - Histoire des pédologues et de la science du sol. INRA, Paris, 285 p.
- Bourde A., 1962 - Agronomies et agronomes en France au XVIII^e siècle
- Buffon G-L.L., Comte de, 1819 - Oeuvres complètes de Buffon, mises en ordre par M. le Comte de Lacépède, seconde édition, 30 vol. Rapet, Impr. Plassan, Paris.
- Darwin Ch., 1837 - On the formation of mould. Proc. Geol. Soc., 2, pp. 274-276
- Darwin Ch., 1881 - The formation of vegetable mould through the action of worms with some observations on their habits. Murray ed., London, 298 p.
- Darwin Ch., 1882 - Rôle des vers de terre dans la formation de la terre végétale. Traduit de l'anglais par M. Levêque. Préface de M. Edmond Perrier. C. Reinwald Libr.-Ed., Paris, XXVIII + 264 p.
- Darwin Ch., 1897 - The formation of vegetable mould through the action of worms with some observations on their habits. Murray ed. (13th thousands), London, 328 p.
- Delaillévault, 1783 - Recherches sur la houille d'engrais et les houillères. 2 vol. (161, 215 p.), La Haye.
- Dokuchaev V.V., 1883 - The Russian chernozem. A report to the Free Economics Society. St Petersburg (référence empruntée à Krupenikov, 1992).
- Feller C., 1987 et 1989 - Bernard Palissy a-t-il manié la tarière? Lettres de l'AFES, 11 : 2-3 et 14 : 8.
- Feller C., Brown G.G., Blanchart E., 2000 - Darwin et le biofonctionnement des sols. Etude et Gestion des Sols, 7 (4), pp. 395-402.
- Feller C., Boulaine J., Pedro G., 2001 - Indicateurs de fertilité et durabilité des systèmes de culture au début du XIX^e siècle: l'approche de Albrecht THAER (1752 - 1828). Etude et Gestion des Sols, 8 (1), pp. 33-46.
- Feller C., Brown G.G., Blanchart E., Deleporte P., Chernyanski S.S., 2003 - Charles Darwin, earthworms and the natural sciences: various lessons from past to future. Agriculture, Ecosystems and Environment, 99, pp. 29-49.
- Godefroy, 1937-38 - Dictionnaire de l'ancienne langue française et de tous ses dialectes du IX^e au XV^e siècle. Paris, Libr. des Sciences et des Arts.
- Johnson D.L., 1990 - Biomantle evolution and the redistribution of earth materials and artifacts. Soil Sci. 149, pp. 84-102.
- Johnson D.L., 1999 - Darwin the archaeologist: A lesson in unfulfilled language. Discovering Archaeology Jan.-Feb., p. 6-7. (also can be found at Human Oasis. www.humanoasis.com/da%20articles/darwinthearchaeologist.html)
- Krupenikov I.A., 1992 - History of soil science. From its inception to the present. Oxonian Press, New Delhi, Calcutta, 352 p.
- Kuhnoltz-Lordat G., 1958 - De l'amont à l'aval. Librairie des Etudiants, Montpellier, 165 p.
- La Salle de L'Etang (de), 1768 - Manuel d'agriculture pour le laboureur, pour le propriétaire et pour le gouvernement. Nlle Ed., P.F. Didot, 583 p., Paris.
- Müller P.E., 1879 - Studier over Skovjord, som Bidrag til Skovdyrknings Teori. Om Bøgemuld og Bøgemor paa Sand og Ler. Tidsskrift for Skovbrug, t. 3, 1.
- Müller P.E., 1884 - Studier over Skovjord, som Bidrag til Skovdyrknings Teori. Om Muld og Mor i Egeskove og paa Heder. Tidsskrift for Skovbrug, t. 7, 1.
- Müller P.E., 1889 - Recherches sur les formes naturelles de l'humus et leur influence sur la végétation et le sol. Berger-Levrault et Cie, Paris-Nancy.
- Palissy Bernard, 1880 - Oeuvres complètes. Avec une notice historique et bibliographique et une table analytique par Anatole France. P. Charavay Fres Ed., 499 p., Paris.
- Pattulo, 1759 - Essai sur l'amélioration des terres. Paris, chez Durand, 285 p.
- Rosignol J.P., 2001 - Granville. In Lettre de l'Association Française pour l'Etude des Sols (AFES), 59 (juin 2001): 15.
- Thaer A., 1809 - Grundsätze der rationellen Landwirtschaft (1809-1812). Realschulbuch Ed., Berlin.
- Thaer A., 1811 - Principes raisonnés d'agriculture. Traduit de l'Allemand par E.V.B. Crud (1811-1816). J.J. Prechoud Ed., Paris.
- TLF (Trésor de la Langue Française), 1981 - Dictionnaire de la langue du XIX^e et du XX^e siècle. Editions du CNRS, Comm. Pers., Paris.
- Yaalon D.H., 2000 - Down to earth. Why soil – and soil science – matters. Millennium essay. Nature, vol. 407, 21 september 2000, www.Nature.com 301.