

Inventaire et caractérisation des sols du monde

Etat et difficultés des problèmes de corrélation

G. PEDRO*

M. JAMAGNE et J.-C. BEGON**

INTRODUCTION

Ainsi, à partir de 1883, DOKOUCHAEV a été amené à créer la notion de type de sol et à définir les principaux orthotypes reconnus dans l'immense plaine russe, c'est-à-dire dans la zone septentrionale de l'hémisphère boréal (entre 80 et 45° Lat. N) à climat continental froid : *podzol*, *tchernoziem*, *castanoziem*, *serozem*... Ces divers types de sols sont marqués par une adéquation avec les facteurs externes et en particulier avec le climat (actuel); d'où l'émergence de la loi de la zonalité (1898). En outre, chacun d'entre eux est caractérisé par un accord de phase entre sa constitution, sa morphologie et son fonctionnement.

A partir de ces premiers éléments, il devenait nécessaire, pour asseoir la pédologie, de poursuivre l'inventaire dans d'autres lieux de la Planète, **la distribution géographique étant la base fondamentale de toute analyse comparative**. Or, ces lieux pouvaient être situés aussi bien dans des zones connues (parce que peuplées densément depuis l'Antiquité — « Monde plein ») que dans les zones non pas inconnues, mais très peu fréquentées par suite d'un abord malaisé (sorte de No mans'land assimilable plus ou moins à un « gaz rare »).

D'un autre côté, les sites pouvaient être localisés :

— à l'intérieur de la même bande climatique que la Russie, soit dans les régions aussi continentales, soit encore dans des domaines franchement océaniques;

— ou bien au sein d'autres zones climatiques et en particulier dans les régions chaudes, le domaine intertropical notamment.

Or, naturellement, dans chacune des situations envisagées, les problèmes posés ont été différents :

Dans le cas des zones **connues** appartenant à la **même** bande climatique que la Russie, le problème était avant tout de réaliser l'inventaire en se référant à un schéma élaboré, celui de DOKOUCHAEV; donc, à première vue, un **simple transfert de connaissances**.

* INRA - Station de Science du Sol - 78000 Versailles.

** INRA - Service d'Etude des Sols et de la Carte Pédologique de France - 45160 Orléans-Ardon.

C'est ce qui a été fait au cours d'une première étape par les élèves directs de DOKOUCHEV qui, il faut bien le dire, ont été comme toujours plus intransigeants que le maître (DOKOUCHEV avait proposé une théorie; ils en avaient fait une doctrine); d'où les échecs, notamment en Europe Occidentale, échecs dont on s'est relevé, lorsqu'au lieu de plaquer un système sur un milieu naturel, les pédologues ont commencé par réaliser une analyse systématique de leur milieu naturel. En appliquant ainsi l'esprit et non la lettre de la théorie de DOKOUCHEV, l'inventaire a conduit pour cette bande latitudinale à l'émergence d'autres types de sols : sols bruns (Braunerde) (E. RAMANN, 1905) et sols lessivés (G. AUBERT, 1936-1937 - Ph. DUCHAUFOUR, 1948) en Europe, Planosols (M. BALDWIN, 1938) aux U.S.A., Andosols (1964) au Japon... Mais, cela a entraîné d'un autre côté le développement de visions plus régionalisées de la pédologie : chaque école a eu tendance, en fonction de sa sensibilité et de son milieu propre, à proposer un système de classification, ce qui a abouti inéluctablement, et avec les meilleures intentions du monde, à un début de « babélisation » de la science pédologique (sur laquelle il sera bon de revenir ultérieurement).

En définitive, dans ces zones connues depuis longtemps, le problème a été essentiellement d'ordre scientifique; il n'en a pas été pour autant facile à élucider.

Mais que dire des autres régions du monde? Il y a en effet beaucoup de contrées en dehors de la zone tempérée boréale; et dans ce cas, il fallait déjà y aller avant même de pouvoir les étudier. Que savait-on par exemple de l'Afrique à la fin du XIX^e siècle; fort peu de choses : les régions côtières nous étaient familières, mais la connaissance de l'intérieur demeurait assez floue, pour ne pas dire nulle. Or, c'est la connaissance intime des paysages intérieurs qui importe avant tout aux spécialistes de la surface du Globe. Certes, il y avait eu un peu partout des expéditions, mais c'étaient des tours de force, souvent sans lendemain; même lorsque un peu plus tard, elles ont été réalisées avec des transports mécaniques, telles les célèbres expéditions Citroën : Croisière noire (1925) et Croisière jaune (1931). La reconnaissance des régions désertiques restait dangereuse; celle des régions forestières denses étaient difficiles et laissaient de plus aux naturalistes un sentiment d'insatisfaction du fait qu'il est malaisé de se situer dans un paysage fermé.

Heureusement, la construction des voies de communication pour les transports mécaniques terrestres (voies ferrées et surtout routes) a été d'un grand secours.

Elle a permis la pénétration de régions lointaines ou inaccessibles; citons en quelques-unes parmi les plus célèbres :

— *la Transsibérien* (1891-1903), qui totalise 6500 km de Tcheliabinsk à Vladivostok et 8000 km au départ de Moscou. Il a ouvert les portes de la Sibérie et, de ce fait, a permis de gagner une vingtaine de jours pour aller en Chine et au Japon;

— *la route transcanadienne* : 7848 km entre Vancouver et Terre Neuve, qui permet de traverser toute une série de zones climatiques depuis l'Est océanique jusqu'aux Grandes plaines de l'Ouest et aux Montagnes Rocheuses Pacifiques;

— *la route panaméricaine*, depuis Buenos-Aires jusqu'à l'Alaska qui va ainsi de 40° Lat. Sud au cercle polaire arctique;

— enfin, la dernière en date, *la route transamazonienne* qui est la seule route transcontinentale (5000 km) à traverser le domaine de la forêt dense équatoriale. Il faut y ajouter en outre des tronçons importants, tel Manaus-Boa Vista par exemple (vers le Venezuela).

En dehors de cet intérêt lié aux possibilités d'accès, ces ouvrages ont été d'un apport irremplaçable, car ils ont permis de dépasser l'étude des couvertures pédologiques par voie verticale et discontinue et d'avoir ainsi une vision **spatiale** en suivant des transects **continus** : tranchées, talus, aspect des routes lorsqu'elles ne sont pas goudronnées...

A ce sujet, le relais a été pris depuis quelques années par d'autres genres d'ouvrages liés aux transports des carburants : pipelines, oléoducs, gazoducs; plus de 400 000 km dans le monde à travers les grandes zones continentales (soit 10 fois le tour de la terre).

Citons par exemple :

- le Gazoduc transeuropéen (gaz russe) ;
- le Gazoduc transcanadien (3600 km de l'Alberta à l'Est) ;
- les différents pipelines du Moyen-Orient : Tapeline, Pétroline...

Outre ces moyens **directs** d'accès, il faut signaler que nous disposons de plus en plus de moyens **indirects** d'appréhender la surface terrestre :

- photographies aériennes à partir de la fin de la dernière guerre ;
- images satellites depuis le lancement de Landsat (27 juillet 1972) ;
- documents Radar (projet Radam Amazonie brésilienne, 1973).

Alors, au bout de 100 ans, où en sommes-nous sur le plan de l'inventaire des sols du monde, que nous apporte de tenter cet inventaire sur le plan de la science et des hommes, quelles sont les limites de ce genre d'opérations et quelles résolutions devons-nous prendre pour l'avenir. C'est ce qu'il faut examiner succinctement en considérant les deux points suivants :

- application de la doctrine pédologique dans différents secteurs de la Planète (Typologie et répartition des sols) ;
- réalisation d'un document pédologique mondial, son intérêt et ses limites.

I. EXTENSION DES CONCEPTIONS PÉDOLOGIQUES DE DOKOUCHEV AUX DIVERSES PARTIES DU MONDE — ROLE DANS L'ÉVOLUTION DES IDÉES ET DES CONCEPTS

L'étude générale, puis détaillée des autres régions du globe a conduit à l'émergence de **nouveaux** types de sols, dans la conception essentiellement verticaliste qui était, à l'origine, celle de la Pédologie :

Zones :

- méditerranéenne : sols rouges méditerranéens (~ 1930) (sols fersiallitiques) ;
- tropicale humide : sols ferrallitiques et latosols (~ 1948-1949) ;
- tropicale sèche : vertisols (1960) ;
planosols (1938).

Milieux humides : gley (1905).

Milieux arides :

- solontchak, solonetz, solods des régions salines et alcalines ;
- sols sulfatés acides (1965-1970) des régions hyperacides.

Ce qui a enrichi énormément le corpus des connaissances générales de la Pédologie et, d'un autre côté, a permis de réfléchir à la définition de l'objet-sol et à l'application de la loi de la zonalité.

Dans ce domaine, la vérification a pu se faire en appliquant à la Pédologie le principe de la causalité : « mêmes conditions, mêmes effets ».

— C'est effectivement ce qui se produit lorsqu'on étudie la nature des types de sols et leur répartition dans des zones similaires à celles de la Russie continentale. Ainsi, les grandes plaines de l'Ouest de l'Amérique du Nord pour les sols steppiques (fig. 1) ; de même le Nord Canadien pour les podzols (cf. Ph. DUCHAUFOR, 1978).

— Mais ce n'est pas toujours le cas. On sait par exemple que des podzols existent en pleine zone tropicale humide. Il ne s'agit d'ailleurs pas seulement des podzols développés sur les cordons sableux littoraux ; il est question ici des grandes taches de podzols géants qu'on appelle des « sables blancs », si caractéristiques en particulier de l'Amazonie et des Guyanes.

Est-ce une non-application de la loi de la zonalité ? Il n'est pas sûr qu'il faille poser la question de cette façon. Si des sols ne sont pas comparables sous des climats actuels similaires, c'est que les conditions de l'évolution ne sont pas ou n'ont pas été toujours les mêmes. Pour que l'analyse scientifique ait véritablement un sens, il faut avant tout comparer des choses comparables.

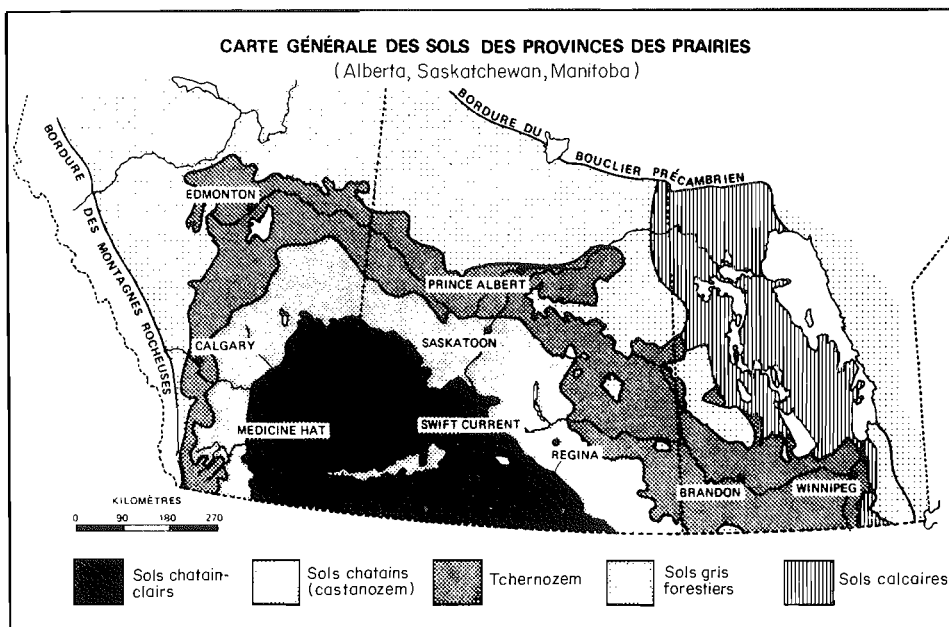


FIG. 1. Découverte de types de sols « russes » dans l'Ouest Canadien.

Or, l'étude approfondie des sols a conduit à élargir les conceptions originales de DOKOUCHEV (type de sol et loi de zonalité) et à introduire **le temps**, donc **l'âge**, puis **l'histoire** (conception historicogénétique de V.A. KOVDA, 1969).

— On s'est aperçu ainsi que tous les types de sols, dans l'acceptation de DOKOUCHEV, n'étaient pas **isochrones**.

- Par exemple, l'individualisation d'un gley ou d'un solontchak nécessite quelques dizaines d'années.
- Celle d'un podzol correspond à quelques milliers d'années.
- Enfin, celle d'un sol ferrallitique de type oxisque à des centaines de milliers d'années.

En sorte que pour un sol, qui nécessite une longue phase de développement, il faudrait prendre en compte les différents états susceptibles de se produire depuis l'origine jusqu'au stade adulte (type).

— A partir de là, une deuxième notion doit intervenir, c'est celle de l'âge de la surface sur laquelle va se développer le sol, à savoir la date à partir de laquelle celle-ci a une histoire continentale, donc plus ou moins pédologique. Or, de ce point de vue, différents cas de figures se présentent sur la Planète en fonction de l'histoire tectonique et géologique des régions considérées.

Ainsi, l'action pédogéochimique se développe dans les meilleures conditions, dès qu'on a affaire à de grands ensembles tabulaires et stables qui constituent les vieux socles. Encore faut-il distinguer plusieurs cas :

1. Dans les régions de haute latitude (U.R.S.S. - Canada), les actions glaciaires sont récentes : décapage, mise à nu et déblaiement avec dépôt périglaciaire concomitant de types loess (fig. 2). C'est le monde des couvertures pédologiques **jeunes** où l'histoire évolutive est **monotone** et correspond sur un matériau uniforme à l'action de climats post-glaciaires à peu près identiques. Il s'agit du domaine des **couvertures pédologiques en équilibre**, constituées de **sols normaux** dans le sens dokouchaïevien.

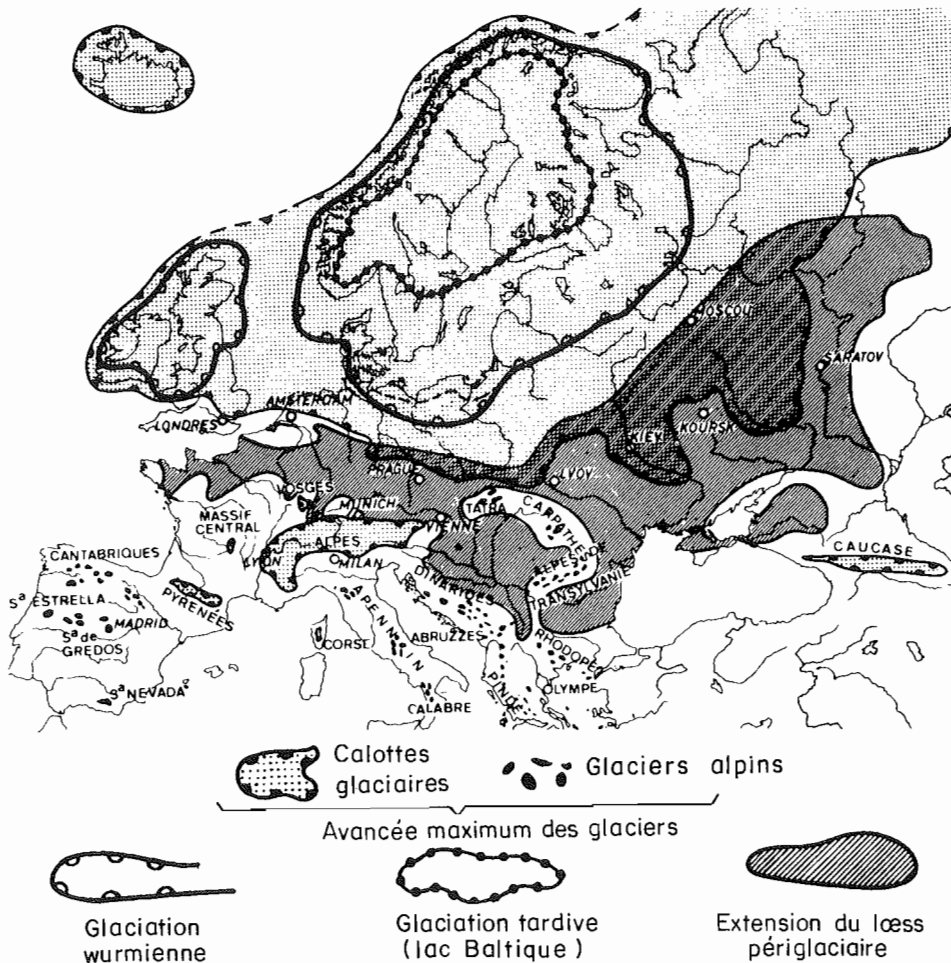


FIG. 2. Distribution et extension des dépôts quaternaires en Europe.

2. Dans les latitudes moyennes (zones méditerranéennes par exemple), certains sols sont déjà plus vieux et, à la suite des fluctuations glaciaires, ont pu subir l'action de climats plus agressifs que ceux sous lesquels ils se trouvent aujourd'hui. On a pu encore parler de types de sols dans le sens verticaliste; mais il s'agit souvent de **paléosols** ou de **sols reliques** (cf. A. RUELLAN, 1971). Ce sont déjà des couvertures pédologiques **métastables** avec des **sols en quelque sorte anormaux**, car il n'y a pas adéquation avec le climat actuel; l'accord de phase entre la constitution-morphologie d'une part et le fonctionnement d'autre part n'est plus réalisé. Naturellement de nouvelles évolutions se manifestent, mais celles-ci sont peu prononcées, les caractères reliques restant encore à ce stade dominants (1).

3. Enfin, dans les régions des socles intertropicaux, l'action pédologique a une longue histoire, quelquefois depuis l'éocène et quelquefois plus; en sorte que là où il n'y a pas eu de rajeunissements, on se trouve souvent en présence d'une action pédologique complexe, en relation souvent avec des fluctuations climatiques ou bien avec des mouvements épirogéniques.

C'est alors le monde des **couvertures pédologiques anciennes en déséquilibre**, où beaucoup de sols sont de véritables **monstres** par rapport aux normes verticales

(1) B. GEZE (1947) disait ainsi que les sols rouges méditerranéens étaient méditerranéens, non par génèse, mais par conservation.

classiques, présentant des profils à première vue irréguliers, avec juxtaposition par exemple d'horizons caractéristiques de types de sols différents. Les travaux approfondis d'un certain nombre de pédologues français ayant travaillé en région tropicale dans le cadre de l'O.R.S.T.O.M. : G. BOCQUIER (1971); R. BOULET (1974); A. CHAUVEL (1976); R. BOULET et al. (1982) et de l'I.R.A.T. : M. RAUNET (1978 et 1979) ont montré que la modification du fonctionnement conduisait inéluctablement à une transformation de la structuration et de la morphologie et, à la limite dans certains cas extrêmes, à une évolution de la constitution minéralogique. Ceci est une vision relativement nouvelle, qui met l'accent sur la différenciation **latérale** (et non plus seulement verticale) des sols. Les limites entre deux unités pédologiques voisines, qui font partie d'un même système ne sont plus alors figées et stables, mais à la fois, **actives** puisque l'évolution fondamentale se produit là et principalement là, et **mobiles** avec « dérive » permanente vers l'amont ou vers l'extérieur suivant le cas et disparition progressive de la couverture initiale (fig. 3). C'est ce qui permet

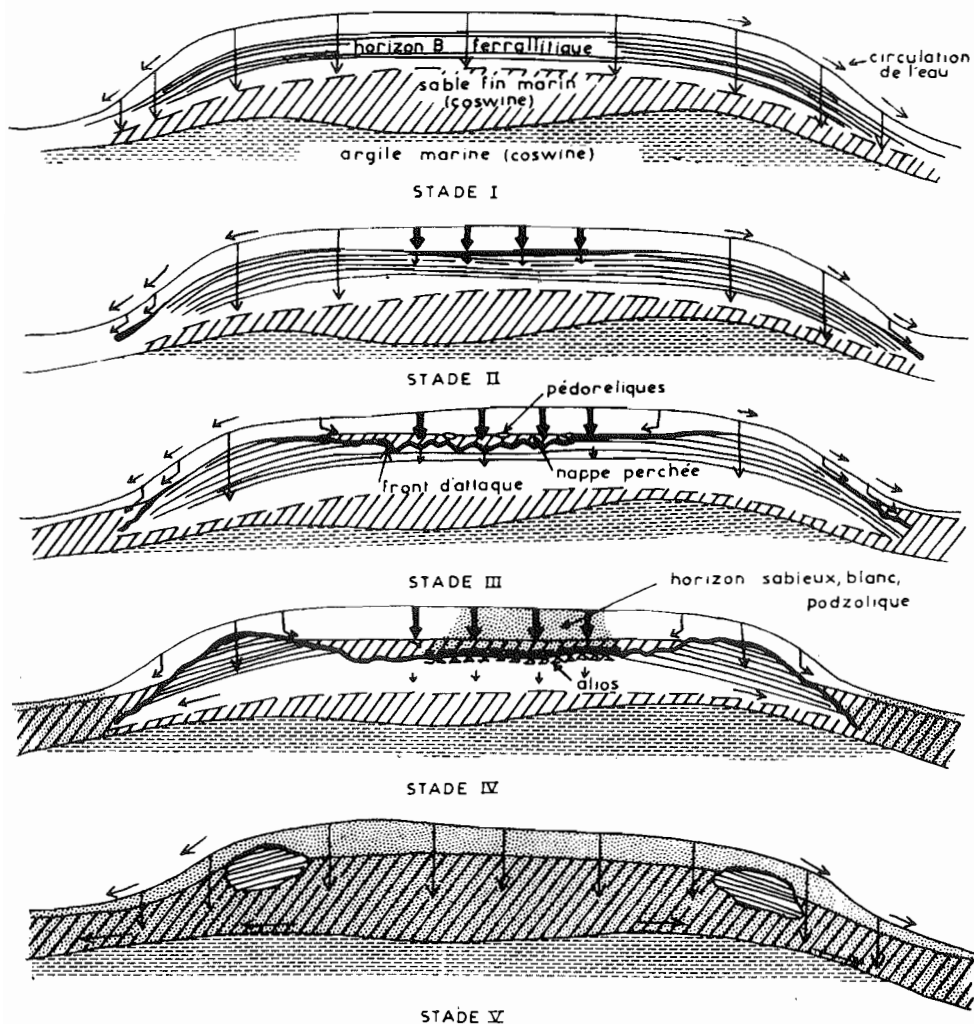


FIG. 3. Les 5 stades d'évolution des barres pré littorales en Guyane depuis le stade initial « ferrallitique » jusqu'au stade final « podzolique » [R. BOULET et al. (1982)].

INVENTAIRE ET CARACTÉRISATION DES SOLS DU MONDE ETAT ET DIFFICULTÉS DES PROBLÈMES DE CORRÉLATION

de comprendre l'individualisation et l'extension de certains types de sols : ainsi les vertisols dans les zones tropicales à saisons contrastées (G. BOCQUIER, 1971) et les podzols géants (sables blancs) dans les zones tropicales humides des bassins équatoriaux (H. KLINGE, 1965-1968 ; R. BOULET et al., 1982).

Ces diverses considérations permettent ainsi de conclure que la surface des continents est formée par une juxtaposition de sols, un peu comme une « bibliothèque » est constituée par une juxtaposition de livres.

Or, dans les bibliothèques et depuis l'invention de l'imprimerie, les livres sont des éditions originales qui peuvent avoir des âges très différents : il y en a qui ont été imprimés le mois dernier, d'autres au XVIII^e siècle, d'autres enfin datent du début de l'imprimerie (incunables).

Mais, il y avait dans l'antiquité des bibliothèques de manuscrits en rouleaux sur parchemins et papyrus, dont on effaçait régulièrement le texte, avant de tracer un nouveau message : c'est ce qu'on appelait des palimpsestes.

Il en est de même pour les sols, qui peuvent être des éditions originales, plus ou moins jeunes et plus ou moins bien conservées (sols des couvertures d'altération) et aussi des palimpsestes (sols des couvertures anciennes en transformation). Il n'est donc plus possible de conserver à notre époque une image trop uniforme de la pédologie. La loi de la zonalité reste la grande loi de la Science du Sol, à condition naturellement de l'appliquer à bon escient !

II. RÉALISATION D'UN DOCUMENT PÉDOLOGIQUE MONDIAL - INTÉRÊTS ET LIMITES

La connaissance de la distribution spatiale des sols étant l'essence même de la pédologie, l'intérêt de réaliser une carte mondiale est apparu très tôt. Ainsi après la carte de DOKOUCHEV sur les sols de la Russie d'Europe présentée à Paris en 1900, des coopérations se sont établies, qui ont abouti à la réalisation de la première carte générale des sols de l'Europe au 1/10 000 000^e présentée en 1927 à Washington, puis d'une seconde au 1/2 500 000^e exposée à Oxford en 1935. Mais les travaux d'inventaire et de cartographie pédologique n'étaient pas suffisamment avancés, en sorte que les documents réalisés avaient encore plus une valeur didactique que scientifique (cf. par exemple, I.P. GERASSIMOV, 1944). C'est à la suite du VI^e Congrès International de la Science du Sol en 1956 à Paris que des décisions ont été prises pour dresser des cartes de sols des différents continents : Europe, Amérique du Nord, Amérique du Sud, Afrique, Asie et Australie, au 1/5 000 000 ou au 1/10 000 000^e ; elles ont été exposées au Congrès de Madison en 1960. C'était un premier pas de fait, mais il est apparu alors nettement que la distribution des sols avait été réalisée pour chaque continent en se référant à la vision générale que la communauté pédologique dominante s'était faite à partir des études régionales de sols : ainsi, la carte de l'Amérique du Nord résulte avant tout de la vision américaine, l'Asie de la vision soviétique, l'Afrique de la vision franco-belge... C'est ce qui a conduit deux grandes institutions internationales : U.N.E.S.C.O. (sous l'impulsion de V.A. KOVDA) et F.A.O., à financer en 1961 la réalisation d'une synthèse mondiale à l'échelle du 1/5 000 000^e, le secrétariat étant à Rome avec R. DUDAL comme cheville ouvrière. Le premier travail a été de créer une légende internationale **commune**, en se référant aux différents travaux et aux principaux systèmes de classification existant à l'époque, puisqu'il n'y avait pas consensus sur le plan de la classification mondiale des sols. C'est ce à quoi s'est employé R. DUDAL avec l'appui d'un certain nombre d'experts jusqu'en 1968 : 106 unités cartographiques réparties en 26 grands groupes ont été ainsi retenues : Quant au travail de cartographie, il a été effectué entre 1970 (Publication de la première carte : Amérique du Sud) et 1978, ce qui correspond à l'édition de 19 cartes correspondant aux 9 grandes régions du globe. Il a fallu donc près de cent ans pour réaliser un document pédologique mondial, qui ait plus ou moins l'aval de la Communauté Internationale.

Le document réalisé est homogène, à défaut d'être bien exact, car les connaissances utilisées n'ont pas toutes le même degré de précision. D'après

R. DUDAL lui-même, 1/5 seulement (21 %) de la surface terrestre avait fait l'objet de cartographies systématiques en 1978. Tout le reste est extrapolé, naturellement avec des règles très précises; mais certaines régions sont encore aujourd'hui peu connues.

Ceci étant, quel est l'intérêt de ce type de documents, quelles en sont les limites? C'est ce que nous allons envisager en nous plaçant successivement à un niveau technique, puis à un niveau scientifique.

A) ASPECT TECHNIQUE

Il s'agit d'un inventaire sérieux (basé plus sur des résultats que des idées), qui, même approximatif, donne pour la première fois des indications quantitatives sur les ressources en sols de la planète et permet ainsi une estimation acceptable relative à la nature, la répartition et l'extension des grands « types de sols » (cf. R. DUDAL, 1978; J.S. KANWAR, 1982; P. BURINGH, 1982).

• Sur le plan de la **répartition**, il devient possible maintenant de faire des synthèses :

- soit par continent (cf. R. DUDAL, 1978);
- soit par grandes unités de sols :
 - sols salés d'Europe (I. SZABOLCS, 1971);
 - sols inondés (Wetlands) (A.J. van DAM et C.A. van DIEPEN, 1982).

• Sur le plan de l'**extension**, nous avons une idée aujourd'hui du poids des grandes unités de sol à l'échelle planétaire, et aussi par continent (Tableau I).

TABLEAU I. Les grandes unités de sols (F.A.O.) du Monde

Unité de sols.	Total.		Culture potentielle.	
	Surface (M ha).	Proportion (%).	Surface (M ha).	Proportion (%).
Acrisols.	1050	8,0	300	9
Andosols.	101	0,8	80	2
Cambisols.	925	7,0	500	15
Chernozems, Greyzems, Phaeozems.	408	3,1	200	6
Ferralsols.	1068	8,1	450	14
Fluvisols.	316	2,4	250	8
Gleysols.	623	4,7	250	8
Histosols.	240	1,8	10	0
Lithosols, Rendzines, Rankers.	2264	17,2	0	0
Luvisols.	922	7,0	650	20
Planosols.	120	0,9	20	1
Podzols.	478	3,6	130	4
Podzoluvisols.	264	2,0	100	3
Regosols, Arenosols.	1330	10,1	30	1
Solonchaks, Solonetz.	268	2,0	50	2
Vertisols.	311	2,4	150	5
Xerosols, Kastanozems.	896	6,8	100	3
Yermosols.	1176	8,9	0	0
Divers.	420	3,2	0	0
Total	13180	100	3270	100

- Enfin, sur le plan des **estimations** en vue des opérations de planification (Tableau II), on peut évaluer maintenant ce que représentent :
 - les terres cultivées par rapport à l'ensemble des continents, soit 1500 M ha sur 14800 M ha ;
 - les terres potentiellement cultivables, soit 3200 M ha (22 %), dont nous connaissons la répartition par grandes unités de sols (cf. Tableau I) et la productivité ;
 - enfin, les contraintes qui empêchent la mise en valeur des 11600 M ha restants (78 %).

TABLEAU II. Répartition des sols du monde
en fonction des contraintes ou des possibilités agronomiques
(d'après P. BURINGH, 1982)

	Surface (million d'ha).	%
I. Contrainte :		
Couverture glaciaire.	1490	10
Trop froid.	2235	15
Trop sec.	2533	17
Trop escarpé.	2682	18
Trop mince.	1341	9
Trop humide.	596	4
Trop pauvre.	745	5
	11622	78
II. Terres cultivables :		
Productivité faible.	1937	13
Productivité moyenne.	894	6
Productivité élevée.	447	3
	3278	22
III. Total général	14900	100

B) ASPECT SCIENTIFIQUE

Malgré son grand intérêt, en particulier le fait d'avoir initié des recherches pédologiques dans des endroits peu connus ou mal connus, et celui d'avoir « forcé » les pédologues à utiliser un langage commun, ce travail n'est pas encore tout à fait satisfaisant sur le plan scientifique.

Il repose d'abord sur des notions traditionnelles de la pédologie, qui ne sont pas toujours et partout valables aujourd'hui.

D'un autre côté, la légende internationale résulte d'un **compromis** entre différentes visions de la pédologie. Or, un compromis n'est pas par essence une opération de type scientifique. En effet, le procédé de corrélation usité a consisté avant tout à rechercher des similitudes à travers des classifications synthétiques d'un genre différent et en se référant essentiellement à des données « livresques » que chacun interprétait avec des lunettes à sa vue. Il n'y a pas eu à proprement parler de confrontation approfondie entre les caractéristiques des sols du même genre, si ce n'est du même type; même si à l'occasion, il a pu y avoir des discussions fécondes sur le terrain. On voit ainsi apparaître les limites des corrélations établies sur de telles bases. Que faire alors pour améliorer les choses ?

A cet effet, il est bon d'évoquer quelques tentatives actuelles pour aider à l'harmonisation. Nous nous bornerons à deux d'entre elles :

- la première est une tentative limitée à certains grands types de sols, mais très approfondie, comme cela a été réalisé par exemple dans le programme de coopération pédologique bilatérale France - U.R.S.S.

- La seconde correspond à une tentative à la fois plus générale (puisqu'elle prend en compte les différents grands types de sols) et en même temps plus superficielle. Il s'agit du programme de coopération internationale sur les problèmes de corrélation pédologique (Programme I.B.R. - International Base Reference).

1. Coopération Scientifique Bilatérale :

Etude comparative des caractéristiques et de l'évolution des sols dernopodzoliques de la partie européenne de l'U.R.S.S. et des sols lessivés français développés sur matériaux limoneux (1970-1982).

Cette opération s'inscrit dans le cadre d'un protocole d'accord entre l'Institut Pédologique Dokouchaev de Moscou (Académie d'Agriculture U.R.S.S.) et le Service de la Carte Pédologique en France - S.E.S.C.P.F. - I.N.R.A.

a) Méthodologie

Il s'agissait avant tout de réaliser une recherche **commune** basée :

- d'une part sur des connaissances déjà acquises dans les deux pays;
- d'autre part sur des cas concrets choisis ensemble dans les deux territoires.

Les travaux se sont déroulés de la manière suivante :

- mise en commun de l'ensemble des connaissances;
- missions de recherche en collaboration permettant des travaux de terrain, de laboratoire et d'interprétations communes. Ces missions, cinq de part et d'autre, ont eu des durées variant de quinze jours à trois semaines;
- prélèvements d'échantillons et descriptions en commun, à la fois sur le territoire soviétique et le territoire français;
- analyse de la totalité des échantillons, à la fois en France et en U.R.S.S., avec les protocoles propres à chaque pays;
- confrontation des résultats et interprétations en commun, débouchant sur la rédaction conjointe d'un document d'ensemble, actuellement en cours d'élaboration.

b) Grands traits de résultats obtenus au cours des travaux

Une première mise au point succincte des résultats obtenus peut être esquissée, à la fois au niveau des caractères morphologiques et à celui des caractéristiques physiques, physicochimiques et minéralogiques des sols.

Les sols étudiés font partie d'une part des grandes plaines de la Russie d'Europe : formations déluviales, alluviales ou loessiques, d'autre part des trois grands bassins sédimentaires de France : Paris, Aquitaine et Fossé Rhéna où les formations limoneuses sont largement répandues. La figure 4 en montre la répartition géographique.

La nécessité d'une comparaison entre conditions climatiques et propriétés des matériaux originels est apparue immédiatement :

- Les différences **climatiques** entre les régions sont importantes (Tableau III). La quantité annuelle moyenne de précipitations est sensiblement différente, indépendamment du fait que dans la plaine russe, les précipitations « solides » font plus de 30 % du total. On constate d'autre part que les températures moyennes annuelles et celles des mois les plus froids sont radicalement différentes, ce qui se répercute sur les amplitudes et met en évidence la continentalité des régions soviétiques. La somme des températures annuelles supérieures à 10 °C passe pratiquement du simple au double entre l'U.R.S.S. et la France.

INVENTAIRE ET CARACTÉRISATION DES SOLS DU MONDE
 ETAT ET DIFFICULTÉS DES PROBLÈMES DE CORRÉLATION



FIG. 4. *Domaine de répartition des sols lessivés français et des sols dernopodzoliques.*

TABLEAU III. *Comparaison des conditions climatiques de la France et de l'U.R.S.S.*

	P_x	T_x	T_c	T_f	A.	Σ_{10}
U.R.S.S.	500 à 650	— 0,2 à 5	16 à 18	— 10 à — 15	23 à 35	1400/ 2000
France	600 à 900	9 à 12,5	17 à 21,5	0 à 6	14 à 18	2400/ 3500

P_x : Précipitations annuelles moyennes en mm.

T_x : Température moyenne annuelle en °C.

T_c : Température moyenne du mois le plus chaud en °C.

T_f : Température moyenne du mois le plus froid en °C.

A. : Amplitude thermique annuelle en °C.

Σ_{10} : Somme des températures annuelles > à 10° C.

Les caractéristiques des **matériaux** présentent aussi quelques différences significatives (fig. 5 et tableau IV) :

Bien que globalement très analogues (très peu de sables et teneur en argile variant entre 10 et 35 %), les fuseaux des courbes cumulatives montrent pour les loess de France une allure typique de sédiments éoliens, tandis que les matériaux d'U.R.S.S. se regroupent en fuseau étroit aux dimensions inférieures à 100 µm, avec des teneurs en limon fin sensiblement plus importantes que les matériaux français (fig. 5).

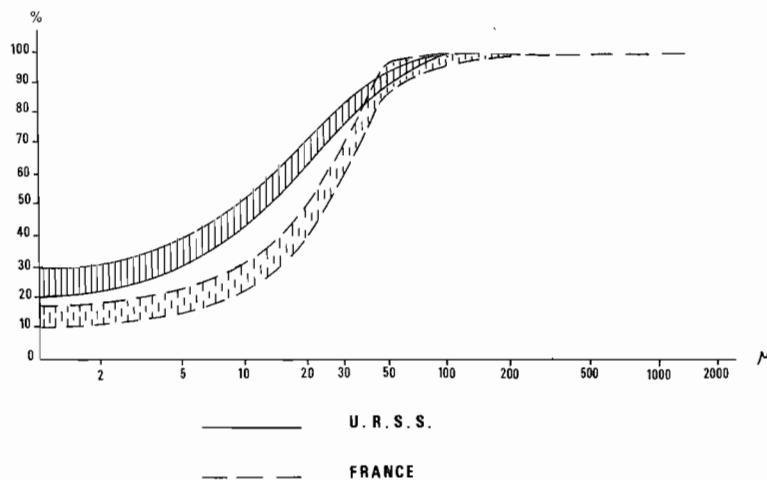


FIG. 5. *Granulométrie comparée des matériaux limoneux superficiels d'U.R.S.S. et de France.*

TABLEAU IV. *Comparaison des caractéristiques chimiques et minéralogiques des matériaux originels*

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
France	81,02	9,96	3,51	0,35	0,10	0,97	0,65	2,14	1,30
U.R.S.S.	72,98	14,60	5,63	0,86	0,06	1,04	1,36	2,42	1,05

Quartz %	Feldspaths %				Micas %	Q.F.M.	Σ
	K	Na	Ca				
France	56	4	6	1	11	13	80
U.R.S.S.	43	4	5	1	10	20	73

INVENTAIRE ET CARACTÉRISATION DES SOLS DU MONDE ETAT ET DIFFICULTÉS DES PROBLÈMES DE CORRÉLATION

Des analyses chimiques totales, on peut déduire que les limons de couverture d'U.R.S.S. se caractérisent par des teneurs en silice beaucoup plus faibles que les formations limoneuses de France, et par des teneurs en Al, Fe, K et Mg assez nettement plus élevées.

Ceci est confirmé par les compositions minéralogiques partielles : si dans les deux cas la somme (quartz + feldspaths + micas) représente entre 70 et 80 % du matériau total, les formations soviétiques contiennent moins de quartz et plus de micas que les matériaux français.

Enfin, les minéraux argileux sont assez analogues, avec une teneur en smectite généralement plus importante en U.R.S.S.

Il ressort de ces déterminations que les matériaux d'U.R.S.S. sont légèrement plus argileux et surtout plus riches en minéraux altérables que les loess et limons loessiques de France.

Quant aux sols dont ils sont issus (sols lessivés et sols dernopodzoliques), ils présentent dans leur **morphologie** un certain nombre d'analogies, mais également de caractères distinctifs, comme le fait apparaître la figure 6 :

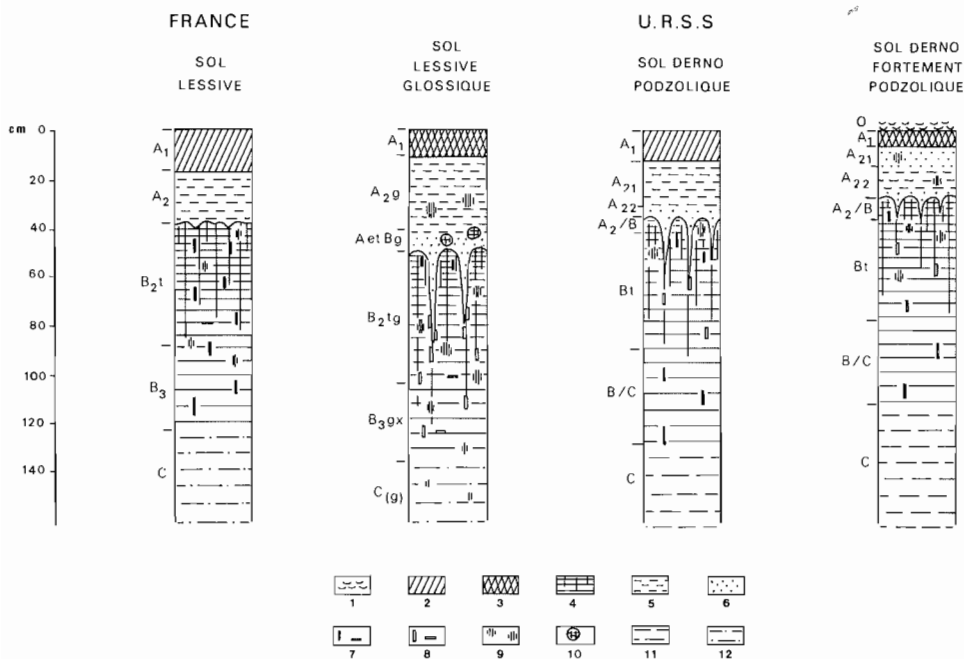


FIG. 6. Représentation schématique des principaux profils de sols lessivés (sol lessivé et sol lessivé glossique) et de sols dernopodzoliques.

1. Couche organique à tendance tourbeuse.
2. Humus de type mull.
3. Humus de type moder/mor.
4. Argile et accumulation argileuse.
5. Horizon éluvié jaunâtre à gris.
6. Horizon éluvié blanchi.
7. Revêtements argileux bruns.
8. Revêtements argileux gris-blancs.
9. Concentrations Fe/Mn.
10. Reliques de B₁ ferruginisées.
11. Matériau originel limoneux.
12. Matériau originel limoneux loessique.

- le degré de différenciation des horizons semble être plus marqué dans les sols derno-podzoliques que dans les sols lessivés ;
- la profondeur d'apparition et l'épaisseur des horizons sont plus grands dans les sols de France que dans les sols derno-podzoliques. L'épaisseur du manteau limoneux influencée par la pédogenèse est donc plus élevée ;
- les horizons A_2 des sols lessivés sont pratiquement toujours de couleur jaunâtre, alors que les variations entre les sous-horizons éluviés « paille » et blanc en U.R.S.S. prennent une grande importance dans le diagnostic de l'évolution ;
- l'intensité de la dégradation des horizons Bt est plus nette dans les sols lessivés dégradés que dans les sols derno-podzoliques ;
- la nature des produits d'illuviation est relativement différente : revêtements argileux bruns pour les sols lessivés, revêtements argileux et argilo-limoneux gris pour les sols lessivés glossiques à accumulations limoneuses grises, et concentrations complexes argilo-limoneuses brunes et gris clair pour les sols derno-podzoliques. Enfin, concentration argilo-humiques brun sombre en profondeur pour ces derniers.

Quelques données analytiques comparatives illustrent les bases du travail de corrélation (fig. 7).

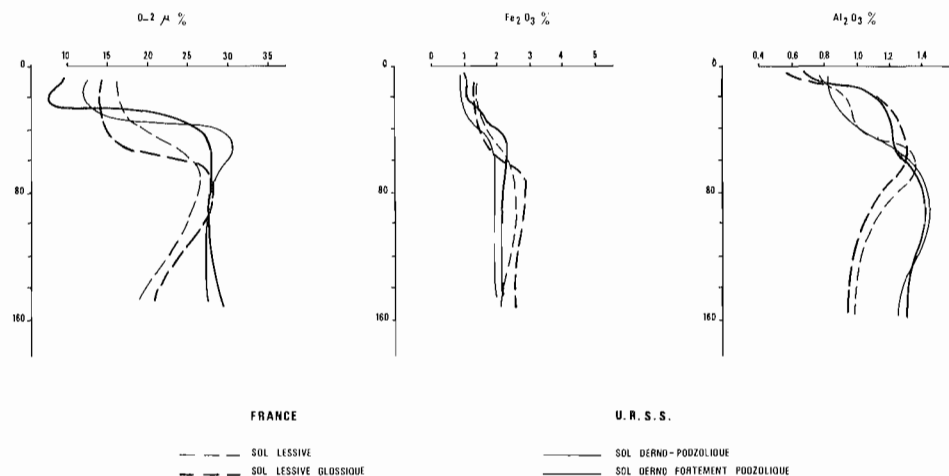


FIG. 7. Répartition de la teneur en argiles, en fer et en alumine libre dans les différents profils de sols lessivés et derno-podzoliques.

La répartition de la teneur en argile (0-2 μ m) dans les sols français montre l'évolution progressive par illuviation, de plus en plus importante, du sol lessivé au sol glossique, avec appauvrissement du A_2 et enrichissement du Bt. Dans les sols soviétiques l'appauvrissement en surface est plus prononcé, particulièrement pour le sol très podzolique avec enrichissement à la partie supérieure du Bt, tandis que la teneur en argile se maintient ensuite constante en profondeur ; les variations de teneur en argile se notent donc essentiellement dans la partie **supérieure** du solum.

Les courbes de teneur en fer libre suivent de manière assez étroite la variation des teneurs en argiles, tant en France qu'en U.R.S.S.

Enfin, en ce qui concerne les teneurs en aluminium libre, on constate pour le sol lessivé de France, une courbe de répartition très analogue à celle de l'argile, tandis que le sol lessivé glossique montre une augmentation importante dans la partie supérieure du sol. Le sol derno-podzolique présente la même tendance en

A₂, bien qu'atténuée, tandis que le sol derno très podzolique se distingue nettement par des teneurs très importantes à ce même niveau. Le rapport aluminium libre sur argile, indicateur d'altération, est particulièrement élevé dans ce dernier sol.

*
* *

Sans entrer dans les détails, il est possible d'ores et déjà, d'affirmer que les deux sortes de sols ont à la fois des caractères communs et des caractères différents :

Caractères communs

- tous sont développés sur formations limoneuses quaternaires d'origine périglaciaire, loessiques ou non;
- tous présentent un profil différencié du type A₂ - Bt - C;
- dans les deux cas, pour les stades les plus évolués, apparaît une dégradation de l'horizon Bt, avec pénétration du matériau A₂ dans l'horizon illuvial.

Caractères différents

- profondeur d'altération plus grande pour les sols lessivés du territoire français avec formation d'horizons génétiques plus épais;
- horizons éluviés et appauvris nettement plus différenciés pour les sols derno-podzoliques d'U.R.S.S.;
- différences importantes dans la nature et la distribution des concentrations argileuses et limoneuses (argilanes et skeletanes), ces dernières beaucoup plus fréquentes en U.R.S.S.;
- désaturation et aluminisation plus profondes des sols lessivés, mais altération plus superficielle et plus intense pour les sols derno-podzoliques.

L'ensemble des éléments obtenus clarifie de manière importante les possibilités de corrélation à différents niveaux des classifications ou taxonomies existantes : classes des Sols brunifiés, lessivés et hydromorphes de la classification française, ordre des Alfisols et Ultisols de la Soil Taxonomy, catégories des Luvisols, Podzoluvisols et Planosols de la légende F.A.O.

Si l'on voulait résumer les conclusions auxquelles ce travail a abouti dans l'état actuel des choses, on pourrait le faire de la façon suivante :

- les sols lessivés français et les sols derno-podzoliques russes ne sont pas équivalents, mais ils présentent sur un certain nombre de points des similitudes très prononcées. Ces similitudes résultent du fait que **les processus de genèse mis en jeu sont voisins, mais qu'ils n'interviennent pas de la même manière** (en raison des différences climatiques, et thermiques en particulier) au cours de la formation des sols;
- quant à la différenciation des profils, il semble que celle-ci se produise **de façon progressive et essentiellement verticale dans le domaine atlantique** (sols lessivés), alors qu'elle se fait **plus brutalement et plus superficiellement en région continentale** (sols derno-podzoliques).

c) Conclusions et extension des coopérations

Cette opération bilatérale paraît être exemplaire dans la mesure où elle a fait en même temps évoluer les connaissances, les mentalités et par là même, la compréhension mutuelle. Il est donc souhaitable qu'elle puisse être étendue à des sols similaires dans d'autres pays. Déjà, des contacts fructueux ont été établis entre le Service de la Carte Pédologique et le Soil Conservation Service des U.S.A. (U.S.D.A.), en vue d'une comparaison approfondie avec des sols des grandes zones limoneuses et limonosableuses d'Amérique du Nord, et en particulier avec un certain nombre de « séries » caractéristiques des terrasses du Mississipi. Ainsi, de proche en proche, la corrélation pour ces types de sols pourra être réalisée au niveau mondial dans les meilleures conditions possibles.

d) *Autres recherches pédologiques bilatérales*

La méthode de travail mise au point au cours des recherches effectuées dans le cadre du protocole FRANCE-U.R.S.S. mérite d'être étendue à d'autres cas de figure.

Pour ce qui concerne le S.E.S.C.P.F., de nouvelles recherches bilatérales ont déjà été mises sur pied, parmi lesquelles on peut signaler :

- l'étude comparative des *planosols* développés en France et dans les Balkans ;
- l'étude comparative des sols fersiallitiques des régions méditerranéennes françaises et des sols « *cannelles* » des bords de la Mer Noire.

2. ETAT ACTUEL DE LA COOPÉRATION INTERNATIONALE DANS LES PROBLÈMES DE CORRÉLATION DES SOLS

Après l'élaboration d'une légende internationale commune pour la Carte des Sols du Monde, il est apparu depuis quelques années qu'une seconde phase devrait être consacrée à la mise sur pied d'un **référentiel**, qui soit à la fois mieux construit et plus adapté aux problèmes actuels. Il s'agit d'un projet pour l'élaboration d'une « base internationale de référence » (I.R.B.) en matière de classification des sols. Un groupe de travail s'est ainsi progressivement formé à l'initiative de l'Organisation des Nations Unies par l'intermédiaire de l'U.N.E.S.C.O., la F.A.O. et l'U.N.E.P. et qui s'est placé ultérieurement sous l'égide de l'Association Internationale de la Science du Sol (A.I.S.S.).

La réalisation de ce travail de référence, dont l'intérêt est bien ressenti par l'ensemble de la communauté pédologique internationale, découle avant tout des préoccupations de l'U.N.E.P. dans le domaine de la gestion rationnelle et de la conservation des sols du monde.

Ce souci d'établissement d'une politique mondiale des sols passe par l'élaboration d'une **Charte mondiale des sols**, analogue à la charte européenne des sols élaborée par le Conseil de l'Europe depuis plus de 10 ans (1972). Cette Charte mondiale vient d'être rédigée et diffusée sous forme d'un document intitulé « World Soils Policy ». Elle expose les points essentiels sur lesquels un effort de connaissance et de coordination devrait être fait avec l'appui des différents gouvernements. Un des aspects essentiels correspond bien entendu au souhait de l'U.N.E.P. de pouvoir établir un **inventaire correct des ressources en sols au niveau mondial**. Le projet I.R.B. constitue naturellement un préalable indispensable à l'établissement d'un tel bilan.

Dans l'intervalle, ce projet a été soumis à l'A.I.S.S. lors du Congrès de New Delhi (1982) et la commission V a été chargée d'animer les travaux sous la direction du Professeur E. SCHILICHTING. Des sous-groupes de travail devraient être mis en place, afin de préciser les critères à prendre en compte et de tenter de les quantifier sur la base d'une première liste de 16 unités principales, établies lors des discussions antérieures. Ces sous-groupe travailleront au niveau des grands domaines climatiques, géographiques ou physicochimiques de la pédologie : zones froides - zones tempérées - domaines acides - milieu tropical.

Le bilan des travaux devra être présenté lors du prochain Congrès de la Science du Sol à Hambourg en 1986.

CONCLUSION

Les travaux d'inventaire pédologique à l'échelle de la planète ont été d'une importance capitale dans le développement de la Science du Sol ; ils ont montré en particulier que, du point de vue des sols, la surface du globe constituait effectivement un tout organisé et cohérent.

Au demeurant, un tel résultat général suscite immédiatement un double besoin :

- besoin de précision dans la connaissance du détail ;
- besoin de globalité dans la perspective d'ensemble.

Importance de l'analyse et nécessité de la synthèse

Tout d'abord, si l'analyse approfondie des sols et des couvertures pédologiques est et doit demeurer le « fer de lance » des travaux à venir, la nécessité des synthèses s'impose sans cesse, afin que tous les résultats détaillés puissent être replacés dans le contexte général de la planète. Naturellement, les synthèses proposées à chaque étape sont partielles, incomplètes, voire même erronées ; elles représentent néanmoins des échelons indispensables à une meilleure compréhension des systèmes pédologiques. A ce titre, la carte des sols du monde F.A.O. - U.N.E.S.C.O. est, malgré ses limites, une opération qui n'a pas de prix.

Conditions en vue de la réalisation d'une bonne synthèse

Pour une époque donnée, les travaux de synthèse doivent être réalisés dans les meilleures conditions possibles, ce qui n'est pas généralement sans poser de problèmes. Cela résulte avant tout du fait que la Pédologie, comme toute science naturelle, n'est pas (et ne peut être) une science **livresque**. Les corrélations à distance entre des sols, basées sur des descriptions et interprétations faites par d'autres pédologues, ne sont pas valables. Chaque pays ou chaque école pédologique a son acquis, sa forme de pensée, qui le conduit à interpréter les sols situés en dehors de son domaine de connaissance directe, en fonction de sa vision des choses (et non de celle des pédologues de la région concernée) (1).

Il en découle deux conséquences :

1. Toute corrélation implique une « lecture » des données fournies par les autres pédologues en fonction de **leurs** conceptions ; or c'est là une opération qui n'est pas aisée à réaliser du point de vue intellectuel.

2. La seule corrélation pédologique correcte ne peut se faire que **sur le terrain** et procéder à partir d'observations et de prescriptions réalisées **en commun** (2). Mais, comme il n'est pas facile en général de rentrer dans le langage et les concepts d'autres écoles pédologiques, ce genre de coopération implique une longue maturation, donc une certaine durée.

A ce titre, la démarche utilisée lors du projet bilatéral relatif aux « sols lessivés - sols dernopodzoliques » s'est avérée efficace, car elle a permis de rapprocher assez aisément des points de vue sur la pédogénèse, qui paraissaient à première vue éloignés. De même la comparaison réalisée par les **mêmes** pédologues français de l'O.R.S.T.O.M. entre les sols de l'Afrique de l'Ouest et de l'Amérique du Sud à l'issue de longues prospections, ne peut aboutir qu'à des résultats très intéressants sur le plan de la corrélation. C'est donc ce genre d'opérations scientifiques qui est à prôner dans le futur.

En pédologie, comme ailleurs, le désenclavement scientifique semble être pour l'avenir, le meilleur gage de succès.

(1) Il ne suffit pas d'avoir un dictionnaire pour comprendre un texte écrit dans une langue étrangère ; il faut aussi connaître, même imparfaitement, la langue en question.

(2) C'est ce qu'en ethnologie, on appelle l'observation plurielle.

Bibliographie

- BOCQUIER G. (1971) — Genèse et évolution de deux toposéquences de sols tropicaux du Tchad. Interprétation biogéodynamique. Thèse Sci. Strasbourg et Mém. O.R.S.T.O.M., n° 62, 1973, 350 p.
- BOULET R. (1974) — Toposéquences de sols tropicaux en Haute-Volta. Equilibres dynamiques et bioclimats. Thèse Sci. Strasbourg et Mém. O.R.S.T.O.M., n° 85, 1978.
- BOULET R., HUMBEL F.X. et LUCAS Y. (1982) — Analyse structurale et cartographie en pédologie (III), Cah. O.R.S.T.O.M., Pédologie, XIX, 4, 341-351.
- BURINGH P. (1982) — Potentials of world soils for agricultural production. Transactions 12 th Intern. Cong. Soil Sc. New Delhi, 1, 33-41.
- CHAUVEL A. (1977) — Recherches sur la transformation des sols ferrallitiques dans la zone tropicale à saisons contrastées. Thèse Sci. Strasbourg et Trav. et Docum. O.R.S.T.O.M., n° 62, 532 p.
- DUCHAUFOR Ph. (1978) — Les séquences climatiques en climat froid et tempéré : comparaison Europe-Amérique. Science du Sol, 4, 215-227.
- DUDAL R. (1975) — Carte mondiale des sols - 1/5000000 - volume I - légende, 62 p. U.N.E.S.C.O.-F.A.O.
- DUDAL R. (1978) — Land resources for agricultural development. Transactions 11 th Int. Cong. Soil Science, Edmonton, 2, 314-340.
- FRIDLAND V.M. et JAMAGNE M. (1984) — Caractéristiques comparées des sols dernopodzoliques de la partie européenne de l'U.R.S.S. et des sols lessivés de France - 1 volume, I.N.R.A. (sous presse).
- GEZE B. (1947) — Le congrès international de pédologie de Montpellier-Alger - Annales Ecole Nat. Agr. Montpellier 27, 4, 289-313.
- GERASSIMOV I.P. (1944) — La carte mondiale des sols et les lois générales de la géographie des sols. Ann. Agron. 1944, 488-494.
- KANWAR J.S. (1982) — Managing soil resources to meet the challenges to manking. Transaction 12 th Inter. Cong. Soil Sc. New Delhi, 1, 1-32.
- KLINGE H. (1965) — Podzol soils in the Amazon Basin, J. Soil Sc., 16, 95-103.
- KLINGE H. (1968) — Report on tropical podzols, F.A.O., 88 p.
- KODVA V.A. (1969) — Différenciation of weathering and soil formation product on the russian plain. Sov. Soil Sc. 7, 867-878.
- RAUNET M. (1978) — Reconnaissance géographique et morphopédologique dans la Rift Valley éthiopienne. Agronomie Tropicale, 23, 1-2, 1-43.
- RAUNET M. (1979) — Importance et interactions des processus géochimiques, hydrologiques et biologiques (termites) sur les surfaces d'aplanissement tropicales granito-gneissiques. Exemple au Kenya Occidental, Agronomie Tropicale 24, 1, 39-53.
- RUELLAN A. (1971) — The history of soils - Some problems of definition and interpretation - in Paleopedology (D.H. YAALON, Ed.) - Israël Universities Press, 3-14.
- SZABOLCS I. (1971) — European solonetz soils and their reclamation - Akademan Kiado, Budapest, 1 vol., 204 p.
- TURENNE J.F. (1975) — Mode d'humidification et différenciation podzolique. Thèse Sci. Nancy et Mém. O.R.S.T.O.M. n° 84, 1977, 173 p.
- U.N.E.P. (1982) — World soils policy - 1 notice - 6 p. Nairobi.
- Van DAM A.J. et van DÉIPEN C.A. (1982) — The flat wetlands of the world - Their distribution and their agricultural potential - Publication International Soil Museum - Wageningen - 47 p.