

Histoire abrégée de la Science des Sols

Jean Boulaïne

Membre de l'Académie d'Agriculture de France
Professeur émérite de l'Institut National Agronomique

Les études historiques sur la Science du Sol, sont rares. Depuis le congrès de New Delhi, en 1982 l'Association Internationale de la Science du Sol (A.I.S.S.S.) comprend un groupe de travail intitulé « Histoire Epistémologie et Sociologie de la Science du Sol » dont les membres rédigent des études historiques détaillées.

Certains traités (Grandeau, Prianichnikov, Russell, Keen, Joffé...) comportent des introductions historiques et des bibliographies signalant les auteurs des ouvrages des siècles passés.

Il existe cependant trois publications majeures en matière d'histoire de la Science du Sol : Gieseckel (1929) en allemand, Krupenikox (1981) en russe et Boulaïne (1989) en français. Les textes de la Soil Science Society of America, en anglais sont, eux aussi, importants. (voir liste bibliographique).

Pour condenser le texte, l'auteur a rarement cité ses sources au fur et à mesure de leur utilisation. Mais la plupart des informations contenues dans ce texte proviennent des ouvrages de la bibliographie.

Seuls les savants importants ont été cités. Leurs noms sont en majuscules et sont suivis des dates de leur naissance et de leur décès pour ceux qui ont le plus contribué aux progrès de notre science. Les dates uniques entre parenthèses et le signe *, renvoie à la liste bibliographique.

LES DÉBUTS DE LA SCIENCE DES SOLS (jusqu'en 1870)

Les précurseurs

La science des sols n'a pas eu de commencement. Dès la préhistoire les hommes avaient des connaissances précises et les auteurs grecs, carthaginois et romains en ont fait les aug-

menté. Les Byzantins du IX^e siècle et les Hispano-arabes du XI^{ème} et XII^{ème} ont repris et complété les textes de l'Antiquité. Le Moyen-Age et la Renaissance ont ajouté quelques détails. H. Grégoire (1804)* et A. Dickson (1788)* ont fait le bilan de ces littératures anciennes sur le sol et l'agriculture.

Après quelques textes intéressants à la fin du XVIII^e siècle, la première publication importante sur le sol a paru en 1804 avec le livre du suisse Th. de Saussure* (1767-1845) sur la nutrition des plantes*. Il reprend les idées des physiologistes (Lavoisier, Ingen-Housz, Sennebler) sur l'utilisation du gaz carbonique de l'air par les feuilles des végétaux sous l'action de la lumière et il affirme, le premier, que les plantes contiennent toutes du phosphore et que celui-ci vient du sol. Malgré sa démonstration, la grande majorité des savants de l'époque acceptent la théorie de l'humus avancée par Wallerius (1761) reprise par Hassenfratz (1792) et vulgarisée par Thaer (1809) Davy (1813) et Berzelius.

Le premier traité de science des sols a paru en 1837 sous la signature de Karl Sprengel * (1787-1858). Le mot avait été employé quelques années plus tôt par un forestier allemand (Hundeshagen, 1813). Ce livre est la première manifestation littéraire de l'existence d'une science spécialement consacrée à l'étude du sol.

La génération de 1840 et la chimie du sol

L'oeuvre de Sprengel a été éclipsée par celle de J. Liebig (1803-1873)

En 1837, l'Association britannique pour l'avancement des sciences commande un ouvrage sur les rapports de la chimie et de l'agriculture au chimiste allemand Justus Liebig qui rédigea un livre* en allemand traduit immédiatement en anglais par Playfair en 1840, puis en français par Gerhard en 1841. Il reprend un texte publié quatre mois plus tôt comme introduction à son traité de Chimie Organique (Paris, avril 1840).

C'est un véritable traité d'agriculture (origine de la terre labourable-assolements-jachères-décomposition des végétaux etc.) mais l'événement scientifique majeur, est la réfutation de la théorie de l'humus et la conclusion que les plantes s'alimentent à partir de substances minérales simples du sol.

La contribution personnelle de Liebig consiste en une théorie et deux lois

La théorie est celle de la nutrition minérale des plantes : celles-ci absorbent par leurs racines, et par leurs feuilles des éléments chimiques à l'état de combinaisons simples (gaz ou sels d'acides minéraux). Les composés organiques du sol, notamment l'humus, ne sont que des réserves qui fournissent les éléments minéraux après leur dégradation et leur décomposition.

Liebig affirme donc que les éléments minéraux des cendres sont indispensables et que tous les éléments pénètrent dans les plantes à l'état de composés très simples.

Cette théorie est accompagnée de deux lois : la loi de restitution et la loi du minimum. Ces deux lois ont été confirmées par toutes les expériences ultérieures et sont, encore de nos jours, les lois fondamentales de l'agronomie.

Les conceptions de Liebig ont été ressenties par les contemporains de façon très diverse. La plupart l'ont accueilli comme un novateur exceptionnel, particulièrement en Grande Bretagne, un peu moins en Allemagne et de manières très variées en France. Les maîtres de la chimie de notre pays, Dumas et son ami Boussingault, furent très longtemps réticents. Jusqu'en 1875, on nia l'intérêt des superphosphates et le fumier de ferme resta l'engrais de loin préféré des agriculteurs. Des hommes comme Ville, Joulie et Kuhlmann se firent entendre avec difficulté en plaidant l'intérêt des engrais chimiques.

On s'interrogeait en effet sur la nécessité des éléments qui se retrouvent, à l'analyse, dans les cendres des végétaux. S'agit-il d'impuretés ou d'éléments constitutifs indispensables malgré leurs quantités minimes. L'université de Göttingen met au concours la même année 1840 « La question des cendres » qui sera résolue affirmativement par Wigmann et Polstorff (1843) grâce à des cultures en milieu synthétique.

Par contre, Liebig explique la nutrition azotée par l'absorption, par les feuilles, de l'ammoniac de l'eau ou de l'air. Plus tard, frappé par les énormes quantités d'azote de l'humus des sols, il s'opposera aux français et aux anglais qui montrent par des expériences précises que l'azote des plantes provient, pour sa plus grande partie, du sol.

Boussingault, Gasparin, les phosphates et l'azote

Ces deux hommes, en France, dominent alors les recherches agronomiques. Deux problèmes les occupent.

Le comte A. de Gasparin (1783-1862) publie en 1843* son « Cours d'Agriculture » en 5 volumes* dont le premier, intitulé « Agrologie » est consacré à la Science du Sol.

C'est le premier traité du genre en langue française. Trois ans plus tôt, J.-B. Dumas*, un très grand chimiste, dans la « statistique des êtres vivants »* (texte du 25 août 1840, publié en 1841) donne une remarquable synthèse de la formation de la matière organique dans les végétaux, mais il se limite au carbone, à l'oxygène, à l'hydrogène et à l'azote. Pour lui, les éléments des cendres sont de simples impuretés qui pénètrent dans les racines et viennent s'évaporer au niveau des feuilles. Il accepta avec beaucoup de réticences la théorie minérale de l'alimentation des plantes. Son collaborateur et ami. J. B. Boussingault* (1802-1887), va consacrer une partie de sa très brillante carrière d'agronomie à l'étude du cycle de l'azote, montrant qu'il provient en grande partie du sol et de la dégradation de l'humus, mais que ce phénomène ne suffit pas à expliquer le bilan global de cet élément. Il faudra la microbiologie pour y voir clair définitivement entre 1875 et 1895.

D'autre part, malgré la lucidité de Gasparin, Boussingault ne prend pas partie dans le problème des phosphates et Dumas, maître autoritaire de la chimie française, ne favorisera pas l'utilisation des engrais phosphatés et en particulier des superphosphates : l'agriculture française prendra un retard important qui sera comblé seulement après 1960.

Rothamsted, Lawes et Gilbert

Les idées de Liebig furent immédiatement adoptées par le grand agronome et riche propriétaire britannique, sir J.-B. Lawes* (1814-1900). Il commence en 1837 des expériences sur les engrais dans sa propriété de Rothamsted, près de Londres. Avec son chimiste et ami J.H. Gilbert (1810-1901) il la transforme en un centre de recherches exceptionnel dont il fera don à son pays après sa mort. « The work of Lawes and Gilbert was published entirely in the form of papers under both print and separate Authorship, mostly, the journal of agricultural Society » (Scribners, vol. VIII p. 93)*. Au XX^e siècle, leur oeuvre a été poursuivie par sir A. D. Hall* (1864-1942) qui a fait la synthèse des travaux de la station (1911) et surtout sir J. Russell* (1872-1965) et son fils E.W. Russell. Depuis 150 ans, Rothamsted est la capitale de la Science des Sols en Grande Bretagne. Leur livre « Soil Conditions and Plant Growth » a eu de multiples éditions*.

L'humus et le complexe absorbant

L'effet des fumiers de ferme n'était pas fiable et les sols riches en humus étaient fertiles : le rôle exact de celui-ci demandait donc à être précisé. Un élève de Berzelius, G. J. Mulder crut pouvoir définir une série de composés : ulmine, humine, acides ulmique, humique, crénique et apocrénique. E. Mitscherlich (1794-1863), Thénard, Grandeau* améliorèrent un peu les méthodes d'analyse. Ils signalèrent certaines fonctions de l'humus et notamment celle de fournisseur d'azote qui fut aussi discutée par Liebig et Boussingault. Vers 1875,

J.J.T. Schloesing* (1824-1919) montra le rôle physique de la matière organique des sols et ses effets sur la structure.

Les caractéristiques physiques et chimiques des sols

Le belge de Beunie avait amorcé les travaux sur la granulométrie et, à la fin du XVIII^e siècle, le suisse Orth avait déjà défini plusieurs paramètres physiques du sol. G. Schubler (1787-1834) poursuivit ces travaux; il étudia la température, l'humidité, la structure et d'autres caractéristiques du sol (1832). Gasparin utilisa ses travaux pour son traité.

Mais beaucoup de physiciens cherchèrent en vain à mettre en évidence dans le sol des phénomènes électriques dont ils espéraient montrer l'influence sur la croissance des plantes. Ces travaux (Wollny, Grandeau, Gasparin, etc.) encombrèrent les publications scientifiques de l'époque, y compris la correspondance entre Karl Marx et Engels !

Les chimistes firent du meilleur travail en analysant le sol bien qu'ils aient perdu beaucoup de temps à préciser les conditions d'extraction des solutions à doser. Cela concerne en particulier F. Mohr (1807-1879) à Berlin, A. Voelcker (1822-1883) à Londres, Payen et Malaguti en France, Pavlov en Russie et beaucoup d'autres.

La capacité d'échange des sols avait été signalée par Gazzeri (1816) puis Lambruschini (1830) deux agronomes italiens et par un pharmacien allemand J. Ph. Bronner (1836). En 1848, un fermier britannique observa la transformation de sulfate d'ammonium en sulfate de calcium dans le sol et le signala au chimiste J. Th. Way et « He had choose an able man to tell ». Ces travaux furent confirmés et complétés par ceux de Huxtable, de Brustlein puis, Van Bemmelen* (1830-1911), un hollandais dont les travaux sur l'humus font aussi autorité : il a montré que l'humus n'était pas constitué d'espèces chimiques définies mais de mélanges très complexes.

La naissance de l'industrie des engrais

L'utilisation pratique des découvertes de Liebig et de ses contemporains fut longue à se manifester car des oppositions sérieuses se manifestèrent. Une des plus notable fut celle de Berzelius (1779-1848) chimiste suédois très célèbre. De plus les années climatiques 1842 à 1846 furent très mauvaises en Europe Centrale, et beaucoup d'expériences faites hâtivement pour vérifier les nouvelles théories eurent des résultats limités.

En 1855, Hoeffler dans une biographie de Liebig, constate qu'il a présenté « une théorie de la vie végétale ou l'on a constaté bien des défauts ». Ce n'est que peu à peu, quand des travaux sérieux furent menés à bien que les idées avancées par le savant de Giessen reçurent d'éclatantes confirmations.

L'agriculture britannique était déjà sensibilisée à l'emploi des engrais. L'importation d'os était passée de 14400 livres

sterling en 1823 à 254000 livres en 1837. Le premier bateau apportant du guano du Pérou arriva à Liverpool en 1835; en 1841, on importa 1 700 tonnes et 220 000 tonnes en 1847.

Lawes avait obtenu des résultats spectaculaires à Rothamsted et il prit, le 23 mai 1842, un brevet de fabrication des superphosphates (n° 9353), et créa une usine dans la banlieue de Londres, à Deptford (1843). Un ami de Liebig, Muspratt, créa une autre usine à Liverpool vers 1846. Une querelle juridique eut lieu car le brevet de Lawes était rédigé en termes équivoques et tout était plaidable en l'absence d'un langage chimique précis. Du strict point de vue juridique, il est probable que Muspratt avait eu des droits plus « légaux ».

Les industriels allemands furent plus longs à tirer les conséquences pratiques et commerciales de ces découvertes. En 1855 seulement, on enregistre la création d'une firme et de quelques usines de superphosphates à Lehrte et en 1857 à Heufeld. Les américains suivirent vers 1865 et les français après la guerre de 1870 (Saint-Gobain : Chauny 1871 et Montluçon 1872).

Liebig savait que les sels du potassium sont très solubles et il professait qu'il était inutile d'en ajouter aux sols car ils seraient éliminés par lessivage. Lorsque Way, vers 1850, montra le pouvoir absorbant du sol et sa capacité d'échange, on comprit que le potassium pouvait être fixé sur les argiles et quel était le mécanisme de l'alimentation potassique. La découverte des gisements de sels de potassium à Stassfurt mit sur le marché des quantités considérables de sels et à des prix bien plus bas qu'auparavant. Les mines de potasse de la rive gauche du Rhin furent découvertes dans les années 1900 et leur exploitation commença après la guerre de 14-18.

Liebig défendit ses idées avec son énergie habituelle : par exemple, dans sa brochure sur les engrais chimiques de 1846, il eut des phrases dures pour ses collègues français, Kuhlmann, qui avait démontré l'intérêt des engrais ammoniacaux, les réconcilia.

La source principale de fertilisants restait alors le guano du Pérou dont les gisements commençaient à s'épuiser. Ce sont les britanniques et les américains de la côte Est qui les employaient (300 000 tonnes par an en moyenne vers 1860) alors que l'Europe (France, Allemagne, Pays-Bas, Autriche) en utilisait dix fois moins environ. Les nitrates du Chili les remplacèrent peu à peu et la fabrication d'engrais azotés par l'industrie débuta seulement après la guerre mondiale de 1914-1918.

Liebig fut très vite conscient de la pénurie d'engrais qui frappait alors l'Europe et menaçait de s'amplifier d'autant plus vite que ses découvertes seraient appliquées. A partir des années 50, désormais à Munich, il mena une grande campagne pour l'économie des engrais et pour le recyclage des éléments nutritifs. Il ne pouvait pas deviner, bien qu'il les envisage comme des éventualités heureuses, les découvertes de la fin du siècle des gisements de phosphates : Caroline du

nord, Afrique du Nord, Russie, Océanie, et de potasse d'Allemagne, Alsace, USA, Russie ; etc. ainsi que des procédés de synthèse des produits azotés qui ont changé les dimensions du problème. Depuis le début du XX^e siècle, beaucoup d'autres gisements de matières fertilisantes ont été découverts dans le monde.

Liebig poursuivit, jusqu'à sa mort, une action vigoureuse en faveur d'une agriculture économe d'éléments fertilisants, à base de fourrages producteurs d'azote, et recyclant tous les déchets possibles de l'activité humaine, urbaine et industrielle. C'est un précurseur des écologistes actuels dans ce qu'ils ont de plus rationnel.

LE SOL DEVIENT UN OBJET D'ÉTUDE (1870-1900)

Après la guerre de Sécession aux USA (1865), après la guerre franco-allemande (1870-71) une nouvelle génération se met au travail ; Dokouchaev et Kostychev en Russie, Hellriefel, Wollny, Ramann en Allemagne, Schloesing, Müntz, Grandeau en France et Hilgard, arrive à Berkeley en 1875. Beaucoup d'autres chercheurs jeunes et dynamiques se consacrent à l'étude du sol dans de nombreux pays. Seuls les britanniques font défaut car le libre-échange diminue beaucoup l'intérêt pour les questions agricoles, malgré l'activité de Lawes et Gilbert, à Rothamsted et la valeur des travaux de leur jeune collaborateur, R. Warington* (1838-1907) dont les ouvrages sur la chimie (1881) et la physique des sols (1900) eurent une grande influence dans les pays anglo-saxons.

Dokouchaev et la pédologie russe

En 1862, Albert Fallou (1794-1877), naturaliste allemand, avait écrit « Pedologie oder allgemeine Bodenkunde »*. Le mot « pédologie » est donc un mot allemand, bien que forgé sur l'exemple du mot français « agrologie ». Cet ouvrage décrit ce que devrait être la Science des Sols. Il est remarquable, essentiellement théorique et ne comporte pratiquement aucun exemple. Mais il expose déjà la plupart des conceptions qui sont en usage aujourd'hui.

Vers 1875, il y avait dans les milieux juridiques et financiers russes un débat sur la définition d'un terme vernaculaire utilisé par les paysans pour désigner un sol très fertile et dont le prix de vente était très élevé. Des escrocs en profitaient pour vendre aux mêmes prix n'importe quel sol de couleur noire.

Il s'agissait des sols des steppes céréalières qui, de l'Ukraine au sud de la Sibérie sont le grenier de la Russie. Les géologues anglais qui avaient étudié ces régions en avaient reconnu la richesse « Le chernozem est à la Russie ce que le charbon est à l'Angleterre ». Il fallait donc définir le chernozem avec des caractéristiques aussi scientifiques que possible. On confia ce travail à V.V. Dokouchaev (1846-1903) conservateur

du musée géologique de Saint-Pétersbourg qui rédigea une thèse remarquable de 550 pages* intitulée « Le chernozem russe » (1883). Son collègue et ami Mendéléiev faisait partie du jury.

Pour Dokouchaev, le sol est un corps de la nature comme les plantes et les animaux. Il est « indépendant et variant ». C'est le résultat cumulé au cours des âges de l'action du climat et des êtres vivants sur les roches, nuancé par le relief et, dans certains cas, les nappes d'eau. Le sol est « le miroir de la nature » : ses caractéristiques, quand on sait les interpréter, renseignent sur la dynamique actuelle du milieu environnant, sur son passé, et permet un pronostic affiné sur les possibilités de transformer ce milieu, notamment par l'agriculture. Bien plus que l'écologie, la pédologie telle que la concevait l'école russe de la fin du XIX^e siècle, est la science qui permet le mieux le contrôle de l'environnement.

L'influence de ces idées fut considérable dans l'Europe de l'Est. Outre ses amis, Kostitchev (1845-1895), F.Y. Levinsson-Lessig (1860-1939), Sibirtzev (1860-1988), Dokouchaev eut de nombreux élèves et disciples : Sibirtsev, Ferhmine, Ototsky, Glinka, Vernadsky, Winogradsky etc. que nous retrouverons à la période suivante.

E.W. Hilgard à Berkeley

Aux U.S.A., J. Morton avait publié dès 1838 « On the nature and properties of soils » ouvrage dans lequel il soutient des idées très modernes. Il fut oublié assez vite et c'est E. Ruffin (1794-1865) avec son livre « On the calcareous manures » (1832) qui eut une influence considérable et sensible encore aujourd'hui. Mais le grand homme de la science du sol fut E.W. Hilgard (1833-1916).

Après des études en Europe et un début de carrière sur la côte Est des Etats-Unis, il arriva en Californie, à Berkeley en 1874 et y passa les quarante dernières années de sa vie. Son activité fut prodigieuse. Avec son ami le doyen Wickson et ses collaborateurs, notamment Jaffa et Loughridge, il anima l'agriculture californienne de ses conseils et de ses recherches. Il enseigna à l'université et au collège d'agriculture et eut de nombreux élèves parmi lesquels Kelley. Un peu oublié après sa mort en 1916, son action en science du sol a été mise en lumière, en 1961, par le livre que lui a consacré Jenny.

Hilgard a mis au point et vulgarisé de nombreuses méthodes d'analyses. Dans son ouvrage « The cotton census at 1880 », il distingue des régions de sols avec des sous-catégories et des variétés ; il a montré l'influence du climat sur la formation des sols (1892) et devint le spécialiste des sols salés à la fin de sa vie. Celle-ci fut assombrie par sa controverse avec Whitney qui ne voulait pas comprendre l'intérêt des engrais chimiques et prétendait restreindre l'étude des sols à celle de leur bilan hydrique (H. Jenny, 1961).

Hilgard était loin d'être le seul scientifique américain étu-

diant le sol. N.S. Shaler* écrivit en 1891 « The origine and nature of soils ». Il fut le maître de Marbut. F.H. King (1849-1911) écrivit plusieurs traités sur le sol et partagea l'hostilité de Whitney pour Hilgard. G.P. Merrill (1854-1939) amorça l'étude de l'altération des roches, T.B. Osborne (1859-1959) s'occupa de granulométrie avant de recevoir le prix Nobel pour ses travaux sur les vitamines. G.N. Coffey, qui avait assisté au congrès géologique de Saint-Pétersbourg en 1897 et avait pris contact avec les collaborateurs de Dokouchaev fut le premier à vulgariser ses idées autour de lui.

Les agrogéologues germaniques

La science des sols en Allemagne et dans les pays limitrophes qui en subissent l'influence est surtout marquée par les géologues et cela, malgré une grande diversité et la persistance de l'influence des chimistes. Les premiers furent C. Trommer, Girard, Cotta, E.E. Schmid etc. Des travaux cartographiques apparaissent donc, avant même ceux des russes. F. Senft (1810-1893) qui utilisa le premier les notions de profil et d'horizon, mais aussi Orth (1835-1915) mais aussi Fesca qui dirigea en 1881 les premiers levés cartographiques sur les sols du Japon. A la fin du siècle, on peut citer aussi G. Berendt et F. Wanschaffe.

L'un des plus remarquables, très en avance sur son époque par ses résultats et ses idées est P.E. Muller (1840-1926) qui a défini et interprété les podzols dès 1875. Mais sans conteste le plus important est E. Ramann (1851-1926). Pharmacien puis forestier, il dirigea la station agronomique de Bavière et fut professeur à Munich de 1900 à 1925. Entre de multiples contributions, on lui doit la notion de « Braunerde ». Il a eu à Eberswalde, la seconde chaire de pédologie créée dans le monde après celle de Sibirtsev, à Novo-Alexandria (actuellement Pullaury), en Pologne.

Les apports de la microbiologie

Après les découvertes de L. Pasteur (1822-1895), ce sont J.J.T. Schloesing (1824-1919) et A. Müntz (1846-1917) qui montrèrent le rôle des micro-organismes dans la nitrification. La démonstration des deux stades successifs de ce processus et l'isolement des organismes responsables fut apporté par S.N. Winogradsky (1856-1946) grâce à ses travaux réalisés à Zurich (1890). En 1886, H. Hellriegel (1831-1895) et son collaborateur Wilfart ont montré la fixation de l'azote par les bactéries des nodules des légumineuses dont le rôle avait été entrevu par Lachman (1858) Voronine (1866) et Atwater (1881). L'agent microbien de cette fixation fut découvert par le hollandais M.W. Beijerinck en 1888. Enfin, la fixation directe de l'azote par certaines bactéries du sol fut mise en évidence (1888) par M. Berthelot et confirmée par d'autres travaux (Omeliansky, Winogradsky, Beijerinck, etc.).

D'autres phénomènes microbiens jouent un rôle important dans le sol : dynamique de l'humus, dégradation des com-

posés soufrés, établissement de conditions réductrices dans les sols engorgés par l'eau etc. Winogradsky, réfugié en France après la révolution russe de 1917 les a résumé dans son « Traité de microbiologie » (1949) qui présente en outre des méthodes d'études globale des micro-organismes du sol qui sont à la base de la plupart des travaux modernes sur la question. Ce livre a été publié grâce à S.A. Waksman (1888-1973) prix Nobel et lui même auteur de plusieurs traités de microbiologie du sol.

Les cendres, les éléments mineurs et les oligo-éléments

Depuis 1843 (Wigmann et Polstorf), on savait que la croissance des plantes nécessite des substances minérales autres que le phosphore, le potassium et l'azote. Peu à peu la liste et les ordres de grandeur de l'utilité de ces éléments chimiques fut précisé par Salm Horstmar (1846), Sachs (1860) pour le fer; Knop, Raulin, et surtout par G. Bertrand (1867-1962). Ce dernier montra en 1903 le rôle de certains éléments en très petite quantité, les oligo-éléments (ou micronutriments) comme l'arsenic, le bore, le cuivre, le manganèse, le zinc, le cobalt, le nickel etc. De nombreux travaux américains (tableau in J. Boulaine 1989 p. 208) et européens ont précisé et complété les recherches de G. Bertrand et de ses élèves.

Les stations agronomiques

L'idée de faire des expériences avec un contrôle quantitatif des résultats en vraie grandeur, revient à Lavoisier (1743-1794) dans sa propriété de Fréchines. Il pesait ses récoltes, connaissait la surface exacte de ses terres de culture et les quantités de fumier qu'il leur appliquait. Boussingault l'imita dans sa propriété de Péchelbronn en 1834 et Lawes en fit autant à Rothamsted en 1843. A partir de 1850, les autorités relayèrent les propriétaires privés et constituèrent dans de nombreuses régions des stations agronomiques dotées de laboratoires et d'un personnel fait essentiellement de chimistes. Il s'agissait surtout de contrôler la qualité des engrais. Des dizaines de stations agronomiques furent ainsi fondées dans chacun des grands pays d'Europe : Allemagne (Möchern, Tharandt...), France (Nantes 1852, Vincennes 1860...), Italie (Modène 1870...), Russie, Autriche-Hongrie et en Amérique du Nord (Berkeley 1875, Ames 1876...). Les directeurs de ces minuscules organismes surent souvent s'élever au rang de véritables savants : Bobierre ou Hellriegel, par exemple.

Les physiciens et les chimistes

Les hommes de laboratoire, désormais interrogés fréquemment par les hommes de terrain et par les expérimentateurs des stations agronomiques, ont continué, à la fin du XIX^e siècle à enrichir la science des sols. Ces sont surtout les méthodes de mesure physique et les dosages des éléments chimiques dans les sols, les plantes et les engrais qui constituent leurs

préoccupations principales.

A. Voelker (1822-1883) est le directeur du laboratoire de la Société royale d'Agriculture de Grande-Bretagne. L. Grandeau (1834-1911) Inspecteur général des stations agronomiques à Paris, et son élève Henry, Professeur à l'école forestière de Nancy, P.P. Deherain (1830-1902) lui aussi professeur, sont des protagonistes des engrais chimiques. J.J.T. Schloesing (1824-1919) et A. Müntz (1846-1917) étudient presque tous les mécanismes physico-chimiques dont le sol est le siège.

Au Danemark, I.G. Kjeldahl met au point le dosage de l'azote. I. Lemberg organise en Estonie les analyses de sol pour Dokouchaev.

Cossa en Italie, Ramon de Luna en Espagne, Petermann à Gembloux en Belgique sont des exemples, parmi beaucoup d'autres de ces hommes de laboratoire qui ont contribué à la progression de la science du sol. En 1900, il y avait de nombreuses stations agronomiques dans le monde. Le tableau suivant en donne une idée.

Allemagne	81	France	82
Angleterre	21	Italie	26
Autriche	50	Russie	42
Etats-Unis	46	Suède	29

La physique des sols est dominée, à la fin du XIX^e siècle par M.E. Wollny (1846-1901) qui créa et anima un périodique spécialisé où parurent des articles des meilleurs spécialistes mondiaux, notamment Kostychev et Hilgard.

Wollny s'est opposé à l'école russe en refusant d'accepter la conception globaliste du sol. Pour lui, il y a « additivité des propriétés des composants du sol ». Celui-ci est un simple mélange. On peut fabriquer du chernozem par exemple avec 50 % d'argile, 30 % de sable et 10 % de calcaire et d'humus (à l'époque la notion de limon n'existait pas; elle a été introduite par Hall vers 1905). Il est évident que cette théorie peut être soutenue dans un laboratoire, mais, en admettant que les matériaux puissent être trouvés, comment et où placer des millions d'hectares de ce « chernozem » ?

Il n'en reste pas moins que Wollny a été un des grands fondateurs de la physique des sols dont il étudia de nombreux aspects : chaleur, humidité, lumière, électricité etc. Il a aussi étudié l'humus et a publié sur ce sujet.

Les progrès majeurs de la physique des sols n'ont cependant pas eu lieu au XIX^e siècle ; c'est dans la période suivante qu'ils vont se multiplier.

LE TEMPS DES SPECIALISTES (1900-1930)

Autour de l'année 1900, les conditions de la recherche

changent dans presque tous les pays pour la science des sols. De nouvelles ressources minérales ont été découvertes à la fin du siècle (phosphates, sels de potasse) et il faut analyser à la fois les engrais qui sont proposés aux agriculteurs et les sols dans lesquels on les introduit. La chimie analytique doit résoudre ces problèmes.

Dans les pays neufs comme les USA et la Russie, la reconnaissance des sols et leur cartographie est un besoin impérieux pour contrôler la mise en valeur. Il en sera de même, plus tard dans les zones tropicales et aussi pour diriger les irrigations en zones arides.

Le développement du machinisme et du contrôle hydrique du sol nécessite des recherches de physiques du sol et la microbiologie et qui a fait ses preuves pour l'explication des mécanismes, cherche désormais à étendre son champ de compétence.

Inventaire et cartographie des sols

A l'exposition universelle de Paris, en 1900, l'équipe de Dokouchaev présenta la première carte nationale : celle de la Russie d'Europe. En 1909 à Budapest, ce fut le tour de la Roumanie de présenter la carte de ses sols.

Dans les grandes nations des service de cartographie se mettent en place. M. Witney (1860-1927) a créé de 1898 à 1901 sous différentes formes administratives « the Soil Survey ». Un premier essai de carte est fait dans le Montana en 1898 et connaîtra un développement exponentiel. La notion de série de sols est introduite en 1909. Des collaborateurs remarquables travaillèrent dans ce service (Coffey Briggs, Cameron, etc.). C.F. Marbut (1863-1935) succéda à Witney en 1915 et sut faire de cet organisme un puissant moyen de recherche et d'inventaire sur les sols. Ayant eu connaissance des livres de Glinka, il les fit traduire en anglais. En 1927, le congrès de Washington facilita la circulation des informations entre les écoles russe et européenne et l'école américaine.

En Russie, les efforts des pédologues furent concentrés, à partir de 1906, sur la mise en valeur de la Sibérie sous la direction de Glinka. De nombreux spécialistes du sol de grande valeur firent ainsi leurs premiers travaux : L.I. Prassolov (1876-1951) fut plus tard un grand organisateur et dirigea l'Institut Dokouchaev de 1937 à 1949; S.S. Neustruev (1874-1928) fut un des créateurs de la géographie des sols et développa la notion de combinaison de sols; A.I. Bezsonov, Yarilov (1868-1947), B.B. Polynov (1887-1952) orientèrent l'étude des sols sur celle des surfaces (géomorphologie), N.A. Dimo (1873-1959) étudia les sols des zones arides. Au total, beaucoup de pédologues ont contribué à cette grande aventure scientifique que fut l'exploration du continent sibérien. Des dizaines de millions d'hectares furent ainsi cartographiés.

Dans les pays de plus forte occupation humaine, l'inventaire des sols fut plus tardif ou même, ne commença qu'après la

seconde guerre mondiale. Mais la reconnaissance des types de sols qui doit précéder cet inventaire a été faite au préalable. On peut citer : E. Huguet del Villar (1871-1951) en Espagne, P.O. Principi en Italie, A.J. Oosting, D.J. Hissink et C.H. Edelman aux Pays-Bas, Grégoire et Tavernier en Belgique, G.M. Murgoci (1872-1925) en Roumanie, N. Pouchkarov en Bulgarie, P. Treitz (1866-1934) en Hongrie, C. Miklczewsky (1874-1949) en Pologne, B. Frosterus en Finlande, etc. Des émigrés russes vinrent après 1917, faire connaître les conceptions russes à l'ouest : I. Stebut (1876-1952 en Yougoslavie, V. Agafonoff en France, Joffe aux USA). En Allemagne, ce sont surtout E. Ramann et E. Blanck (1877-1953) qui orchestrèrent les recherches sur la genèse des sols. Blanck a publié, à partir de 1929, le « Handbuch der Bodenkunde » qui est l'ouvrage le plus important publié à ce jour sur l'ensemble des questions de la Science du Sol.

Biologie des sols

Après les grandes découvertes de la fin du XIX^e siècle, la microbiologie est enseignée et F. Loehnis (1874-1931) écrit, en allemand, le premier traité « bactériologie agricole » (1910). Il vint enseigner cette science aux USA de 1913 à 1923 et eut pour élèves E.B. Fred, N.R. Smith, Ch. Thom et le canadien Lochhead. C'est surtout l'inventaire des espèces microbiennes du sol et l'étude de leur rôle qui sont entrepris. J.-G. Lipman (1874-1939) élargit le champ des études à tous les éléments vivants du sol. Directeur de « Rutgers college » (1915), il fonda le journal « Soil Science » et recruta S.A. Waksman (1888-1973) qui fit entre autres, des recherches sur l'humus et reçut le prix Nobel (1952) pour avoir isolé, dans le sol, un micro-organisme fournissant l'antibiotique qui a permis de soigner la tuberculose.

Charles Darwin (1809-1882) a consacré une partie de sa vie à l'étude des vers de terre et à leur action sur la formation du sol. Il est allé jusqu'à dire que le terme de « terre végétale » était mauvais et qu'il serait plus indiqué de dire « terre animale ». La tradition des études faunistiques dans le sol était donc bien établie en Grande-Bretagne. A Rothamsted, à la suite d'un incident de laboratoire, J. Russell et son collaborateur H.B. Hutchinson montrèrent les effets de la stérilisation du sol et développèrent, après 1918, toute une série de travaux sur la faune et la micro-faune terricoles, qui eurent des applications importantes notamment en horticulture.

Les physiciens du sol

Ils ont été particulièrement efficaces durant cette période en précisant les relations du sol avec l'eau et la dynamique de la structure. B.A. Keen et son élève R.K. Schofield (1901-1960) ont, eux-aussi, illustré Rothamsted dans ce domaine.

Mais ce sont surtout les américains qui ont fait progresser les conceptions sur l'eau du sol : L.J. Briggs (1874-1963) définit le coefficient de flétrissement et l'humidité équivalente ; son

élève E. Buckingham (1867-1940) définit le potentiel capillaire. W. Gardner (1883-1964) dirigea la station de recherche de l'Utah où fut mis au point le tensiomètre et il forma de nombreux élèves : comme L.A. Richards et L.B. Lindford.

G. Boyoucos et surtout L.D. Baver (1901-1980) auteur d'un traité célèbre doivent être cités parmi une pléiade de chercheurs remarquables.

Les chimistes perfectionnent leurs analyses

L'analyse des sols se perfectionne. La prise de conscience de l'importance des procédés d'extraction des éléments à doser fait apparaître des techniques successives. Par exemple, pour les phosphates du sol, celle de Schloesing et De Sigmond puis de E. Truog (1884-1969) plus tard relayées par la méthode aux carbonates, etc.

Truog a été un maître de la chimie des sols ; il a travaillé dans presque tous les domaines mais surtout sur l'acidité des sols et sur la dynamique du phosphore. Excellent professeur, il a eu 175 élèves dont W.H. Pierre qui fut lui aussi un excellent pédagogue.

Les chimistes américains ont ainsi relayé les européens, détournés de leurs travaux par la guerre de 1914. Parmi eux : W.H. Macintire (1885-1962), C.G. Hopkins, F.P. Vietch et beaucoup d'autres.

En Russie, le successeur de Kostychev à l'école forestière fut Kossovitch (1862-1915) qui orienta les études du sol dans un sens dynamique. Son élève S. Sakharov (1878-1949) soutint sa thèse en 1906 sur « les solutions du sol » : il ouvre ainsi la voie aux études sur le comportement physico-chimique du sol en fonction de l'humidité. Un autre élève de Kossovitch, K.K. Gedroiz (1872-1933) marqua profondément la chimie du sol : il publia (1909 et 1933) des ouvrages importants sur les méthodes d'analyse des sols ; mais il est surtout connu pour ses travaux sur le complexe absorbant et sur les conséquences des échanges d'ions dans les sols, dans les domaines de la fertilité et de l'alcalinité. Il a présidé le second congrès international à Leningrad en 1931, et fut, avec Glinka l'animateur de la science des sols en URSS dans les années 20.

A Budapest, A.J. de Sigmond (1873-1939) eut une carrière analogue et contribua lui aussi aux travaux sur les phénomènes d'échange ainsi que le suédois Sante Mattson (1886-1980), l'allemand vivant en Suisse Wiegner (1883-1936) et l'américain W.P. Kelley (1878-1965). Les quatre savants que nous venons de citer ont, ensemble, révolutionné nos conceptions de la physico-chimie du sol.

Dans des domaines plus classiques, l'efficacité et la précision des analyses ont été largement améliorées par des hommes comme l'américain F.E. Bear (1884-1968) pour les éléments fertilisants, les suédois O. Tamm pour l'humus et

Atterberg (1846-1916) pour l'analyse granulométrique qui fut aussi précisée aux USA par le chercheur d'origine grecque Boyoucos, tandis que W. Gardner (1864-1942) renouvelait les conceptions sur la dynamique de l'eau dans le sol.

Gardner fut peut-être le représentant le plus marquant d'une remarquable équipe de physiciens du sol de l'université de l'Utah qui a fait réaliser de grands progrès à la physique des sols. Attachés à faire survivre leurs compatriotes dans un climat aride, ils ont été les pionniers de l'irrigation, de l'utilisation des sols et des eaux salées et de la culture sèche. J.A. Widstoe (1872-1952) a publié en 1913 son livre sur le « dry farming » reprenant de vieilles techniques méditerranéennes remises en honneur dès 1840 par les colons français d'Algérie.

La Science du Sol vers 1930

Dans ses souvenirs, Wacksman raconte ses voyages en Europe à cette époque. Son diagnostic traduit les dégâts considérables causés par la guerre de 1914-1918 dans le domaine scientifique. L'urgence des solutions à donner aux problèmes techniques avait dans presque tous les pays diminué l'intérêt des pouvoirs publics pour les études théoriques et orienté les efforts des hommes de science vers des questions pratiques. Une réaction s'amorce cependant vers 1930, malgré la crise économique qui affecte à ce moment-là les USA.

De 1930 à 1950, les spécialistes de la science du sol vont préparer, malgré les crises politiques et financières, malgré les guerres et les transformations sociales et politiques, l'épanouissement que la Science des Sols connaîtra pendant les années 1950 à 1990.

MONDIALISATION DE LA SCIENCE DES SOLS (1930-1950)

Les congrès internationaux

A la fin du XIX^e siècle, tous les scientifiques ont ressenti le besoin de rencontres régulières, de choix et de décisions communautaires ainsi que de liaisons internationales.

Un premier congrès international des Directeurs de Stations Agronomiques a été organisé, à Paris, par Louis Grandeau en juin 1881. Décidé en février et réalisé en quelques mois, ce congrès a eu environ 170 inscrits et 70 participants venant de nombreux pays. Deux autres réunions eurent lieu à Paris en 1889 et en 1900, en même temps que les expositions universelles. Plusieurs pays exposèrent leurs travaux de recherche. Dokouchaev, notamment, exposa les siens qu'il envoya aussi à Chicago en 1893. Le russe Williams, alors tout jeune, fut le présentateur et Whitney visita cette exposition.

Mais il s'agissait de congrès d'agronomes dont les sujets dépassaient largement l'étude des sols. Le congrès de 1881

proposa la création d'une publication internationale qui fut fondée par L. Grandeau en 1883 sous le titre : « Annales agronomiques françaises et étrangères », dans laquelle furent diffusés de nombreux travaux de chercheurs en science du sol.

La première réunion consacrée uniquement aux problèmes des sols fut organisée à Budapest en 1909 par le roumain Murgoci et par Timko et Treitz, deux hongrois. Cette « première Conférence d'Agrogéologie » eut beaucoup de succès, avec une centaine de participants. La Belgique, l'Allemagne, l'Italie, la Norvège, l'Autriche, la Hongrie, la Roumanie et la Russie y étaient représentées officiellement. Deux savants (par exemple Hilgard), avaient écrit aux organisateurs pour manifester leur accord à titre personnel...

L'année suivante, une autre réunion eut lieu à Stockholm où fut décidée la création d'une revue internationale, confiée aux allemands, et qui a paru jusqu'en 1940. La périodicité des congrès fut fixée à quatre ans et le suivant devait avoir lieu à Moscou en 1914. Dès la fin de 1913, les russes y renoncèrent et ce n'est qu'à Prague, en 1922, que les spécialistes du sol se rencontrèrent à nouveau : 15 pays étaient représentés et 9 autres avaient envoyé leur accord de principe.

A Prague, les délégués décidèrent de se retrouver à Rome en juin 1924 (4^e réunion internationale de Pédologie) où fut votée la création de l'Association Internationale pour la Science du Sol, dans la séance du matin du 19 juin. Son premier congrès, sur l'invitation de G. Lipman (1874-1939)* eut lieu à Washington en 1927.

A cette occasion, une importante délégation soviétique dirigée par Glinka était venue reprendre les contacts et « révéler » la pédologie aux congressistes. Quatre ans plus tard, à Leningrad et à Moscou, les rencontres furent fructueuses notamment avec les délégations qui n'avaient pas assisté au premier congrès. A Oxford (1935), ce furent les européens, plus nombreux, qui furent surtout présents. Les relations internationales ont donc été multipliées entre 1927 et 1937. Malheureusement, dès 1935, les effets conjugués de la crise économique et de la préparation de la seconde guerre mondiale fit diminuer les effectifs des membres de l'A.I.S.S. et le congrès de 1939 prévu à Berlin sous la présidence de Schucht n'eut pas lieu. Le secrétariat général sombra dans la défaite nazie. Il fallut l'initiative de Demolon pour proposer une réunion internationale sur les sols méditerranéens à Montpellier et Alger (1947) et donner ainsi l'occasion à quelques personnalités (Kellog, Aubert, Edelman, Tavernier) de se rencontrer et de relancer l'Association grâce à son nouveau Secrétaire Général, Van Baren, qui organisa le quatrième congrès à Amsterdam, en 1950.

Depuis, les congrès se sont régulièrement succédés tous les quatre ans. La croissance de l'Association a été spectaculaire bien qu'elle ait été marquée par les prémices de la crise

pétrolière de 1975. L'activité a repris, très nettement, tout en accusant une baisse récente d'effectifs.

L'Association Internationale de la Science du Sol

Le président de l'A.I.S.S. est celui du futur congrès : il est donc choisi par l'Association nationale qui invite ; le Secrétaire général, lui, reste en poste beaucoup plus longtemps (il y en a eu quatre en 66 ans). Il assure donc la permanence de l'administration de la société et le maintien des traditions. Un bulletin trimestriel renseigne les adhérents sur la vie de l'association, les activités des associations nationales, les publications et les événements de la carrière des adhérents.

Entre chaque congrès, des réunions des principales commissions et sous-commissions et de certains groupes de travail ont lieu sur des sujets d'actualité.

Lors de chaque congrès des comptes-rendus copieux des travaux sont publiés et chaque pays invitant présente un état détaillé de la science du sol nationale. Des membres d'honneur sont nommés et leur liste ainsi que celle des présidents comporte la plupart des grands noms de la Science des sols.

L'A.I.S.S. comporte en 1997 sept commissions et quatre sous-commissions, seize groupes de travail et cinq comités permanents.

Les conceptions concernant le sol

A la fin des années quarante, un débat de fait s'instaura entre les spécialistes du sol. Il fut exprimé peu à peu (Cline 1971, Simonson 1957, 1968, Boulaine 1980), et, suscita peu de discussions mais beaucoup de tensions.

Schématiquement, ce conflit d'idées peut se résumer par l'exposé des doctrines suivantes sur la nature du sol :

ζ Le sol est considéré comme un milieu définissables par des variables indépendantes. On peut les étudier isolément, et toute référence à un déterminisme génétique est inutile et sans intérêt. Ce fut la position en particulier des membres du Soil Conservation Service aux USA mais aussi, implicitement de beaucoup de chercheurs engagés dans des spécialités de laboratoire partout dans le monde.

ζ Fallou, Hilgard, Müller et l'école pédologique russe, ont présenté une conception essentiellement génétique nuancée depuis par la découverte progressive des mouvements obliques dans les sols. De ce point de vue, le sol résulte d'un déterminisme naturel qui s'affirme au fur et à mesure que la durée d'évolution augmente et avec d'autant plus de force que le climat est plus agressif, c'est-à-dire plus chaud et plus humide. Le résultat est l'existence d'unités de sol, simples ou complexes (la notion de combinaison a été précisée par Neustruev à la fin des années 20) qui sont cartographiables et dans lesquelles les variables qui permettent de définir le sol sont reliées entre elles ou s'excluent. Vers 1950, Jenny représentait cette philosophie aux USA et ce point de vue

était partagé par Robinson, Demolon, Kubiena, Edelman, Taylor, et beaucoup d'autres.

ζ Sous l'influence de Kellog, le Soil Survey et la plupart des services d'inventaire des sols prirent une position intermédiaire, déterminée par les caractéristiques des applications agricoles. On ne peut pas trop compliquer les informations destinées à des agriculteurs qui, de toutes manières, vont s'en servir pour cultiver des parcelles d'une façon homogène. La solution, facile à mettre en oeuvre dans les régions de plaine, consiste à découper des unités cartographiques aussi homogènes que possible en combinant des données analytiques relativement simples (texture, structure, pH, humus, calcaire etc.) avec une conscience aussi claire que possible du jeu des facteurs de formation des sols, surtout quand ceux-ci déterminent des limites sans ambiguïté (falaises, ruptures de pente, bords de plans d'eau etc.). Les variations qui s'écartent trop de la définition de l'unité sont considérées comme des impuretés (moins de 15 % de la surface dans les cartes de séries de sols).

ζ On s'apercevra plus tard, vers les années 60 - mais des pionniers l'ont probablement compris bien avant - que dans les zones de collines, en montagne, et dans les régions d'accumulation récente de matériaux originels du sol, des gradients, des distributions aléatoires, des formes spéciales dues aux agents climatiques, déterminaient une morphogenèse dont les variations sont à toutes les échelles et présentent toutes les intensités. Fridland, à l'Institut Dokuchaev, a exploré les techniques de représentation des sols qui présentent ces caractéristiques.

En 1950, la prise de conscience de ce problème était encore réservée à quelques chercheurs, chefs de grands services comme Kellog, Cline, Robinson ou Fridland. Après 1950, le début fut masqué par la croissance rapide des institutions, par l'arrivée dans les laboratoires et sur le terrain d'hommes jeunes et attachés à résoudre des problèmes techniques simples et immédiats.

Le problème reste de savoir si l'intérêt, pour l'avenir des recherches, est d'utiliser une conception aussi perfectionnée que possible, ou si le poids des applications techniques nous entraînera à limiter le contenu de notre conception du sol.

Les hommes qui ont maintenu la science du sol

L'intensité de l'activité internationale démontre que, malgré la crise économique en URSS et malgré la guerre de 39-45 qui a affecté le monde entier, des hommes ont, dans la plupart des pays, entretenu et même développé les recherches sur le sol.

En URSS, l'influence néfaste de V.R. Williams (1863-1939), allié à Lissenko, a été heureusement contrebalancée par tout le groupe de l'Institut Dokouchaev rassemblé autour de Prassolov mais aussi de I.V. Tiurin (décédé en 1962) et A.A.

Rode (1896-1979). Il a permis à V.N. Sukachev (1880-1966) de poursuivre ses études des sols marécageux tandis que D.N. Pryanishnikov (né en 1865) continuait ses travaux sur la fertilité des sols. Il faut aussi citer B.B. Polynov (1887-1952), explorateur de l'Asie soviétique et spécialiste des sols salés, mais aussi, de Afanasiev, Sokolovsky, Ivanov, Kravkov, Akimtsev, Zavalishin etc. et, plus récemment I.P. Gerassimov, Kovda et Fridland.

Cette rapide énumération donne une faible idée de l'immense travail de recherche et d'inventaire réalisé en Union Soviétique sur les sols : 5.000 spécialistes environ pouvaient y être dénombrés vers 1960.

Il y avait encore plus de chercheurs et de spécialistes aux USA (environ 7.000). Dans ce pays, une des grandes chances de la science du sol a été la prise de conscience de la gravité de l'érosion des sols (dust bowl) et le choix que le président Roosevelt a fait, parmi les remèdes à la grande crise économique, d'utiliser la défense et la conservation des sols comme technique pour diminuer provisoirement les surfaces cultivées et la production agricole.

Des conseillers et des hommes d'action comme Marbut, Kellog, H.H. Bennet (1881-1960) furent à ses côtés pour créer ce qui devint peu à peu le Soil Conservation Service. Les travaux sur l'érosion qui avaient été commencés avec Dokuchaev en Russie en 1891, mais aussi, avec Surrel en France vers 1850 et des générations innombrables de paysans en Asie, en Europe méditerranéenne, ou en Amérique du sud, devinrent désormais l'objet de recherches rationnelles qu'illustrèrent W. Lowdermilk, Wisvchmeyer, H.J. Harper etc.

La France avait été ravagée par la grande guerre ; son économie comme sa population avaient beaucoup souffert : un quart des agronomes avait été tué. Mais le traité de Versailles en fit la première puissance européenne en matière d'engrais chimiques. La création, en 1922, du Centre de Recherches Agronomiques de Versailles (devenu I.N.R.A. en 1946) allait donner des bases scientifiques à la publicité pour les éléments fertilisants et amorcer un redressement agricole exemplaire après 1950. Mais il fallut d'abord former les chercheurs, et ce fut fait sous la direction de A. Demolon* (1881-1949) et de son collaborateur G. Barbier. Ils mirent au travail S. Henin, G. Aubert, G. Drouineau alors que, à l'Ecole forestière de Nancy, C. Oudin recrutait Ph. Duchaufour. Ce furent eux les grands artisans du redressement de la science des sols en France après 1950.

Les britanniques, moins touchés par la tourmente, avaient réalisé combien l'agriculture était précieuse pour un pays susceptible d'être coupé de ses sources de ravitaillement : ils développèrent leur recherche et furent en mesure de supporter le choc de la guerre 1939-1945. Sir John Russel et son fils W.E.W. Russell ainsi que K.D. Hall (1864-1942) furent les artisans d'une activité qui s'étendit à toute la communauté

britannique d'outre-mer.

Schofield, Keen en physique du sol, G.W. Robinson (1888-1950) et A. Muir en pédologie, et pour les zones tropicales F. Hardy (1889-1977), Jacks, Green, Milne et Joseph sont à citer. En Australie, Prescott et J.K. Taylor (1898-1982) Stephens et Northcote commencèrent l'inventaire des sols alors que, en Nouvelle-Zélande, c'est H. Taylor qui anima ces recherches.

En Afrique du sud, C.R. Van der Merve fit un travail analogue. Au Canada, un géographe, H. Prat* sut allier la connaissance des sols à celle de la géographie humaine.

Reiffenberg commença l'étude des sols de Palestine. A. Mattéi, à partir du Chili, explora ceux de l'Amérique du sud tandis qu'au Brésil, L. Vettori fondait la chimie du sol de ce pays. En Inde, c'est N.R. Dhar, plus S.P. Raychaudur et au Japon T. Seki et Y. Ishizuka, éminent spécialiste de l'acidité des sols, qui jouèrent le même rôle.

Les belges doivent beaucoup à G. Waegemans (1913-1976), à G. Manil et à R. Tavernier qui formèrent les futurs explorateurs des sols du Congo et de beaucoup de pays tropicaux. L'inventaire des sols des Pays-Bas fut amorcé par A.J. Oosting, avec Edelman et Hissink, tandis que Mohr et Van Baren se consacraient à l'Insulinde. En Italie, Comel, Pratolongo, P. Principi, Azzi et A. Oliva maintinrent la tradition d'une agronomie savante. En Espagne, Huguet del Villar et Albareda Herrera jetèrent les bases d'une science du sol qui fut décimée par la guerre civile, mais leurs jeunes élèves se mirent au travail après la fin de celle-ci.

Ainsi, avec des intensités différentes et des vitesses diverses dans tous les pays que nous avons cités et dans bien d'autres, des institutions, des hommes, des publications consacrées à la SCIENCE DU SOL se mirent en place ou se renforcèrent entre 1930 et 1950. Ce patrimoine intellectuel et humain traversa les événements de 1939-1945 tant bien que mal, mais lorsque la vie scientifique reprit définitivement en 1950 avec le congrès d'Amsterdam (1950), les éléments de base d'un essor vigoureux étaient en place.

Nouvelles techniques et nouvelles approches

Les progrès des sciences physico-chimiques entre 1930 et 1950 ont eu des répercussions importantes et des conséquences heureuses sur les travaux ultérieurs en matière de sols.

La détermination des argiles et la notion même d'argile en est un des exemples les plus remarquables. A la définition dimensionnelle s'est ajouté à partir des années trente la définition minéralogique que la technique des rayons X, et aussi l'analyse thermique, ont rapidement perfectionnés. S.B. Hendricks (1903-1981) et les nombreux élèves des minéralogistes : M. Jackson et Grim aux U.S.A., G. Millot en France etc.

en furent les artisans.

La notion de pH, apparue dans les années vingt, a donné une meilleure définition du milieu physico-chimique et les techniques de mesure qui ont été mises au point ont permis de faire le diagnostic de l'acidité (Ishizuka, Truog, Mitscherlig etc.), en place comme au laboratoire. La théorie des ions a éclairé les phénomènes d'échange et a permis de les traiter de façon beaucoup plus traditionnelle. La définition et le traitement des sols salins et alcalins lui doivent beaucoup de leurs progrès.

La photographie aérienne dont les débuts datent des années vingt, a fait des progrès gigantesques au cours des opérations militaires et a mis à la disposition des cartographes des documents exceptionnels qui ont permis une grande précision dans le tracé des contours et facilité l'identification des unités.

Les techniques de dosage des éléments chimiques ont connu une lente amélioration : miniaturisation et automatisation des dosages, introduction progressive de méthodes physiques plus rapides et plus précises. Mais la transformation des laboratoires sera surtout l'oeuvre des années 60. En 1950, on continue presque partout à utiliser des techniques demandant un long apprentissage ; les hommes de laboratoire sont encore à cette époque avant tout des chimistes.

À la fin de la guerre, l'usage des véhicules tout terrain transforme la vie quotidienne des cartographes : l'exploration des zones tropicales et désertiques est facilitée. On découvre alors de nouveaux types de sols, et l'importance de la géomorphologie va être révélée aux explorateurs de ces milieux jusque là mal connus.

Les grands travaux de mise en valeur, réformes agraires et périmètres irrigables, conquêtes de nouvelles terres de culture, essais de récupération des sols salés, drainage des zones marécageuses, lutte contre l'érosion etc. exigent des inventaires techniques, des surveillances périodiques et des pronostics sur l'évolution éventuelle des terres, qui ont des répercussions sur les programmes de recherche et sur les codes de définition des variables pédologiques.

Toutes ces évolutions sont en plein développement en 1950. Les quarante années qui suivront seront marquées par un remarquable épanouissement de la Science des Sols.

BIBLIOGRAPHIE

- Boulaine J. - 1980 - Pédologie appliquée. 280 pages. Masson Paris.
- Boulaine J. - 1989 - Histoire des pédologues et de la science des sols. 230 pages. Masson Paris.
- Boulaine J. - 1990 - Deux siècles de fertilisation minérale. In : « deux siècles de progrès pour l'Agriculture et l'Alimentation » - Bicentenaire de l'Académie d'Agriculture de France n° 14 Lavoisier - Paris.
- Boulaine J. - 1990 - La bataille des phosphates au XIX^e siècle - Bull. intérieur de l'INRA (sous presse).
- Boulaine J. - 1996 - Histoire de l'Agronomie - 2^e édition. 432 pages. Lavoisier Paris.
- Cline M.G. - 1961 - The changing model of soil - S.S.S. of Am. Proc. pp. 442-446.
- Dickson I.A. - 1788 - From agriculture of antiquity - Edimbourg traduit en français en 1802 : « de l'agriculture des anciens » Samson. Paris.
- Grégoire H. - 1804 - Essai historique sur l'état de l'agriculture en Europe au seizième siècle. Introduction à l'édition du « Théâtre d'agriculture et d'économie rustique » d'Olivier de Serres éditée par la société d'agriculture de Paris.
- Gieseckel - 1929 - In Handbuch der Bodenlehre de E. Black - Springer Berlin. Chapitre II du tome I : Histoire de la pédologie (en allemand).
- Jamieson Th. - 1909 - La science agricole dans la grande Bretagne - Ann. de la Sc. agr. T. 2 - 1909. pp. 320-392.
- Jenny H. - 1961 - E.W. Hilgard and the Birth of the modern Soil Science - 144 p. - Agrochemica Pise.
- Kellog C.E. - 1948 - Conflicting Doctrines about Soils - Science monthly 66 - pp. 475-487.
- Kubiena W. - 1953 - Claves sistematicas de suelos - C.S.I.C. Madrid.
- Ing F.H. - 1910 - A textbook of the Physics and Agriculture. 604 pages. Madison Wisc. USA.
- Krupnik I.A. - 1981 - Historija pochvovedenié (en russe) Histoire de la pédologie. Traduction orale au magnétophone par M. Peguet (INRA) - Isdatielstvo Nauka - Moscou.
- Pallman H. - 1933 - über die geschichtliche Entwicklung der Bodenkunde.
- Poggendorf J.-C. - 1976 - graphisch-Literarisches Handwörterbuch der exacten Naturwissenschaften - Akademie verlag Berlin.
- Rohna A. - 1900 - ROTHAMSTED, un demi siècle d'expériences agronomiques. Ann. sc. Agr. Fr. et étr. 1900. T. 1 - pp. 30-490.
- Russel E.J. - 1962 - The Rebirth of Soil Science in Great Britain - Soil Science 1962 - 94 - 2 - pp. 204-214.
- Russel E.J. - 1966 - An History of agricultural science in Great Britain : 1620-1954 - 493 pages - G. Allen and Unwin London.
- Sastriquez Garcia - 1983 - A proposito del centenario de la obra « el chernoziom ruso » de V.V. Dokuchaev. Ciencias de la Agricultura - Cuba.
- Simonson R.W. - 1957 - What soils are - Yearbook of agriculture. pp. 17-31.
- Simonson R.W. - 1968 - Concept of soil - Advances in Agronomy 20.
- Scribner S. - 1978 - Dictionary of scientific biography 1970-1978 - 16 volumes - Ch. Scribner and son - New York
- Simonson R.W. - 1989 - Historical Highlights of Soil Survey and Soil Classification with Emphasis on the United States (1899-1970) - 83 pages - I.S.R.I.C. Wageningen.
- Soil Science Society of America Journal - 1977 - Série d'articles sur l'histoire de la Science des sols. N° 41. pp. 221-265. Articles de : W.H. Gardner - G.M. Browning - F.E. Clark - D.A. Russel and G.G. Williams - F.G. Viets - G.W. Thomas - M.G. Cline.
- Stefanovits - 1991 - Brown Forest Soils of Hungary - Académia Kido Budapest.
- Waxman S.A. - 1964 - Ma vie avec les microbes - 343 pages - A. Michel Paris.