

SOIL SCIENCE AND SOCIETY - CHALLENGES AT THE ADVENT OF THE 21ST CENTURY

Marc LATHAM

*Doctor in Sciences (University of Dijon) - Engineer in Agronomy (Paris).
Director of CNEARC : National Center for Agronomic Studies
in Warm Regions, in Montpellier.
Previously : Director of IBSRAM : “ International Board for Soil Research
and Management ”, Bangkok, Thailand.
Researcher in Pedology of ORSTOM, in New Caledonia and Ivory Coast.*

Address : CNEARC - 1101 avenue Agropolis, B.P. 5098, 34033 Montpellier Cedex 01, France

Historically, the discipline of soil science emerged from chemistry, after Justus Liebig gave his treatise on "Organic chemistry applied to agriculture and to physiology" in 1840 (Boulaïne, 1995). Until then the effect of lime and organic manure on soil fertility and crop production had been understood from an empirical approach rather than from a scientific one. With the development of soil chemistry, production factors could be isolated and analysed.

However agronomists soon realised that different land types responded in different ways to fertiliser applications. To refine fertilisation, they started to categorise soils according to clay, humus and calcareous contents. To refine this answer, soil scientists, notably under the influence of the Russian scientist Dokouchaef, started at the end of the 19th century to define rules of soil distribution in the world. Soil science adopted thus a spatial and global perspective.

While studying soil distribution, soil scientists have started to raise questions about soil genesis and functioning. By looking deeper into scientific questions, soil

science became more diverse and more specialised. Subdisciplines such as soil physics, chemistry, mineralogy or biology were individualised. Within the ISSS this has resulted in the development of commissions. Consequently soil science has been developing its scientific bases and started to subdivide itself in the process.

However a general soil programme has still been at the basis of many soil scientists' activities such as soil surveys and mapping, as well as soil fertility programmes. To conduct these activities, soil classifications and soil tests were developed. However, these classifications were most often based on subsoil characteristics and did not properly integrate the topsoil features where soil fertility rests and where the plant roots develop. Consequently the users' needs were not suitably addressed. As a result land evaluation systems, based on different premises, were developed (FAO, 1976, 1993a), and soil testing never really became established.

In intensifying their research on soil science objectives, scientists thought that they had fully achieved their mandate. In fact they

had strengthened the scientific part of their mandate but they had lost contact with the land users. Few of the research innovations experienced a rapid adoption, especially in the developing world, where they were most needed. Even fertiliser application took a long time to commence in Europe and is still in its infancy in Africa. Soil conservation methods, often promoted in an authoritarian manner, have not always had the expected impact, moreover the dynamism of the scientific research on related objectives has not generated a similar move vis à vis development needs.

At the same time new social challenges, linked to soil science, have emerged such as sustainable agriculture, organic farming, the role of the soil as a trap for carbon and pollutants or the creation of environmental data bases. In dealing with them soil scientists have left the leadership to other disciplines such as ecology, geography or agronomy, which have better integrated socioeconomic factors.

1. Adaptation of research to social demands

Soil science now is under the scrutiny of society, as soil resources like water resources are becoming rare and valuable (FAO, 1993b). Yet questions raised by society are not in a format usually put by soil scientists. They want other players than soil scientists integrated in the research exercise and they are often on unfamiliar territory, which requires new approaches and methods. Yet funds are available, while funding for more classical soil science research is decreasing.

The table, in appendix, provides some of the objectives of soil science, social demands for research, and challenges for soil science as perceived from international fora and programmes.

Social demands concern soil research integrated with other biophysical and social

investigation, not only with respect to soil productivity and conservation but also to quality issues. This implies that maximum productivity or conservation is not always imperative but intermediate levels may be enough. It stresses the need for research on the dynamics of soil processes, as they can have a major influence on production and environmental equilibria. Furthermore, it indicates that beyond the classical demand from the agricultural sector, new demands from other sectors, such as the environment, civil engineering or education, should be considered. Some of the Congress communications reflect these new trends but there are still too few of them.

The 16th Congress has for its theme "Men and their Soils", which implies a major social sensitivity in these communications. Indeed some of the Congress symposia specifically refer to this social dimension. However this concern appears to be rather distant from the participants' preoccupations. Of some 2500 communications, only a few specifically refer to social demands.

In a way this situation reflects the difficulty encountered by soil scientists in addressing issues that go beyond soil science. It also involves the old debate between basic research, with its academic recognition, and applied research. Without entering into this debate, it must be said that in no way can research conducted to answer a social demand be automatically assimilated to applied research. To investigate soil parameters to delineate "terroirs", to search for land quality indicators or to study the absorption potential of organic matter and clays for pollutants are research activities of a different kind, but not necessarily applied. These researches can certainly be conducted rigorously and provide results that can be published internationally.

In other disciplines, this concern for social demands is better understood than in soil

science. In entomology (for agricultural or medical purposes), in phytopathology, in agronomy, nobody contests the right of the scientist to work on subjects that correspond to social demands. The interesting aspect of these sciences is that they work on production systems. Integrated pest management is an attempt to improve a system in favour of the crops. Similarly, land management, for whatever purpose it is conducted, deals with systems and how to improve them. Therefore it appears to be important for soil scientists to clearly state that, in addition to classical soil issues, they will try to answer to socially related issues. The future of the discipline depends on it.

2. Problem solving research: the need for an interdisciplinary holistic approach

Most developmental or environmental problems cannot be solved uniquely by soil science but need the combined effort of soil scientists and other specialists such as biophysical and social scientists. As proposed by the last Congress, an interdisciplinary holistic approach must be used for soil research (ISSS, 1994). Interdisciplinarity and not multidisciplinary is a must at this stage as the objective is to solve a problem and not disciplinary issues. But this approach must go beyond what different disciplines can provide and have an holistic or a value added input linked to the confrontation of these different disciplines (Catizzone et Muchena, 1994, Reale et al., 1995).

Soil conservation issues for example cannot be solved by technology linked to soil science only. Soil conservation is to be conducted in partnership with land users, who often have their own indigenous systems (Reij et al. 1996). A major extension issue lies in the following dilemma: whether to try to improve indigenous technologies in a participatory

manner (bottom-up approach) or to try to promote a scientifically based technology (top-down approach). It is obvious that most soil conservation projects have been of the second type and that most of them have not worked.

Soil conservation should also be viewed at different scales within the landscape (M'Hiri et al., 1995). One of the most important of these scales is the watershed as, what occurs in the hills and mountains, influences what happens in the lowlands and as farmers often have fields in both locales. They often have interests in enrichment through sedimentation of the lowland soils (the most productive) and therefore may not be that concerned by degradation of the hill slopes. In this case, soil conservation can only be envisaged through participation and interdisciplinarity at the watershed scale (Maglinao et Sajjapongse, 1995).

This means that soil scientists engaged in soil conservation projects need to join other scientific disciplines' debates and to adapt their methodologies to the problem to be solved. It means also that the objective may not be maximum soil conservation or productivity, which may not be feasible or economically viable, but intermediate solutions that may be compromises between the constraints of all the stakeholders. Such a research activity may lead to nonclassical research such as surveys of indigenous technologies and improvement of them, economic studies of erosion damage and of soil conservation methods, or determination of soil criteria and thresholds to review land use policies.

What is true for soil conservation is obviously true for other scientific domains where soil scientists have to intervene to answer to social demands. Soil scientists have to learn how to work in teams that involve scientists other than their own peers (Bullock, 1994) and according to a new,

more participative, agenda (Greenland et al., 1994).

Yet to work in an interdisciplinary and holistic manner does not mean that soil scientists should lose their identity - a major risk mentioned by many soil scientists (Pédro, 1996). Soil scientists should adopt different perspectives : to develop and use soil science knowledge and to adapt the research methodologies to the problem to be solved. Soil scientists should take a farmer-back-to-farmer approach as promoted by Rhoades and Booth (1982).

3. The need for an adaptation and simplification of methods and language

To work with other disciplines and stakeholders, soil scientists should adapt their methods and ways of communication. The complexity of our jargon and of our methods tends to discourage our potential research partners in other disciplines. The soil classification terminology is certainly one of these barriers but the standard methods used in laboratories are another.

Problem solving research needs to adapt research tools to the objectives of the project. Soil data need to be screened for their usefulness. Too many soil reports are complemented by pages of soil descriptions and analysis that are of little or no value to the user. The idea that one has to collect as many soil data as possible for use, if necessary, in the future for other purposes, is an expensive myth. Hardly any soil data have been used this way unless they were designated initially for inclusion in a data base. But then one wonders what is the use of a soil data base built in such a nonhomogeneous manner.

Soil research methodologies also need to be adapted to the objective. The standard methods of the Soil Survey Manual (SCS USDA 1972) are valid for soil surveys but

not necessarily for other purposes. Cation exchange capacity at pH 7 for example, a standard method in many laboratories because of its use for classifying soils in *Soil Taxonomy* (USDA, 1975), is not the best method to measure soil fixation capacity for nutrients or pollutants. Cation exchange capacity measured at soil pH is certainly better and there may be even better methods.

At the same time, soil observation needs to be rehabilitated against laboratory data that often provide a false impression of precision (Ruellan and Dosso, 1993). Research on the typology of surface features (Valentin, 1989) or of the rooting pattern of the crops (De Blic, 1990) are certainly of great relevance in this quest to find simple and reliable soil data.

In many ways erosion plots are an expensive way to appraise soil erosion in the field. Surface features of erosion such as density and intensity of gullies, of rills or of deposition wedges can be a good enough indicator of the erosion risk (Torrance, 1993). The search for cheap and easy ways to identify land quality indicators (LQI) is a major agricultural project of the World Bank (World Bank, 1997). Indicators in this case are simple substitutes for complex soil data.

Communication with other scientists and the public is another issue that needs to be strengthened. Participation in socially driven programmes will certainly be beneficial as it is part of the research process.

4. Frameworks, decision support systems and environmental monitoring systems

Whereas simplification is being sought in methodology and language, at the same time soil science is confronted by new research and communication tools, such as frameworks, decision support systems and environmental monitoring systems.

One of the major issues facing development agencies is the evaluation of technologies and their present and future impact on production potential and on the environment. These evaluations need data of different nature, some of which derive from soil science. When FAO first developed its framework for land evaluation, it included in the information to be collected not only information on soil but also on land use and on social aspects of it. Later on, when a framework for evaluating sustainable land management (FESLM) was devised by IBSRAM, it included criteria and indicators related to soil, land use, climate, environment, economics and social acceptance (Dumanski et al., 1991).

To implement this framework IBSRAM, with the help of IDRC, is testing different indicators related to productivity, security, protection, viability, and acceptability in a project designed to develop a decision support system for soil conservation in Southeast Asia (IBSRAM, 1997). Similar decision support systems are being developed for crop production and other issues. Within the limits of their applicability, they will provide the user and extensionist with simple tools to help farmers and land users in their decision making.

Another important issue, where soil scientists need to play a major role, is monitoring of the environment. Global programmes such as the Global Terrestrial Observation System (GTOS) have been set up to monitor changes in different ecosystems (Heal et al., 1993). These global programmes, which monitor the natural resources are based on data sets that include information on land use, soil property changes, soil erosion, soil moisture, carbon fluxes, greenhouse gases, etc. The participation of soil scientists in these programmes is important.

5. Training on how to manage and conserve soils and other natural resources

Government agencies have played a major role in developing and conserving soils in the past. The Soil Conservation Service of the United States was one of the first bodies to promote rules to manage the land and this example has been followed by many other countries with a variable degree of success. At that time, education in soil science was designed mainly for research and extension specialists. However the situation is changing now that it is believed that land management and conservation should involve the users and the public and not only the government.

The Government of Australia, for example, realising that despite its efforts, land degradation was still an important issue, ten years ago, developed an historic partnership with farmers and conservationists by delegating part of its responsibilities and funding to fight land degradation to Landcare in community-based groups (Campbell, 1994). Since then over 2700 Landcare groups, involving about one third of Australian farming families, have been organized and have been very efficient. With such a mass of people involved in land conservation it is not only the researchers and extensionists who need to be trained but also the general public. What happens in Australia is happening or going to happen elsewhere, especially in developing countries where governmental concern for land degradation has been weak and where the situation is serious. Non governmental organisations (NGOs), both national or foreign, are being set up in most developing countries and take care of farming communities and land conservation issues.

Education in land management and conservation - Campbell (1994) speaks about "land literacy" - should therefore concern different target groups from school children to Landcare type community

groups and to research and extension specialists. Education should of course be adapted to each of these groups but should certainly put the soil in its context and deal with problem solving rather than disciplinary issues. Visual help to conduct these programmes is essential. Pedagogic tools, such as films , pamphlets, pedagogic kits or CDs are certainly useful (Dosso et Ruellan, 1994). They need to be integrated in land management and conservation discovery programmes so that the public and primarily the land users become aware of the changes occurring on their lands.

Conclusion

Soil science is at the crossroads between specialisation and a split in different sub-disciplines, and an interdisciplinary holistic approach where some feel it could lose its soul. Whereas it is essential that the basis of the science continues to be strengthened, it is clear that if soil scientists do not engage themselves in programmes demanded by society, others will. It is also clear that the shift of paradigm from discipline-oriented to problem-solving research implies changes in attitude towards other disciplines and stakeholders with a strong emphasis on the participatory approach. It means also that methods and communication procedures need to be reviewed and made accessible to others. It implies that land literacy is sought and that the public fully understands what is at stake regarding land management and conservation.

Major tasks that might be envisaged for soil scientists over the next 20 years could be:

- . acquiring new knowledge, especially in land evolution processes and their relations to land degradation,
- . monitoring rural and environmental systems so as not to lose their productions potential and their possibility to provide a non polluted environment,
- . developing technologies to counter land pollution and degradation,
- . facilitating the work of Landcare type groups and participating in land literacy initiatives.

By carrying out these tasks, soil scientists will hopefully become a more integral part of society and be able to better defend the soil resources on which we live.

Bibliography

- BLIC P. DE - 1990 : L'examen du profil cultural : un outil pour mieux comprendre le comportement du sol soumis à des travaux aratoires. In organic matter management and tillage in humid and subhumid Africa: 385-399. IBSRAM Proceedings N°10. Bangkok: IBSRAM
- BOULAIN J. - 1995 : Quatre siècles de fertilisation. Etude et gestion des sols 2 (3) : 201-211
- BULLOCK P. - 1994 : The need for a paradigm change in soil science in the next Century. In transactions 15th world congress of soil science 9: 427-436
- CAMPBELL C.A. - 1994 : Landcare - communities shaping the land and the future. With case studies by Siepen G. Sydney, Australia: Allen and Unwin. London, UK: UCL Press. New York, USA: R Paul & Co.
- CATIZZONE M. et MUCHENA S.C. - 1994 : A holistic approach to sustainable soil use in SADC countries. Dans proceedings of a workshop supported by the European Commission Directorate General XII and the Southern African Centre for Cooperation in Agricultural Research: XXV+58. Rep. EUR 15808 & 15809 Brussels.
- DOSSO M. et RUELLAN A. - 1994 : Regards sur le sol : l'enseignement de la science du sol par l'approche morphologique. In transactions 15th world congress of soil science 9: 21-24.
- DUMANSKI J., ESWARAN H. et LATHAM M. - 1991 : A proposal for an international framework for evaluating sustainable land management. Dans Evaluation for sustainable land management in the developing world: 25-45. IBSRAM proceedings N°12 Vol II Bangkok IBSRAM
- FAO. - 1976 : A framework for land evaluation. Soil Bulletin 32 Rome: FAO
- FAO. - 1993 : a) FESLM: an international framework for evaluating sustainable land management. World Soil Resource Report 73 Rome FAO - b) Agriculture towards 2010. Rome FAO
- GREENLAND D.J., BOWEN G., ESWARAN H., RHOADES R., VALENTIN C. - 1994 : Soil, Water, and Nutrient management research - a new agenda. IBSRAM position paper. Bangkok: IBSRAM
- HEAL O. W., MENAUT J.C. et STEFFEN W.L. - 1993 : Towards a Global Terrestrial Observing System (GTOS): detecting and monitoring change in terrestrial ecosystems. MAB Digest 26/IGBP Global Change report. Paris: UNESCO and Stockholm: IGBP
- IBSRAM - 1997 : Highlights 1997, Bangkok: IBSRAM
- ISSS - 1994 : Proposed activities to seize opportunities for soil science and its applications in the 21st Century. Declaration adopted by the Society at the 15th World Congress of Soil Science
- MAGLINAO A. et SAJJAPONGSE A. EDS - 1995 : Proceedings of the International Workshop on conservation farming for sloping uplands in southeast Asia: Challenges, opportunities, and prospects. IBSRAM proceeding N° 14 Bangkok: IBSRAM
- M'HIRI A., BEN SAID M., KAABIA M. et BACHTA M.S. - 1994 : Pour une approche holistique de la restauration des terres soumises à l'érosion hydrique dans le nord ouest de la Tunisie. Dans Actes du congrès international pour la restauration et le réhabilitation des terres dégradées des zones arides et semi-arides. Djerba : Tunisie

- PEDRO G. - 1996 : La science du sol à l'aube du XXIème siècle. Etude et gestion des sols, 3 (2) : 135-143
- REALE L., NORI M. et FERARI G. - 1995 : Holistic approach to sustainable development: interaction of soil science with different disciplines. A workshop supported by the European Commission DGXII and regione Emilia-Romagna cartografico e geologico. Bologna: Aster
- REIJ C., SCOONES I. et TOULMIN C. Eds - 1996 : Sustaining the soil. Indigenous soil and water conservation in Africa. London: Earthscan
- RHOADES R. et BOOTH R. - 1982 : Farmer-back-to-farmer: a model for generating acceptable agricultural technology. In Agriculture Administration II: 127-137
- RUELLAN A. et DOSSO M. - 1993 : Regards sur le sol. Paris: Ed. Fouché
- SCS USDA - 1972 : Soil survey laboratory methods and procedures for collecting soil samples. US Department of Agriculture SSIR 1. U.S. Government printing office Washington DC.
- TORRANCE J.K. - 1993 : Erosion at the ASIALAND sloping lands site in Thailand. IBSRAM Newsletter N°27 Bangkok IBSRAM
- USDA (Soil Survey Staff) - 1975 : Soil Taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. U.S. Government Printing Office Washington D.C.
- VALENTIN C. - 1989 : Surface crusting, runoff, and erosion on steepland and coarse materials. *Dans* the establishment of soil management experiments on sloping land: 285-312. IBSRAM Technical Notes N°3 Bangkok IBSRAM
- WORLD BANK - 1997 : Rural development: from vision to actions. A sector strategy paper. Washington: The World Bank

Appendix - Some objectives of soil science, social demands for research, and challenges for soil science.

Objectives of soil science	Social demand	Challenges given by society to soil science
<ul style="list-style-type: none"> - Knowledge of soils and their distribution - Knowledge of soil management rules 	<ul style="list-style-type: none"> - To sustainably increase the productivity of production systems - Definition of “ terroirs ” 	<ul style="list-style-type: none"> - To adjust the soil factor to an optimization of production systems in a sustainable way - To find pertinent soil parameters to identify “ terroirs ”
<ul style="list-style-type: none"> - Knowledge of the functioning of the soil mantle 	<ul style="list-style-type: none"> - To maintain major ecological equilibria 	<ul style="list-style-type: none"> - To increase the fixing power of soil for carbon and pollutants and to know how to decontaminate soils

- Evaluation of soil potentials	- Decision support systems for land evaluation	- To find simple and relevant soil quality indicators
- Knowledge of soil degradation processes and of technologies to rehabilitate degraded soils	- How to reduce land degradation and to rehabilitate degraded land	- To evaluate soil and water conservation methods at the watershed level according to land users' perspectives
- Organization of soil data bases	- Development of Geographic Information Systems (GIS) for Natural Resources Management (NRM)	- To identify relevant soil data which could be incorporated in NRM/GIS
- Education in soil science	- To increase public perception of the importance of soil and other natural resources	- To train different public services on how to manage and conserve soil and other natural resources for future generations

SCIENCE DU SOL ET SOCIETE - DES DEFIS A L'AUBE DU 21^{EME} SIECLE

Marc LATHAM

Docteur en Sciences (Université de Dijon). Ingénieur Agronome (Paris).

*Directeur du CNEARC : Centre National d'Etudes Agronomiques
des Régions Chaudes, à Montpellier.*

*Antérieurement : Directeur de l'IBSRAM " International Board for Soil Research
and Management ", Bangkok, Thaïlande.*

Chercheur- Pédologue à l'ORSTOM en Nouvelle-Calédonie et en Côte-d'Ivoire.

Adresse : CNEARC - 1101 avenue Agropolis, B.P. 5098, 34033 Montpellier Cedex 01, France

La science du sol est née de la chimie, avec la parution en 1840 du traité de "chimie organique appliquée à l'agriculture et à la physiologie" de Justus Liebig (Boulineau 1995). Jusque là, les effets de la chaux et des apports de fumier sur la fertilité des sols et sur la production des cultures avaient plus résulté d'une approche empirique que scientifique. Avec le développement de la chimie agricole, on pouvait isoler certains des facteurs de production et les analyser.

Les agronomes ont cependant, rapidement réalisé que toutes les terres ne réagissaient pas de la même façon aux apports d'engrais. Pour améliorer l'effet de leurs fertilisations, ils ont commencé à catégoriser les sols en fonction de leur teneurs en argile, en humus et en calcaire. En vue d'affiner ces réponses, à la fin du 19^{ème} siècle, les pédologues, notamment sous l'influence du russe Dokouchaïev, ont commencé à définir les règles de la répartition des sols à la surface du globe. La science du sol a pris à cette occasion une perspective spatiale et globale.

Tout en étudiant la répartition des sols à la surface du globe, les pédologues ont commencé à s'interroger sur la genèse des sols et sur leur fonctionnement. En approfondissant ces questions scientifiques, la science du sol est devenue plus diverse et plus spécialisée. Des sous disciplines de la science du sol, telles que la physique, la chimie, la minéralogie ou la biologie des sols se sont individualisées. Au sein de l'AISS, ceci s'est traduit par la création de commissions. La science du sol, en développant ses bases scientifiques a donc commencé à se subdiviser.

Une science du sol de caractère général restait toutefois à la base des activités de nombreux pédologues. Des inventaires et cartographies des sols, ainsi que des études de fertilité demeuraient au centre des préoccupations de nombre d'entre eux. Pour conduire ces activités, des classifications des sols et des programmes de test de fertilité ont été initiés. Ces classifications, étaient cependant, le plus souvent basées sur les caractéristiques des horizons profonds et n'intégraient que mal les traits des horizons superficiels, qui sont

pourtant le support principal de la fertilité des sols et ceux dans lesquels les racines des plantes se développent. Elles ne répondaient donc qu'imparfaitement aux besoins des utilisateurs. En conséquence, des systèmes d'évaluation des terres basés sur des principes différents se sont développés (FAO 1976, 1993a).

Parallèlement, les tests de fertilité des sols n'ont jamais réellement pris leur essor.

En approfondissant leurs recherches sur des objectifs définis par la science du sol, les chercheurs pensaient avoir rempli complètement leur mandat. En fait, ils avaient renforcé la partie scientifique de ce mandat, mais avaient d'une certaine façon perdu contact avec les utilisateurs du sol. Peu des résultats de cette recherche ont trouvé une application rapide pour les paysans, en particulier dans les pays en développement, où ces applications étaient pourtant particulièrement nécessaires. Même la consommation d'engrais a été longue à se développer en Europe, sans parler de l'Afrique où elle ne fait que débiter. Les méthodes de conservation des sols, souvent promues autoritairement, n'ont pas toujours donné les résultats escomptés. Il en va de même pour d'autres innovations moins connues qui ont eu le même sort. Le dynamisme de la recherche s'est donc exprimé sur ses objectifs scientifiques, mais beaucoup moins sur les objectifs de développement.

Dans le même temps, de nouveaux défis sociaux se sont posés à la science du sol. La recherche d'une agriculture durable, l'agriculture biologique, le rôle du sol en tant que piège du carbone ou des polluants, ou la mise en place de bases de données environnementales ne sont que quelques uns de ces défis. Dans la plupart de ces cas les pédologues ont laissé le leadership à d'autres disciplines telles que l'écologie, la géographie ou l'agronomie qui ont mieux intégré les facteurs

pluridisciplinaires et en particulier les enjeux socio-économiques.

1. Adaptation de l'offre de recherche à la demande sociale

Le sol, tout comme l'eau, devenant une ressource rare et chère, la science du sol est de plus en plus interpellée par la société (FAO 1993b). Toutefois, les questions posées par la société ne le sont pas toujours suivant des formes familières aux pédologues. Elles demandent l'intégration d'autres partenaires que des pédologues dans le processus de recherche. Ces questions portent souvent sur des domaines peu familiers aux chercheurs et demandent de nouvelles approches et méthodes. Elles représentent toutefois des sources de financement, pour une science qui a bien du mal à en générer pour ses aspects les plus classiques.

Le tableau, en annexe, compare l'offre classique de recherche, telle que l'on peut la déduire du programme du congrès et des communications proposées, aux besoins de la société tels que l'on peut les percevoir dans les différents forums et programmes internationaux. Y est ajoutée une traduction de ces besoins en terme de défis scientifiques.

La demande sociale concerne des recherches intégrées dans lesquelles la pédologie est associée à d'autres sciences biophysiques et à des sciences sociales. Elle a trait à la productivité et à la conservation des sols mais touche aussi des domaines tels que la qualité. Elle implique que les objectifs de productivité ou de conservation maximum ne correspondent pas toujours au but souhaité, mais que la recherche de niveaux intermédiaires est parfois suffisante. Par ailleurs, la demande sociale souligne la nécessité de recherches sur la dynamique des sols dans la mesure où celle-ci peut avoir une influence majeure, dans le temps, sur les équilibres

environnementaux et de production. Elle indique, de plus, qu'au delà des demandes classiques pour le secteur agricole, de nouvelles demandes se font jour en provenance de secteurs tels que l'environnement, le génie civil ou l'éducation. Certaines communications au congrès reflètent ces nouvelles tendances mais elles sont encore trop peu nombreuses.

Enfin, le 16ème congrès a pour thème "les Hommes et leurs Sols", ce qui devrait impliquer pour les communications une référence sociale claire. D'ailleurs certains des symposiums mentionnent explicitement cette référence sociale. Ceci semble toutefois bien loin des préoccupations des congressistes. En effet seules quelques dizaines de communications, sur 2500 proposées, mentionnent la demande sociale.

D'une certaine façon, cette situation traduit la difficulté qu'ont les pédologues à aborder des sujets qui dépassent le domaine de la science du sol. Elle a aussi à voir avec le vieux débat entre recherche de base et sa reconnaissance académique, et recherche appliquée. Sans entrer dans ce débat, il faut souligner que la recherche conduite pour répondre à une demande sociale ne doit pas automatiquement être assimilée à une recherche appliquée. Etudier les paramètres permettant de définir des terroirs, rechercher des indicateurs de qualité des terres, ou aborder les questions d'absorption potentielles des argiles et de la matière organique vis-à-vis des polluants, représentent des recherches de nature différente mais qui peuvent ne pas être nécessairement assimilées à des recherches appliquées. En tout état de cause, il est possible de mener sur ces sujets des recherches avec rigueur et d'en publier les résultats dans des revues internationales.

D'ailleurs dans d'autres disciplines cette préoccupation pour la demande sociale est bien mieux comprise. Ainsi, en entomologie agricole ou médicale, en phytopathologie ou

en agronomie, personne ne conteste le droit des chercheurs à travailler sur des sujets qui répondent à une demande sociale. L'aspect intéressant pour ces sciences, est qu'elles travaillent souvent sur des systèmes. Ainsi la lutte intégrée contre les ennemis des cultures représente une tentative d'amélioration des systèmes de production en faveur des cultures. De la même façon, la gestion des terres, pour quelque objectif que ce soit, concerne des systèmes de production et la manière de les améliorer. Il apparaît donc important pour les pédologues d'afficher clairement, qu'au delà des sujets de pédologie classique, ils vont accentuer leurs efforts sur des sujets répondant à une demande sociale. Le futur de la discipline en dépend.

2. Le besoin d'une approche interdisciplinaire et holistique

La plupart des problèmes environnementaux ou de développement ne peuvent être résolus par un appel à la seule pédologie, mais ont besoin de l'effort combiné des sciences biophysiques et sociales. Comme cela a d'ailleurs été proposé par le dernier congrès, une approche intégrée et holistique doit être utilisée pour résoudre les questions liées au sol (ISSS, 1994). L'interdisciplinarité et non la multidisciplinarité est une nécessité dans la mesure où l'objectif est de résoudre un problème de société et non une question disciplinaire. Mais cette approche doit aller au delà de l'addition de ce que peuvent fournir les disciplines, elle doit avoir un caractère holistique ou une valeur ajoutée, liée à la confrontation de ces disciplines (Catizzone et Muchena, 1994, Reale et al., 1995).

La conservation des sols, par exemple, ne peut être abordée avec succès par les seules techniques pédologiques. Elle doit être conduite en partenariat avec les utilisateurs des terres qui ont souvent leurs propres techniques (Reij et al., 1996). La

question principale posée par la vulgarisation réside dans le dilemme suivant: soit améliorer les techniques locales de manière participative (approche à partir de la base), soit essayer de promouvoir des techniques validées scientifiquement (approche descendante). De nos jours, la plupart des projets de conservation des sols ont utilisé l'approche descendante et bien peu ont donné des résultats probants.

La conservation des sols est aussi à envisager à différentes échelles dans le paysage (M'Hiri et al., 1995). Le bassin versant apparaît comme l'unité prioritaire dans la mesure où ce qui se passe dans les collines et montagnes a des conséquences sur ce qui se passe dans les terres basses, et où les paysans ont bien souvent des terres dans les deux positions. Ces derniers sont d'ailleurs souvent intéressés à voir leurs basses terres enrichies par des sédiments en provenance des parties amont. Ils peuvent donc n'avoir qu'un intérêt relatif à lutter contre la dégradation des sols sur les pentes. Dans ce cas la conservation des sols ne peut-être envisagée qu'au travers d'une approche participative et interdisciplinaire à l'échelle du bassin versant (Maglinao et Sajjapongse, 1995).

Ceci signifie que des pédologues engagés dans des projets de conservation des sols doivent participer aux débats internes des autres disciplines scientifiques et adapter leurs méthodes aux problèmes à résoudre. Cela signifie aussi que le but recherché n'est pas forcément la conservation ou la productivité maximale, objectifs qui ne sont pas forcément faisables ou économiquement viables, mais peut être des solutions intermédiaires qui résulteront d'un compromis entre les contraintes de chacun. De telles activités de recherche mènent à des travaux peu classiques pour un pédologue, du type inventaire des techniques locales et amélioration de celles-ci, études économiques des dégâts liés à l'érosion et des méthodes de conservation

ou détermination de critères sol et de seuils pour l'établissement de politiques liées à l'utilisation des terres.

Ce qui est vrai pour la conservation des sols est bien sûr vrai pour d'autres domaines scientifiques où le pédologue doit intervenir afin de répondre à une demande sociale. Les pédologues doivent donc apprendre à travailler en groupes intégrant d'autres disciplines que les leurs (Bullock, 1994) et suivant une nouvelle approche plus participative (Greenland et al., 1994).

Toutefois, travailler de façon interdisciplinaire et holistique ne signifie pas, pour le pédologue, perdre son identité, un risque majeur mentionné par certains à juste titre (Pédro, 1996). Cela sous-entend pour les pédologues, voir les choses différemment: développer et utiliser les connaissances pédologiques pour résoudre des problèmes de développement et adapter les méthodes de recherche en vue de la solution de problèmes. Cela signifie pour les pédologues confronter de façon itérative leur démarche à la réalité paysanne comme le suggèrent Rhoades et Booth (1982).

3. Le besoin d'adapter et de simplifier les méthodes et le langage

Travailler avec d'autres disciplines et d'autres partenaires conduit le pédologue à adapter ses méthodes et son langage. Il faut reconnaître que la complexité de notre "jargon" et de nos méthodes tend à décourager certains de nos partenaires potentiels et de nombreux spécialistes d'autres disciplines. La terminologie de la classification des sols est certainement une de ces barrières, mais les méthodes standards utilisées dans les laboratoires de sols en sont probablement d'autres.

La recherche pédologique qui s'attache à résoudre des problèmes de société a besoin d'adapter ses outils aux objectifs de ses projets. Les données pédologiques à

collecter doivent être sélectionnées avec soin. Trop de rapports pédologiques sont suivis, en annexe, de pages de descriptions et d'analyses de sol qui ne sont d'aucune utilité pour l'utilisateur. L'idée suivant laquelle on doit collecter, pour un projet, autant de résultats que possible en pensant qu'ils pourraient être utilisés par ailleurs, relève du mythe coûteux. Très peu de ces données sont utilisées de cette manière, à moins qu'elles n'aient été recueillies en vue de leur insertion dans une base de données. On peut parfois se poser des questions sur des bases de données bâties ainsi de manière bien peu homogène.

Les méthodes de recherche sur les sols ont aussi besoin d'être adaptées au but poursuivi. Ainsi les méthodes d'analyse standard promues dans le manuel d'inventaire des sols (SCS USDA, 1972) sont valides pour des inventaires de sol mais pas obligatoirement pour d'autres objectifs. Par exemple, la capacité d'échange mesurée à pH 7, une méthode courante utilisée dans de nombreux laboratoires à cause de son importance pour la classification des sols dans la "*Soil Taxonomy*" (USDA, 1975), n'est pas nécessairement la meilleure méthode pour mesurer la capacité de fixation du sol pour les nutriments ou pour les polluants. La capacité d'échange cationique mesurée au pH du sol est certainement meilleure et il peut même exister d'autres méthodes plus performantes.

Il est important en même temps de réhabiliter l'observation des sols vis à vis de l'analyse de laboratoire qui donne souvent une fausse impression de précision (Ruellan et Dosso, 1993). Les recherches sur les typologies des aspects de surface (Valentin, 1989) ou sur la disposition de l'enracinement des cultures (De Blic, 1989) sont des données d'une grande importance dans cette recherche d'informations simples et significatives.

De même, face aux mesures sur parcelles d'érosion, qui sont chères et complexes,

l'observation de la densité et de la sévérité des ravines et des autres formes d'érosion et de déposition dans un champ, peut parfois constituer un indicateur suffisant d'évaluation du risque (Torrance, 1993). Pareillement, la recherche d'indicateurs de qualité des terres, simples et bon marché, est un projet important de la division de l'agriculture de la Banque Mondiale (World Bank, 1997). Les indicateurs ne sont dans ce cas que de simples substituts pour des données pédologiques complexes.

Enfin, la communication avec d'autres chercheurs et le public est certainement un point à renforcer. La participation à des programmes interdisciplinaires permettra automatiquement d'améliorer ce point au cours du processus de recherche.

4. Cadres scientifiques, systèmes d'aide à la décision et systèmes de veille

De la même façon qu'une simplification est recherchée dans les méthodes et dans le langage, la science du sol se trouve confrontée à l'utilisation de nouveaux outils de recherche et de communication tels que cadres scientifiques, systèmes d'aide à la décision ou systèmes de veille.

Une des principales difficultés à laquelle sont confrontées les agences de développement est l'évaluation des technologies et de leurs impacts présents et futurs sur le potentiel de production des milieux et sur l'environnement. Ces évaluations demandent des données de nature différentes, dont de nombreuses se situent en dehors de la science du sol. Quand la FAO a développé son cadre pour l'évaluation des terres, il y a plus de vingt ans, elle a inclus dans les données à collecter des informations sur les sols mais aussi sur l'utilisation des terres et sur ses aspects sociaux. Plus tard, quand le cadre pour l'évaluation de la durabilité de la gestion des terres a été développé par l'IBSRAM, il a inclus l'utilisation de critères et d'indicateurs relatifs au sol, à l'utilisation des terres, au climat, à la viabilité économique et à la recevabilité sociale (Dumanski et al., 1991).

Pour instrumentaliser ce cadre, l'IBSRAM avec l'aide du CRDI, teste différents indicateurs dans un projet destiné à développer un système d'aide à la décision pour la conservation des sols en Asie du Sud Est. Des systèmes d'aide à la décision similaires sont développés pour la production des cultures et pour d'autres domaines. A l'intérieur de leurs limites d'application, ces systèmes fournissent aux vulgarisateurs et aux utilisateurs du sol des outils simples pour les aider à prendre leurs décisions.

La veille sur l'environnement est un autre sujet important dans lequel les pédologues

doivent s'engager. Des programmes globaux, tels le Système d'Observation Terrestre Global (GTOS) sont actuellement mis en place pour suivre les changements dans les écosystèmes (Heal et al., 1993). Ces programmes sont mis en place pour suivre l'évolution de l'état des ressources naturelles, à partir de bases de données qui incluent des informations sur l'utilisation des terres, sur les changements dans les propriétés des sols, sur l'érosion, sur l'humidité des sols, sur les flux de carbone, sur les gaz responsables de l'effet de serre, etc. La participation de pédologues dans ces programmes est essentielle.

5. Formation à la gestion et à la conservation des sols et des autres ressources naturelles

Les agences gouvernementales ont joué, par le passé, un rôle majeur dans la gestion et la conservation des terres. Le service de conservation des sols des Etats Unis a été une des premières agences à développer des règles pour la gestion des terres et cet exemple a été suivi par de nombreux autres pays avec des succès divers. A cette époque, la formation en science du sol était principalement destinée à des chercheurs et à des vulgarisateurs engagés dans ces actions. La situation est toutefois en train de changer avec la prise de conscience que gestion et conservation des terres doivent impliquer les utilisateurs et le public en général, et non seulement les agences gouvernementales.

Le gouvernement d'Australie, par exemple, réalisant que malgré ses efforts, la dégradation des terres était encore un problème, a mis en place, il y a dix ans un partenariat historique avec les fermiers et les écologistes. Dans cette action il a délégué à des groupes baptisés "Landcare", formés à base de communautés rurales, des responsabilités importantes en matière de gestion et de conservation des terres ainsi que des financements pour les assumer

(Campbell, 1994). Après dix ans, plus de 2700 groupes "Landcare", regroupant près d'un tiers des familles rurales australiennes, ont été établis et ont fonctionné de façon satisfaisante. Avec autant de personnes engagées dans les problèmes de conservation des terres, il est devenu nécessaire de former non seulement les chercheurs et les vulgarisateurs, mais aussi ces membres des communautés "Landcare".

Ce qui s'est produit en Australie a aujourd'hui lieu ailleurs, dans des pays où le souci des gouvernements pour la conservation des terres est limité et où la situation de l'état des ressources pose problème. Dans ces pays, des organisations non gouvernementales (ONG) à la fois nationales et à base étrangère, se mettent en place pour s'occuper des questions de conservation des ressources naturelles, en coopération avec les communautés paysannes. Ces ONG et les communautés paysannes ont des besoins de formation importants.

La formation en gestion et conservation des terres, Campbell (1994) parle d'alphabétisation, concerne des groupes différents : des écoliers, des groupes communautaires de type "Landcare", et des chercheurs et des vulgarisateurs. La formation nécessite bien sûr d'être adaptée à chaque groupe et doit replacer le sol dans son contexte de production et de conservation. Cette formation doit, de plus, porter en priorité sur la façon de résoudre des problèmes de développement. Pour conduire ces formations, des aides visuelles sont essentielles. L'exemple des outils pédagogiques, tels que films, brochures, mallettes pédagogiques ou CD Rom développés par Dosso et Ruellan (1994), est à suivre. Il doit être intégré dans des programmes de grande envergure de découverte de la gestion et de la conservation des terres de telle sorte que le public, et en premier lieu les utilisateurs des

sols, deviennent conscients des changements qui adviennent à leur ressources terrestres et des solutions à apporter.

Conclusion

La science du sol est à une croisée des chemins entre spécialisation et éclatement en diverses sous disciplines, et approches interdisciplinaire et holistique, dans laquelle certains craignent qu'elle perde son âme. De la même façon qu'il est essentiel de renforcer les bases scientifiques de la pédologie, il apparaît que si les pédologues ne s'engagent pas plus volontairement dans des programmes demandés par la société, d'autres le feront à leur place. Il est clair aussi que le changement d'orientation d'une recherche disciplinaire vers une recherche destinée à résoudre des problèmes de société, implique des changements d'attitude vis à vis des autres disciplines et des utilisateurs des terres. Ceci implique une intégration de l'approche participative dans le processus de recherche. Les méthodes de recherche et les modes de communication doivent être réexaminés en vue de les rendre plus accessibles. Enfin, un combat pour l'alphabétisation en matière de gestion et de conservation des sols doit être mené afin que le public puisse comprendre les enjeux pédologiques concernant son avenir et le futur de la planète.

Si nous nous demandions quel sera le rôle des pédologues dans les vingt ans à venir, on pourrait envisager les tâches suivantes :

- . acquisition de connaissances, plus particulièrement en ce qui concerne la dynamique des processus pédologiques et sa relation avec la dégradation des terres,
- . veille sur les systèmes ruraux et environnementaux, de façon à ne pas perdre leur potentiel de production, et leur possibilité de fournir au public un environnement non pollué,

- . développement de techniques pour combattre les pollutions et les dégradations des terres, et
- . facilitation du travail de groupes du type "Landcare" et participation à des initiatives d'alphabétisation en matière de sol.

En accomplissant ces tâches, les pédologues devraient être mieux intégrés dans la société et être capables de mieux défendre la ressource sol sur laquelle nous vivons.

Bibliographie

- BLIC P. DE - 1990 : L'examen du profil cultural : un outil pour mieux comprendre le comportement du sol soumis à des travaux aratoires. In organic matter management and tillage in humid and subhumid Africa: 385-399. IBSRAM Proceedings N°10. Bangkok: IBSRAM
- BOULAIN J. - 1995 : Quatre siècles de fertilisation. Etude et gestion des sols 2 (3) : 201-211
- BULLOCK P. - 1994 : The need for a paradigm change in soil science in the next Century. In transactions 15th world congress of soil science 9: 427-436
- CAMPBELL C.A. - 1994 : Landcare - communities shaping the land and the future. With case studies by Siepen G. Sydney, Australia: Allen and Unwin. London, UK: UCL Press. New York, USA: R Paul & Co.
- CATIZZONE M. et MUCHENA S.C. - 1994 : A holistic approach to sustainable soil use in SADC countries. Dans proceedings of a workshop supported by the European Commission Directorate General XII and the Southern African Centre for Cooperation in Agricultural Research: XXV+58. Rep. EUR 15808 & 15809 Brussels.
- DOSSO M. et RUELLAN A. - 1994 : Regards sur le sol : l'enseignement de la science du sol par l'approche morphologique. In transactions 15th world congress of soil science 9: 21-24.
- DUMANSKI J., ESWARAN H. et LATHAM M. - 1991 : A proposal for an international framework for evaluating sustainable land management. Dans Evaluation for sustainable land management in the developing world: 25-45. IBSRAM proceedings N°12 Vol II Bangkok IBSRAM
- FAO. - 1976 : A framework for land evaluation. Soil Bulletin 32 Rome: FAO
- FAO. - 1993 : a) FESLM: an international framework for evaluating sustainable land management. World Soil Resource Report 73 Rome FAO - b) Agriculture towards 2010. Rome FAO
- GREENLAND D.J., BOWEN G., ESWARAN H., RHOADES R., VALENTIN C. - 1994 : Soil, Water, and Nutrient management research - a new agenda. IBSRAM position paper. Bangkok: IBSRAM
- HEAL O. W., MENAUT J.C. et STEFFEN W.L. - 1993 : Towards a Global Terrestrial Observing System (GTOS): detecting and monitoring change in terrestrial ecosystems. MAB Digest 26/IGBP Global Change report. Paris: UNESCO and Stockholm: IGBP
- IBSRAM - 1997 : Highlights 1997, Bangkok: IBSRAM

- ISSS - 1994 : Proposed activities to seize opportunities for soil science and its applications in the 21st Century. Declaration adopted by the Society at the 15th World Congress of Soil Science
- MAGLINAO A. et SAJJAPONGSE A. EDS - 1995 : Proceedings of the International Workshop on conservation farming for sloping uplands in southeast Asia: Challenges, opportunities, and prospects. IBSRAM proceeding N° 14 Bangkok: IBSRAM
- M'HIRI A., BEN SAID M., KAABIA M. et BACHTA M.S. - 1994 : Pour une approche holistique de la restauration des terres soumises à l'érosion hydrique dans le nord ouest de la Tunisie. *Dans Actes du congrès international pour la restauration et le rehablitation des terres égradées des zones arides et semi-arides.* Djerba : Tunisie
- PEDRO G. - 1996 : La science du sol à l'aube du XXIème siècle. *Etude et gestion des sols*, 3 (2) : 135-143
- REALE L., NORI M. et FERARI G. - 1995 : Holistic approach to sustainable development: interaction of soil science with different disciplines. A workshop supported by the European Commission DGXII and regione Emilia-Romagna cartografico e geologico. Bologna: Aster
- REIJ C., SCOONES I. et TOULMIN C. Eds - 1996 : Sustaining the soil. Indigenous soil and water conservation in Africa. London: Earthscan
- RHOADES R. et BOOTH R. - 1982 : Farmer-back-to-farmer: a model for generating acceptable agricultural technology. In *Agriculture Administration II*: 127-137
- RUELLAN A. et DOSSO M. - 1993 : Regards sur le sol. Paris: Ed. Fouché
- SCS USDA - 1972 : Soil survey laboratory methods and procedures for collecting soil samples. US Department of Agriculture SSIR 1. U.S. Government printing office Washington DC.
- TORRANCE J.K. - 1993 : Erosion at the ASIALAND sloping lands site in Thailand. IBSRAM Newsletter N°27 Bangkok IBSRAM
- USDA (Soil Survey Staff) - 1975 : Soil Taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. U.S. Government Printing Office Washington D.C.
- VALENTIN C. - 1989 : Surface crusting, runoff, and erosion on steepland and coarse materials. *Dans the establishment of soil management experiments on sloping land*: 285-312. IBSRAM Technical Notes N°3 Bangkok IBSRAM
- WORLD BANK - 1997 : Rural development: from vision to actions. A sector strategy paper. Washington: The World Bank

**Annexe - Quelques objectifs de la science du sol,
demande sociale et défis posés**

Objectifs de la science du sol	Demande sociale	Défis posés à la science du sol par la société
<ul style="list-style-type: none"> - Connaissance des sols et de leur répartition - Connaissance des règles de gestion des sols 	<ul style="list-style-type: none"> - Accroître de façon durable la productivité des systèmes de production - Définition de terroirs 	<ul style="list-style-type: none"> - Ajustement du facteur sol à l'optimisation des systèmes de production - Trouver des paramètres pédologiques discriminants pour identifier des terroirs
<ul style="list-style-type: none"> - Connaissance du fonctionnement des couvertures pédologiques 	<ul style="list-style-type: none"> - Maintenir les grands équilibres écologiques 	<ul style="list-style-type: none"> - Accroître le rôle du sol en tant que fixateur du carbone et des polluants et inversement savoir les décontaminer
<ul style="list-style-type: none"> - Evaluation des potentiels en sol 	<ul style="list-style-type: none"> - Systèmes d'aide à la décision en matière d'évaluation des terres 	<ul style="list-style-type: none"> - Trouver des indicateurs de qualité des sols simples et pertinents
<ul style="list-style-type: none"> - Connaissance du processus de dégradation des sols et des moyens à mettre en oeuvre pour les réhabiliter 	<ul style="list-style-type: none"> - Stabilisation des sols et des matériaux pédologiques 	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluer des méthodes de conservation des sols et des eaux, adaptées à l'échelle du bassin versant
<ul style="list-style-type: none"> - Organisation de bases de données pédologiques 	<ul style="list-style-type: none"> - Développement de Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) pour la gestion des ressources naturelles 	<ul style="list-style-type: none"> - Extraire des données pédologiques anciennes et récentes des éléments pertinents pouvant être incorporés dans des SIG
<ul style="list-style-type: none"> - Education en science du sol 	<ul style="list-style-type: none"> - Fournir informations et moyens pour conserver la ressource naturelle pour les générations futures 	<ul style="list-style-type: none"> - Former différents publics de façon à gérer et conserver les sols et les autres ressources naturelles