

Journée « Argiles » du 15 décembre 2011, en l'honneur de Georges PÉDRO

ÉDITORIAL

Christian FELLER
président de l'AFES

L'Association Française pour l'Étude du Sol (AFES) a organisé, en collaboration avec la Société Française de Minéralogie et de Cristallographie (SFMC) et le Groupe Français des Argiles (GFA), le 15 décembre 2011, à AgroParisTech Paris (ex-ENGREF), une journée autour du thème « argiles des sols », en l'honneur de Georges Pédro.

Cette journée s'est déroulée en présence évidemment de la famille et des amis de Georges Pédro, de nombreux collègues scientifiques des sols et de représentants officiels de l'Académie des Sciences et de l'Académie d'Agriculture de France.

Dans ce dossier d'EGS, et nous en remercions ici la rédaction de cette revue, sont publiés (i) les trois discours introductifs de Christian Feller, André-Bernard Delmas et Daniel Tessier visant à présenter la vie et l'œuvre scientifique de Georges Pédro, (ii) le discours prononcé par Georges Pédro lui-même, ainsi que (iii) les communications scientifiques autour des argiles ayant donné effectivement lieu à écriture d'un article pour ce numéro d'EGS, à savoir ceux de Laurent Caner et Fabien Hubert, de Claudine Noguera, Bertrand Fritz et Alain Clément, et de Nicole Liewig et Michel Rautureau.

La journée elle-même avait été organisée en deux temps : une matinée consacrée aux témoignages, un après-midi consacré aux communications scientifiques (voir ci-dessous).

De très nombreux témoignages de sympathie et de félicitations ont été prononcés ce jour ou avaient été envoyés sous forme écrite. Ne pouvant les publier ici, ils seront mis prochainement sur le site web de l'AFES : <http://www.afes.fr/>

L'organisation détaillée de cette journée est rappelée ci-dessous :

MATINÉE

Ouverture par Christian Feller.

Regards sur l'œuvre de Georges Pédro par :
Christian Feller, André-Bernard Delmas et Daniel Tessier.

Témoignages oraux de :

Anne-Marie Karpoff, Hélène Paquet, Jean-Louis Robert, Adrien Herbillon, Jean-Paul Legros, Alain Ruellan, Jean-Claude Leprun.

Communication de Georges Pédro :

Regards sur une vie consacrée à l'étude des argiles et des sols.

APRÈS-MIDI

Laurent Caner, Fabien Hubert.

Nouvelles recherches sur les propriétés des argiles des sols.

Claudine Noguera, Bertrand Fritz et Alain Clément.

Simulation de la nucléation et croissance de nanoparticules minérales en solution aqueuse. Applications aux argiles.

Claire Chenu et Christian Feller.

Les interactions bio-organo-argileuses et la stabilisation du carbone dans les sols.

Hervé Quiquampoix.

Les argiles et la santé animale : protéines prions et toxines Bt.

Nicole Liewig et Michel Rautureau.

Les argiles et la santé humaine : d'hier à aujourd'hui.

Discussion générale.

Clôture.

Georges PÉDRO, du soxhlet aux académies

Cher Georges Pédro,

C'est avec un grand plaisir que l'Association Française pour l'Étude du Sol (AFES), avec la participation du Groupe Français des Argiles (GFA) et la Société Française de Minéralogie et de Cristallographie (SFMC), représentés par leur président, M. Jean-Louis Robert et Mme Anne-Marie Karpoff, vous accueille ici pour cette Journée « Argiles », organisée en votre honneur. Je crois qu'en mon nom, comme président de l'AFES, c'est bien toute la communauté scientifique autour des argiles et des sols, où vous comptez beaucoup d'amis, qui veulent aujourd'hui témoigner non seulement de leur admiration pour vos travaux mais aussi de leur sympathie.

Il me revient maintenant, en seulement 20 minutes, de présenter un tableau rapide de votre carrière scientifique : exercice quasi impossible ! Ce sera donc un survol en laissant en particulier des « blancs » sur des grands moments de votre carrière mais qui seront renseignés, pour certains, par les deux exposés d'André-Bernard Delmas et de Daniel Tessier, ainsi que par les témoignages qui suivront.

LE JEUNE PÉDRO DANS LES TRACES DE SON PÈRE

Georges, comme l'indique votre nom – Pédro –, vous avez des origines alsaciennes, puisque c'est votre arrière-grand-père, natif de Colmar, qui, suite à la guerre de 1870, émigra en Algérie et s'installa à L'Alma, ville où vous êtes né le 26 juin 1929.

Votre père était diplômé de l'Institut Agricole de Maison-Carrée (Alger) et s'occupait de travaux agricoles mécanisés et de labours profonds avec des locomobiles à vapeur importées d'Angleterre, ce qui était évidemment d'avant-garde à l'époque.

Vous étiez évidemment très bon élève et, après le Lycée et les classes préparatoires, vous intégrez en 1949, comme votre père trente années auparavant, Maison-Carrée, devenue, entre-temps, École Nationale Supérieure d'Agriculture d'Alger. Vous en sortez Major de promotion en 1952, et, si j'ai bien compris, avec une médaille « Vermeil » à la clé. En tout cas, voilà une première médaille qui sera suivie par bien d'autres !

Vous avez 23 ans et un bon diplôme en poche. Il s'agit maintenant de penser votre avenir. Maison-Carrée vous offre de faire carrière chez eux comme enseignant, mais vous avez déjà des

idées précises de ce que vous souhaitez, et, ce que vous souhaitez, c'est faire de la recherche au plus haut niveau, donc en métropole. Vous avez déjà entendu parler de Drouineau, Chaminate et de Hénin : vous candidatez donc à l'INRA. Compte tenu de votre rang de sortie à Maison-Carrée, vous êtes immédiatement pris.

Vous quittez l'Algérie définitivement (vous y retournerez très peu au cours de votre vie). Vous ne rentrerez à l'INRA qu'en 1953 car il vous faut faire votre service militaire (12 mois). Ce sera à Nîmes comme E.O.R. Je comprends maintenant les souvenirs que vous évoquez souvent avec moi de ce que l'on appelle la « folie » du Baron de Castille, entre Nîmes et Uzès, pas loin du Pont-du-Gard, que vous aviez peut-être visitée à l'époque, et qui est célèbre maintenant aussi pour sa fresque en béton de Picasso.

En 1962, vous épousez Mlle Marie-Joséphine ROUSSELIN, dont la famille était propriétaire d'une tuilerie et utilisait donc des matériaux argileux : belle rencontre ! Vous aurez 3 enfants et 12 petits-enfants.

UN NOM ET UN PRÉNOM PRÉDESTINÉS

Avant de commencer le récit de vos débuts de carrière à l'INRA, laissez-moi (et pardonnez-moi de) faire une digression sur vos NOM et prénom.

Le nom Pédro est un héritage incontournable pour vous comme ce le fut pour votre père. On peut penser aux « Clés » de Saint Pierre, mais je ne peux m'empêcher de penser aussi à « Pédro = pierre » cet élément minéral naturel qui nous entoure.

Là-dessus, votre père vous donne le prénom de Georges. *Georges et le Dragon*, certes, mais Georges vient du grec « georgos », signifiant « qui cultive la terre », d'où les *Géorgiques* de Virgile par exemple. Le choix de ce prénom par votre père était-il volontaire pour référer à la terre, au sol, ou était-ce pour d'autres raisons familiales ?

Il n'empêche que vous voilà Georges Pédro : la terre (ou le Sol) et la pierre (ou la Roche)

Je trouve cela extraordinaire, car qui mieux que vous correspond à la fois à son nom et à son prénom ? Vous commencez par honorer votre Prénom avec vos études à Maison-Carrée, vous honorez votre NOM avec vos premiers travaux à l'INRA ! Et votre mariage est, en quelque sorte, aussi sous le signe des argiles.

L'INRA, LA THÈSE : GEORGES PÉDRO SE FAIT UN NOM

Après votre service militaire à Nîmes, puis à Alger, vous débarquez donc à Versailles le 17 octobre 1953, où vous restez très peu de temps car il est immédiatement décidé que vous ferez une licence ès-sciences que vous terminerez brillamment en 1955. Vous décrivez très bien cela dans différents textes autobiographiques et je ne rentrerai pas dans le détail.

Finalement ce n'est qu'en novembre 1955 que vous vous installez réellement à Versailles.

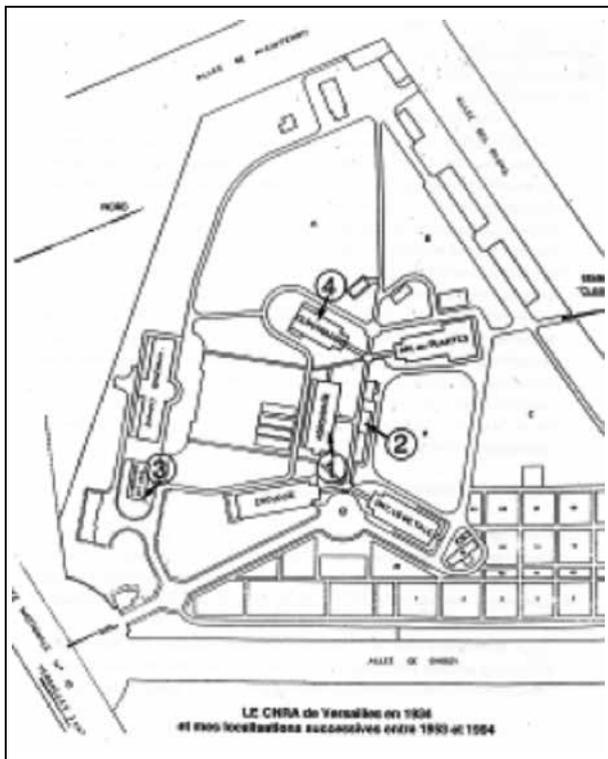
Installation pas terrible, puisque vous commencez dans le sous-sol d'un premier bâtiment (*point 2 sur figure 1*) et que vous continuerez en 1959, lorsque vous aurez rejoint le nouveau labo de Stéphane Hénin, au 2^e étage (*point 3 sur figure 1*) où se déroulera la partie expérimentale de votre thèse.

Ceci nous amène à votre thèse de Docteur ès-Sciences qui sera soutenue en 1964.

Avec cette thèse, vous débutez ce que vous nommerez vos travaux de « pédologie expérimentale ». Vous la faites sous la direction de Stéphane Hénin qui sera un maître pour vous. Il

Figure 1 - Localisations successives de G. Pédro au CNRA de Versailles entre 1953 et 1994.

Figure 1 - Different locations of G. Pédro at Versailles' CNRA (National Agronomical Research Centre) between 1953 and 1994.



s'agit d'étudier en laboratoire, avec un dispositif adapté, l'altération de deux types de roches : granite et basalte. L'extraordinaire originalité de cette thèse tient :

1. dans ses objectifs initiaux très ambitieux : est-on capable en laboratoire de simuler les processus naturels d'altération des roches et de retrouver, identifier ou préciser les grands processus géochimiques qui ont conduit à la formation de grands types de sols du Monde, comme la podzolisation ou la ferrallitisation (nommée encore à l'époque « latérisation ») ?
2. dans les dispositifs expérimentaux extraordinairement astucieux que vous mettez en place pour simuler des conditions climatiques et pédoclimatiques particulières : niveau de drainage, acidité des eaux du sol et température. Vos dispositifs expérimentaux seront basés sur l'utilisation du Soxhlet pour l'étude de l'altération des roches (*voir figure 2*). La *figure 2* parle d'elle-même : la roche en morceaux située dans le godet du Soxhlet reçoit (comme des gouttes de pluie) les eaux (émises sous forme de vapeur) condensées par la colonne réfrigérante, fait son travail d'altération, et, en fin d'expérience, reste dans le godet le « reliquat d'altération » tandis que dans le ballon on retrouvera les lessivats obtenus par « drainage ».
3. Vos résultats exceptionnels ouvrent un nouveau champ en modélisation expérimentale pour l'étude de l'altération des roches et donc les premières phases de la pédogenèse. Une illustration en est la *figure 3* qui montre que cette approche non seulement reproduit parfaitement bien ce que l'on peut observer dans la nature pour des sols en place, mais permettra donc aussi d'étudier de très nombreux autres processus mal connus encore à ce jour.

Vous ferez une deuxième thèse « demandée par la faculté » sur la *Classification des minéraux argileux : historique, étude critique, mise au point*, dont je ne peux malheureusement parler, ne l'ayant pas lue.

Ces travaux auront très rapidement une reconnaissance internationale (voir témoignage d'Adrien Herbillon et de Anne-Marie Karpoff) et seront suivis de nombreux autres en collaboration avec vos « élèves », parmi lesquels :

- Michel Robert, votre premier élève, qui s'occupera de l'altération des micas, puis s'ouvrira aux interactions organo-argileuses et dont l'une des élèves - Claire Chenu - est de notoriété internationale sur le sujet,
- André-Bernard Delmas qui poursuivra dans la voie géochimique (cf. intervention de A.-B. Delmas), et
- Daniel Tessier qui fera faire un bond considérable à la connaissance des relations argile-eau et à une meilleure compréhension de l'hydrodynamique dans les sols (cf. intervention de D. Tessier).

DE LA PÉDOLOGIE EXPÉRIMENTALE À LA PÉDOLOGIE « GLOBALE »

À partir des années 1970, Georges Pédro, à travers de très nombreuses collaborations avec de nombreuses institutions de science du sol, françaises et étrangères (dont l'ORSTOM pour les milieux tropicaux), vous vous investirez énormément dans une « pédologie comparée » qui vise à mieux connaître les sols du Monde sur le terrain pour mener une réflexion articulant pédologie expérimentale, transformations et processus géochimiques fondamentaux et diversité des sols sur la planète. Quelques photos de mon exposé et de celui de Jean-Claude Leprun ont évoqué ces moments et ces collaborations. (Je ne vais pas citer tous les noms des personnes avec qui vous avez collaboré ; d'ailleurs, peut-être les citerez-vous vous-même, en tout cas c'est ce que vous fîtes déjà lors d'une journée que j'avais organisée à Bondy il y a quelques années et où vous nous aviez dressé un vaste tableau historique de la science du sol à l'Orstom-IRD).

Ceci vous amène à réfléchir à de notions telles que les « couvertures d'altération » et les « couvertures pédologiques », vous conduisant à mettre en place des typologies et un vocabulaire précis en relation avec les grands processus géochimiques.

Les travaux de laboratoire de votre équipe, vos collaborations extérieures à Versailles, vos très nombreuses missions dans le monde, vous conduiront à une réflexion que vous qualifiez de « pédologie globale » (« globale », bien avant l'heure !).

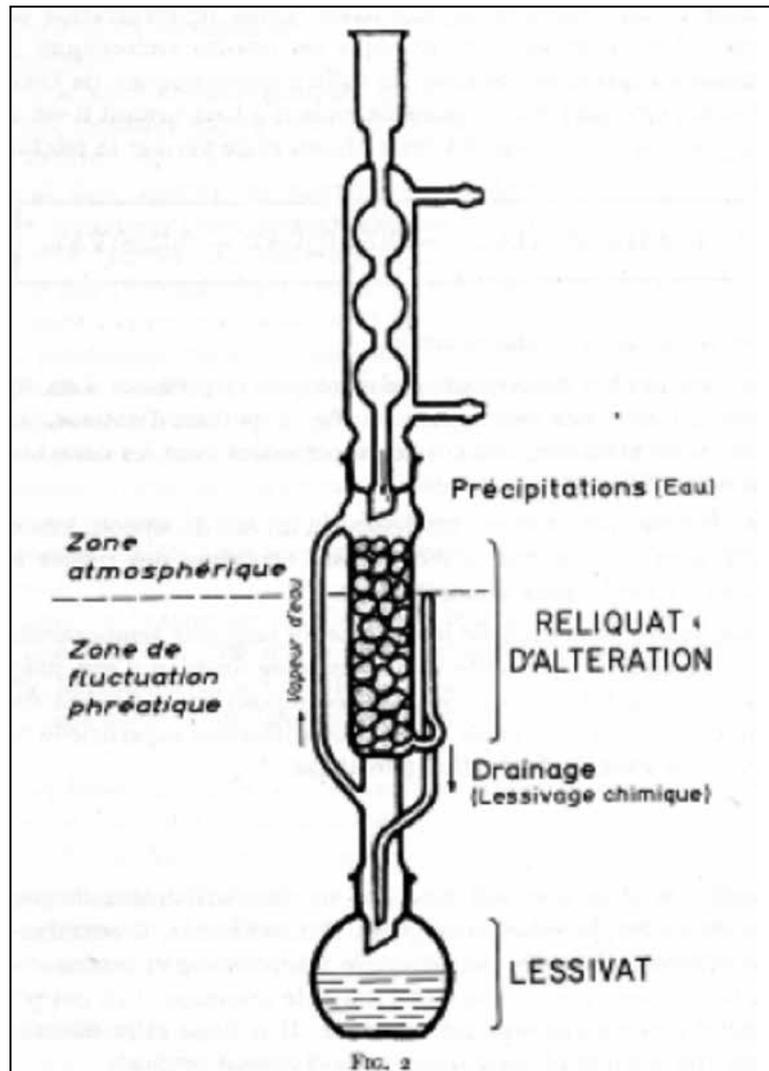
Ainsi, parmi les produits de cette activité, la « Carte pédogéochimique de la France » (Pédro et Scherer, 1974) et celle du Brésil (Pédro et Melfi, 1978).

LES PRÉSIDENCES D'INSTITUTIONS ET DE CONGRÈS

Nationalement et internationalement reconnu pour vos travaux scientifiques, de ce fait, dès les années 1970, vous jouerez un rôle important de conseiller et/ou d'animateur scientifique à

Figure 2 - Appareil Soxhlet adapté par G. Pédro à l'étude de l'altération des roches au cours de sa thèse.

Figure 2 - Soxhlet equipment as modified by G. Pédro for the study of rock weathering.



des postes élevés. Voici, à titre d'exemples, quelques institutions, programmes, comités, que vous avez présidés :

- 1971-1975. Groupes Français des Argiles (GFA),
- 1982-1986. Association Française pour l'Étude du Sol (AFES),
- 1989-1993. Comité scientifique du Centre de Pédologie Biologique (CPB-CNRS),
- 1983-1987. Groupe Sciences-Nature de l'Association Française pour l'Avancement des Sciences (AFAS),
- 1987-1991. Conseil scientifique du Programme Interdisciplinaire des Recherches géodynamiques Tropicale péri-atlantique (PIRAT) de l'INSU/CNRS-ORSTOM).

Votre présidence de l'AFES sera très active puisque vous aurez à organiser, en 1984, les fêtes du Cinquantenaire de l'AFES, soutenu par de nombreux autres

Figure 3 - Comportement dynamique des principaux éléments au cours de l'altération expérimentale (extrait de Mémoires de Titres et Travaux, 1990 et équivalent à Tableau 135 de la thèse de 1964).

Figure 3 - Dynamic behaviour of the main geochemical elements during the weathering process. (Extract from /Mémoires de Titres et Travaux/, 1990. Table equivalent to Table 135 of the Pédro's thesis, 1964).

Processus d'altération		Caractéristiques climatiques → Augmentation du drainage	
		$q(\text{SiO}_2) < q(\text{Bases})$	$q(\text{SiO}_2) \geq (\text{Bases})$
Caractéristiques physico-chimiques	Conditions hydrolytiques $q(\text{SiO}_2) > q(\text{Al}_2\text{O}_3)$ (désilicification)	SIALLITISATION (Silicates argileux)	ALLITISATION (Hydroxydes d'aluminium)
	Conditions acides $q(\text{SiO}_2) < q(\text{Al}_2\text{O}_3)$ (enrichissement relatif en SiO_2)	PODZOLISATION (Silice libre)	—

collègues (en particulier J. Servant, Cl. Scoupe, V. Eschenbrenner et M.C. Girard), qui conduiront à :

- une superbe exposition au Palais de la Découverte : *Podzols, rendzines et les autres... Connaissez-vous les sols ?* qui sera accompagnée d'un coffret de 50 diapositives scientifiques couleur,
- le *Livre Jubilaire du Cinquantenaire. AFES 50, 1934-1984*,
- l'ouvrage *Inventaire des Thèses de Science du Sol soutenues en France*,
- un numéro spécial des Cahiers de Pédologie de l'ORSTOM *AFES 50 Pédologie*,
- un article de synthèse de vous-même (1985), dans la petite revue « ORSTOM Actualités », intitulé *Les grandes tendances des sols mondiaux*.

On vous demandera aussi de présider ou d'ouvrir de nombreux symposiums ou congrès ; là aussi quelques exemples parmi bien d'autres :

- 1969. Tokyo. Présidence de la commission à la Conférence internationale sur les argiles,
- 1985. Paris. Ouverture de la Conférence internationale de micromorphologie,
- 1989. Lomé. Ouverture du Séminaire franco-africain de pédologie,
- 1998. Montpellier. Présidence du Conseil Scientifique du Congrès international de science du sol. Ce congrès était organisé par Alain Ruellan.

L'ENSEIGNANT

Enfin, vous avez aussi développé une très forte activité d'enseignant, que ce soit en France ou à l'étranger. Au fur et à mesure que se développait votre réflexion, toujours précise, mais de plus en plus englobante, vous élargissiez la thématique de votre enseignement avec 4 cours principaux :

- Minéralogie des constituants secondaires des sols,
- Géochimie des phénomènes pédologiques,
- Géographie des sols,
- Pédologie globale.

Moi, je n'ai connu que le Cours de Minéralogie en 1972 et je m'en souviens comme quelque chose d'extraordinaire : hyper-organisé et hyper-précis, ce qui vous caractérise bien. Je n'ai pas retrouvé mes notes, mais vous m'en avez envoyé un plan schématique. Il y avait donc 4 parties que je donne ici :

- Introduction cristallographique très détaillée,
- Caractérisation structurale des oxydes et hydroxydes,
- Silicates argileux à structure phylliteuse,
- Nature des constituants secondaires particuliers,

Chaque partie s'organisait plus ou moins en :

- I.
- I.A.
- I.A.1.
- I.A.1.a
- I.A.1.a.α
- I.A.1.a.β... etc.

Il était impossible de ne pas prendre des notes, c'était intéressant et un peu fastidieux au début ! Puis, arrivèrent les deux dernières heures, ce fut comme un éblouissement, une révélation : tout s'organisait dans une logique imparable et lumineuse, ce qui, évidemment, justifiait le découpage que nous avions subi. Combien de fois avec des collègues ayant reçu vos cours ne sommes-nous pas tombés d'accord là-dessus ?

Ces cours vous les avez donnés, non seulement en France (dans 11 institutions différentes) mais aussi au Brésil (10 voyages) et dans bien d'autres pays du monde (Belgique, Suisse, Espagne, Maroc, Togo, Indonésie...).

Vous avez aussi été, de 1985 à 1990, le responsable du DEA national de Pédologie.

Toutes vos présentations, qu'elles soient scientifiques, à caractère historique (souvent les deux ensemble) et jusqu'à maintenant, restent toujours aussi bien organisées, aussi claires et logiques, et passant du plus particulier au plus général.

LES DISTINCTIONS

Toute cette activité au service de la Science a été assez tôt reconnue, et vous avez reçu de nombreuses distinctions, parmi lesquelles :

- 1952. Lauréat de l'Institut Pasteur d'Alger,
- 1983. Médaille de l'Académie des Sciences de l'URSS,
- 1985. Mérite Agricole,
- 1998. Légion d'Honneur, qui vous sera remise par Stéphane Hénin,
- 2005. Grand Croix de l'Ordre National du Mérite Scientifique du Brésil.

LES ACADÉMIES

Vous aimez les académies et celles-ci vous aiment aussi, car vous y êtes très actif.

Vous entrez à l'Académie d'Agriculture de France dès 1979 (à 50 ans). Vous en serez le Président en 1993 et le Secrétaire Perpétuel de 1998 à 2005.

C'est en 1987 que vous entrez comme Membre correspondant à l'Académie des Sciences.

Votre activité au sein de ces deux académies est absolument incroyable entre l'organisation de journées, sessions, les présidences de groupes, etc. (voir témoignage Hélène Paquet). Vous y êtes actif, non seulement au sein de (et pour) chacune d'elles, mais aussi dans les ponts inter-académiques que vous établissez régulièrement pour l'organisation de séminaires, congrès ou journées communs entre ces deux institutions.

Hormis ces deux institutions prestigieuses, vous êtes non moins actif aussi à :

- l'Academia Europaea,

- l'Académie des Technologies, dont vous êtes un membre fondateur,

- l'Accademia dei Georgofilli.

Il est logique que vous aimiez les académies, car ce sont des lieux qui vous correspondent parfaitement ; des lieux où votre sens de la synthèse, doublé d'une grande culture historique (scientifique et autre), vous permet de dresser de vastes fresques de la pensée scientifique touchant au monde des géosciences. Laissez-moi vous dire, sans flatterie, que vous y excellez.

Il me faut conclure ce long exposé (et pourtant tant d'aspects de votre riche carrière n'ont été que survolés) pour vous dire, Georges Pédro, que :

- votre père a eu raison de s'appeler Pédro et de vous prénommer Georges : votre vie scientifique ne pouvait être autrement que sous le signe de Georges Pédro, celui qui a quasi-fondé une discipline – la pédologie expérimentale – qui va de la Roche, à l'Argile et au Sol. Rien que votre thèse, pour moi, reste un monument scientifique ;

- votre carrière strictement scientifique est exemplaire, y compris vos conférences à caractère historico-scientifique qui sont un régal à écouter et montrent combien vous avez de recul sur les sujets abordés ;

- vous avez aussi beaucoup donné à la communauté des géosciences, que ce soit dans les domaines du sol, des argiles, voire de la biogéochimie, et évidemment de l'agronomie ; beaucoup de personnes présentes ici aujourd'hui sont là pour en témoigner ;

- mais aussi, et ceci n'est pas le moindre, vous êtes un homme curieux des choses et des gens, vous êtes très attentif à autrui, s'enquérant constamment de ses activités, de sa santé, etc. La plupart des témoignages de cette journée insistent sur ce côté de votre personnalité.

Aussi, pour toutes ces raisons, Georges, je vous prie de croire en ma large admiration, mais aussi à ma profonde sympathie. J'ai une grande amitié pour vous, comme beaucoup d'autres personnes dans cette salle.

Uzès, le 10 décembre 2011

Christian FELLER

Georges PÉDRO

et ses collaborateurs à Versailles

Regards sur les progrès en altération

Monsieur,
Chers amis,

Christian Feller vient de nous entretenir de ce qu'a été votre Thèse et de l'innovation qu'elle a apportée dans le domaine de l'altération des roches et de la formation des nouveaux constituants minéraux caractéristiques des sols. Je n'y reviendrai pas. Pendant plusieurs décennies vous êtes devenu le chef incontesté d'un courant d'idées auquel j'ai participé et dont il me revenait de témoigner, Michel Robert mon aîné étant hélas disparu.

Les travaux que vous avez réalisés et encadrés, ou qui ont été réalisés par vos collaborateurs dans ce domaine de l'altération, forment un ensemble que l'on peut appeler « l'École de Versailles ». Vous en avez fait une synthèse dans les « Mélanges offerts à Stéphane Hénin ». La difficulté d'une telle synthèse tient, vous l'avez souligné alors, au fait qu'« à notre époque, il existe un écart considérable en science, entre le début d'une carrière dans la recherche et le moment présent. » Comment alors aborder l'effet du temps ?

Hippolyte Taine dans sa « Philosophie de l'art » et sa théorie « Du lieu, du moment, de la race » offre un guide pour mon propos. Le lieu est fixé, à savoir Versailles et le Laboratoire des Sols. Pour ce qui a trait au tempérament, Taine parle des écoles de peinture, ainsi ferai-je laisser entrevoir au fil de ces quelques lignes une esquisse, une forme de portrait. Le moment sera donc au cœur de mon propos. Je témoignerai des vingt années que j'ai passées à votre côté en découpant le temps en trois actes, l'après votre thèse, l'exploration de voies nouvelles, le passage aux temps courts et au fonctionnement du sol.

COMMENÇONS DONC PAR LES ANNÉES QUI SUIVIRENT VOTRE THÈSE, PÉRIODE QUI VA DE 1967 À 1974

Lorsque, en 1967, passionné par la pédologie et jeune recrue de l'INRA, je me présentais au Labo des Sols de l'INRA à Versailles, ce service, créé en 1934 par Albert Demolon et

S. Hénin, comprenait, parmi d'autres, un laboratoire dédié à l'étude de l'altération des roches et des minéraux, cet ensemble de phénomènes mal connus qui est à la base de la genèse des sols. Vous en étiez le responsable. Vous aviez soutenu depuis trois ans votre thèse de pédologie expérimentale et vous étiez marqué au double sceau de genèse et de classification des argiles. Vous m'avez proposé de travailler sur l'altération des silicates, le prologue de la genèse.

En entrant, dans votre laboratoire, la vue butait sur une herse bordée d'une paillasse où une rangée de soxhlets glougloutait sur leurs réchauds électriques. Une paroi vitrée isolait votre cellule monastique, remarquable par son exigüité. À mon arrivée, nous étions trois à travailler là avec vous, votre chimiste, un stagiaire Mr Lubin et moi-même, affairés dans la chaleur d'un antre de Vulcain. Tout autour, l'espace était dédié à la digestion de roches par fusion alcaline dans des creusets de platine, et à des attaques par des jeux d'acides évaporés et de résidus repris. Il fallait produire une quantité suffisante de nouveaux minéraux pour pouvoir effectuer leur analyse avec cette chimie principalement gravimétrique. Cela demandait du temps, une année environ pour obtenir au moyen d'un soxhlet, un cortex d'altération suffisamment important lorsqu'on partait d'un granite.

Le produit final, permettait de calculer des rapports moléculaires et des formules chimiques d'argiles. Nos hypothèses étaient renforcées par des analyses physiques de minéraux finement divisés, à savoir une diffractométrie X, et des analyses thermiques. La notoriété du laboratoire d'analyses dédié à l'altération attira pendant des années des chercheurs de toutes origines.

Considérons le contexte scientifique : ce qui m'a frappé dès mon entrée dans votre laboratoire, c'est votre énorme culture sur la pédogénèse et les grandes théories sur l'altération. D'abord l'école de Pédologie Russe avec Volobuev (rythmes saisonniers de formation des sols et des biocénoses), Gedroïz et les sols amphi-percolatifs, l'école Suisse de Pallmann, les Nord américains avec l'ouvrage de Jenny (« Factors of soil formation »), les Français avec A. Demolon, V. Agafonoff, G. Aubert et P. Duchaufour, et, bien sûr, les géochimistes avec Krauskopf par exemple, sont encore dans ma mémoire ; ils m'offraient cent pistes pour aborder la genèse des sols.

À ce contexte scientifique, s'ajoutait un contexte culturel, Monsieur S. Hénin entretenant les jeunes chercheurs sur le sens de leur recherche à la façon du « Sens de l'Info » de Michel Serres, tandis que notre bibliothécaire de l'Amicale, Théophile Gobillot, leur faisait lire des ouvrages sur les préoccupations de la Société. Ce furent des ferments d'une élévation de notre action. Versailles fut un Paradis intellectuel dans un paradis terrestre, la croissance du PIB français avoisinant alors celle de la Chine aujourd'hui.

Parlons de vos propres travaux dans cette période pour retenir quelques traits.

Votre thèse, comme l'a dit Christian Feller, venait de clarifier un point majeur, à savoir que le passage, sous l'action de l'eau, de la roche aux minéraux des argiles des sols, n'implique pas nécessairement l'action du vivant, ce qui n'était jusque-là qu'une hypothèse.

Vous faites dans cette période progresser nos connaissances sur les relations entre le type pétrographique et la nature de la néogénèse par une extension de vos recherches expérimentales aux roches ultrabasiques en collaboration avec K. Bitar. Vous étendez vos conclusions sur l'action des solutions acides sur les roches avec J. Iniguez.

En forme d'application de votre thèse, et en vous appuyant non pas sur les altérites, mais sur un ensemble d'analyses d'eaux superficielles, vous présentez en 1969 une esquisse géographique de la distribution des principaux types d'altération chimique à la surface du globe qui est reproduite dans de nombreux manuels.

Passons au terrain. Je citerai deux travaux concernant l'altération du granite qui sont deux applications de votre thèse: D'un côté, en collaboration avec A. Dejou une recherche est conduite en France sur les minéraux néoformés lors de l'arénisation des granites. De l'autre, Yves Tardy, en 1969, s'intéresse à la géochimie des majeurs et des traces et cela de la zone boréale à l'Équateur. Il confirme ce rôle d'indicateur de l'évolution géochimique que joue le rapport Silicium/Aluminium. Les outils expérimentaux et analytiques de l'époque ne permettaient pas d'aller plus avant.

La synthèse des argiles *in vitro* est un autre défi du moment. S. Hénin avait mené avec succès des synthèses d'argiles trioctaédriques notamment avec J. Esquevin. Il avait effectué des essais pour réaliser des synthèses d'argiles dioctaédriques à partir de gels. On s'interrogeait alors sur le mécanisme de croissance et la spéciation de la silice en solution qui étaient en jeu. En l'absence de techniques permettant de répondre, on expérimentait pour voir. Ce fut à Versailles le but des travaux en soxhlet de Lubin puis de moi-même (1967-1969).

Une altération quantitative des roches suppose leur fragmentation préalable. Ce fut le travail d'un autre de vos collaborateurs, Michel Robert. Il s'intéressa aux granites à deux micas, au rôle des sels, et montra en 1970 l'importance des micas ferrifères dans la désagrégation du granite. La transformation des minéraux phylliteux primaires des roches en minéraux secondaires

devient une nouvelle piste de recherches. Avec F. Seddoh vous étudiez alors l'évolution des biotites et la formation d'intergrades.

Enfin, entre terrain et expérimentation, commencent avec A. Blot et A. Chauvel des recherches sur la granulométrie des sols tropicaux et sur le rôle du fer. C'est à ce moment qu'il faut situer vos travaux avec A. Melfi sur les hydrates ferriques des sols du Brésil.

PÉRIODE 1974-1980, CELLE DES MUTATIONS ET DE L'EXPLORATION DE VOIES NOUVELLES

Cette période voit une révolution de la demande sociétale : Après le Printemps Silencieux de R. Carson (1962) et la naissance du mouvement écologiste, l'inquiétude de l'opinion sur les effets pervers de la croissance grandit. En 1971 « Halte à la croissance », publié suite aux travaux du Club de Rome, fait l'effet d'une bombe.

À ce moment (1972), le ministère de l'Environnement est créé. Bientôt, par le SRETIE, il va avoir une politique de crédits incitatifs alors que l'on voit diminuer rapidement notre dotation globale annuelle. Nous allons être de moins en moins maîtres de nos thèmes de recherches.

Il nous est demandé dans tous les domaines de réorienter nos travaux pour répondre à la demande sociétale.

Le Département d'Agronomie de S. Hénin avait anticipé cette évolution en produisant par une sorte d'expertise collective avant l'heure, un « Essai de programmation de la recherche » (1971). A la suite de cela, le Département Agronomie dont dépendait le Laboratoire des Sols est scindé en deux départements, Agronomie et Science du sol. La Science du sol devra s'intéresser surtout aux fonctions du sol.

Cette période est caractérisée par d'importantes avancées conceptuelles et techniques : un progrès est réalisé dans le domaine de la thermodynamique de l'équilibre appliquée aux équilibres minéraux-solutions à basse température, avec Garrels (1965). Avec Yves Tardy et Bertrand Fritz (1975), les processus d'altération, jusque-là observés ou reproduits par voie expérimentale, peuvent désormais être simulés comme une succession d'états d'équilibre qui seraient atteints au cours de l'altération. La gibbsite y apparaît, hors des sols équatoriaux, comme une phase transitoire qui se forme pour disparaître lors de l'avancement de la réaction d'altération.

Des mutations technologiques se produisent aussi avec, une avancée importante dans l'analyse des solutions diluées où nous avons, pour les majeurs, un verrou, le dosage du magnésium et, pour les traces, une barrière analytique. Nous ne progresserons pas en revanche dans l'étude des spéciations en solution des silicates, clef de la formation des argiles alors que les progrès en chromatographies faisaient faire un bond à la chimie biologique. En revanche, la microscopie électronique et la micro-

sonde acquises à Versailles permettront de voir ce que la chimie détectait. On passera de l'étude des résidus cumulés sur de longues périodes à celle des microsites et on ira à la recherche des phénomènes précurseurs.

La pédologie expérimentale a besoin encore de disposer de temps, que ce soit au laboratoire ou sur le terrain, ce que nos financeurs ne soutiennent plus. Ainsi, après 1980, le Champ Dehérain à Grignon sera labouré ; heureusement les 42 parcelles de Versailles, tout comme la case lysimétrique dite « case granite » mise en place par Demolon seront protégées par R. Bétrémieux.

Quelle est dans cette période l'évolution de vos travaux ? Devant une mutation brutale et des incertitudes sur l'avenir, tout se passe comme si votre réponse était double.

Dans un premier temps, arrêt vers 1973 des études expérimentales que vous menez, tandis que les activités d'analyses sont transférées à un Laboratoire central plutôt équipé pour l'analyse des solutions.

Vous suivez votre fil rouge, à savoir l'étude des phénomènes d'altération pour servir à la compréhension de la formation des sols, et vous allez les chercher là où ils ne sont pas trop perturbés par l'action anthropique, à savoir en Afrique et en Amérique du Sud (surtout Brésil, cf. Géochimie des couvertures pédologiques du Brésil, 1978). La recherche que vous conduisez alors évoluera vers de la Pédologie comparée et sera menée avec des collaborateurs dans le cadre de thèses. Celles-ci sont le plus souvent conduites dans le cadre de l'IRD où vous êtes Membre du Comité Technique de Pédologie depuis 1970. Vous y êtes demandé comme architecte aidant à ordonner les observations provenant d'une recherche de terrain. Par exemple, vous mettez l'accent sur la texture en relation avec l'évolution des sols (Chauvel, glébules d'Eschenbrenner par exemple pour l'IRD à quoi je rattacherai Chrétien pour l'INRA).

Vous réalisez d'autres travaux que je qualifierais plus de synthèses de données, comme la carte des pH des sols de France (Coll. Sylviane Scherrer).

Parallèlement, l'étude expérimentale de l'altération évolue. Elle a besoin pour cela non seulement de s'appuyer sur les données de la chimie et de la physico-chimie existantes, ce qu'elle a toujours fait, mais aussi de créer ses propres bases fondamentales là où elles font défaut. Le moment le permet. Dans la suite de votre thèse et des avancées de la thermodynamique des équilibres, vous m'aviez confié l'étude de la température et du drainage sur l'altération des minéraux des roches. On passe des roches aux minéraux. La base d'une approche thermodynamique des équilibres minéraux-solutions, ce sont les produits de solubilité. Or ils sont calculés et non mesurés. L'étude de l'altération de l'olivine permettra d'introduire un concept nouveau, celui de solubilité cinétique conduisant pour les silicates à des produits de solubilités issus de l'expérimentation. La modélisation de l'altération d'une roche suppose ensuite que tous les minéraux se dissolvent à la même vitesse. Les données cinétiques pour une

gamme de températures correspondant au domaine de formation des sols font en effet défaut. Une loi cinétique de dissolution et sa constante de vitesse seront déterminées pour l'olivine en fonction de la température. N'oublions pas ici le problème des néogènes à partir de phases mal cristallisées de la silice qui est clarifié avec la thèse de Enrique Garcia – Hernandez (1980).

La diffractométrie X, appuyée par des analyseurs de spectres, permet de travailler les intergrades des sols. Il en résultera une tentative pour progresser dans une caractérisation *in situ* des minéraux argileux des sols tempérés en appui à la cartographie des sols (M. Robert).

LA PÉRIODE 1980-1990 : CELLE POUR VOUS DES SYNTHÈSES ET POUR VOS COLLABORATEURS DU PASSAGE AU FONCTIONNEMENT DES SOLS

L'expérience que vous avez acquise tant par les travaux expérimentaux que par les études de terrain vous permet en 1969 de replacer les principaux modes d'altération, maintenant identifiés, dans un cadre climatique et d'en proposer une distribution schématique à la surface du globe.

En 1984, lorsqu'il vous est demandé par les Instituts de Recherche et les Ministères concernés par le sol, de faire un état de « La science des Sols en France », c'est à votre culture dans le domaine de la Pédologie que l'on fait appel.

En tant que Président de l'AFES, à l'occasion du Cinquantenaire de l'Association, vous organisez l'Exposition sur les Sols au Palais de la Découverte, où vous ferez la promotion des phénomènes de formation des sols.

Pendant ce temps, les travaux effectués au Laboratoire des Sols concernent non plus des résidus cumulés sur de longues périodes mais des phénomènes liés à un fonctionnement saisonnier du sol très liés à des phénomènes climatiques voire météorologiques. Lorsqu'ils ont un caractère irréversible, ces phénomènes sont à la base de processus d'altération. Ainsi, l'état du complexe d'échange et les conséquences en termes de transformations éventuelles des minéraux seront suivis par Ranger et Robert, avec des implants de minéraux phylliteux *in situ*. Cela concernera les milieux acides ; par ailleurs, l'effet du sens des flux d'eau et de CO₂ sur l'altération en sol calcaire sera suivi à pas de temps journalier à l'aide des figures de corrosion de la calcite, par moi-même et mes collaborateurs.

CONCLUSION

Une intense activité en matière d'altération des silicates, a été développée par vous et autour de vous, au laboratoire des Sols de Versailles. L'altération des minéraux des roches n'appa-

raît plus maintenant comme quelque chose de très peu connu mais prend la forme d'un système cohérent et unitaire. Les travaux menés au laboratoire des Sols de Versailles ont permis de progresser dans la connaissance des processus d'altération. Ils mettent en jeu des roches-mères et aboutissent soit à des néogénèses (argiles et oxy-hydroxydes) soit à des résidus dits inaltérables (le quartz, la muscovite, les spinelles). Ce sont les grandes voies de l'altération. Ces voies sont affinées en passant aux mécanismes qui se produisent en temps courts, en travaillant la désagrégation, étape préalable de toute altération quantitative puis les transformations de minéraux phylliteux d'une part et, d'autre part, en étudiant le phénomène de dissolution proprement dit (vitesse de réaction et de solubilité cinétique d'un minéral).

Il est donc possible d'illustrer cela à la manière des schémas métaboliques (voies et vitesses), par une arborescence dont l'innovation réside d'abord dans le fait qu'elle concerne les silicates. L'originalité tient ensuite dans l'importance des accumulations d'espèces minérales stables dans les conditions de la surface de la terre que sont les argiles et les oxy-hydroxydes de fer. Le schéma est donc assez complet ; ses développements actuels sont limités semble-t-il par la présence de verrous de connaissances fondamentales.

En guise de chute, Dokuchaev, le père de la Pédologie, avait en 1883 fait l'hypothèse que cinq facteurs, la roche-mère, le climat, le temps, la végétation, représentée ici par les acides organiques, et l'homme étaient à l'origine de la formation des sols. Nous les avons vus apparaître successivement, avec des finalités précisées, un passage des causes à des effets identifiés, hiérarchisés et quantifiés, donc organisés comme vous l'aimez. Vous et vos collaborateurs du Laboratoire des Sols avez apporté aux hypothèses de Dokuchaev des éléments de conclusion expérimentaux.

André-Bernard DELMAS

Georges Pédro dans son laboratoire et les travaux sur la microstructure des argiles

Lorsque je suis arrivé en 1967, le laboratoire était encore principalement centré sur l'étude de l'altération des minéraux des sols et des roches. Sous la direction de Georges Pédro, Michel Robert explorait différentes voies de ce que Georges Pédro appelait la « pédoplasation » des sols. À partir de ces travaux, on voyait poindre une approche prometteuse de l'étude de l'évolution des minéraux des sols impliquant un changement de leur granulométrie. Au même moment et dans les années qui ont suivi, le service de la carte pédologique de France, dont Marcel Jamagne était le directeur, s'est installé à Versailles facilitant ainsi les contacts et la réalisation de travaux de recherche en commun, couronnés par la thèse de Marcel Jamagne.

Ce qui faisait la spécificité du laboratoire des sols de l'époque, c'est d'abord un lien très fort avec tout ce qui touche à la pédologie en France et dans le monde. De nombreux contacts ont été tissés dans la durée avec des personnalités extérieures. Il s'agissait par ailleurs de scientifiques très spécialisés travaillant sur l'organisation de la phase solide des constituants argileux à l'échelle atomique et à celle du feuillet. Le bureau de Georges Pédro était un véritable lieu de passage et, fin des années 60, nous avions le privilège d'avoir des visites fréquentes de personnalités comme Jacques Méring, ou encore Georges Brindley. Jacques Méring était particulièrement impressionnant. Il prenait la parole au Groupe Français des Argiles et nous époustouffait par sa vision très précise et synthétique de ce qu'était une argile, surtout par ce qu'elle a de spécifique dans ses interactions avec l'eau. C'était un très grand moment de science ! Il faut aussi citer les liens privilégiés qu'avait Georges Pédro avec Georges Millot et son équipe pour tout ce qui concerne la genèse des formations superficielles en milieu tropical.

Pour l'ensemble du personnel du laboratoire, ce contact permanent avec des personnalités extérieures était source de fierté. À l'évidence, les travaux qui étaient menés intéressaient une communauté très large, beaucoup plus large que celle de la seule pédologie expérimentale, mise en avant au niveau des instances de l'Inra... C'est ainsi que de nombreux stagiaires de l'Orstom (devenu l'IRD) ont préparé leur thèse au laboratoire. Georges Pédro était avant tout un brasseur d'idées, qui faisait

parler les gens pour les faire progresser. Il était très exigeant sur la forme : aucun manuscrit n'était lu sans des figures soigneusement préparées, numérotées et avec leurs légendes. Le manuscrit revenait souvent complètement restructuré, avec des ajouts et des notations presque aussi nombreuses que le texte initial. Pour autant que je m'en souvienne, personne n'était sur la défensive, au contraire, pas de frustration mais le sentiment de progresser et d'œuvrer pour la science et la faire avancer.

Le cahier des stagiaires de notre laboratoire qu'a tenu notre secrétaire Christiane Jacquot illustre bien ce dynamisme. À partir de 1967, les personnes extérieures les plus présentes ont été Alain Blot, Adolpho Melfi (de passage tous les ans), Jean-Pierre Carmouze, Francisco Seddoh, Adilson Carvalho, Vincent Eschenbrenner, Armand Chauvel, Maria-Angeles Vicente, Amor Halitim, et bien d'autres. Leur présence au laboratoire a été source d'une grande motivation pour nous. Il faut citer ici Jeannine Berrier et Georges Veneau, les chevilles ouvrières du laboratoire, tant pour la mise en œuvre des expériences que pour les analyses chimiques, ainsi que Michel Hervio pour la minéralogie et Jean Lapeyronnie pour les mesures physiques.

Les doctorants et postdoctorants étaient aussi de notre génération et nous ont fait découvrir le monde car ils œuvraient notamment en Afrique et Amérique Latine. Alain Blot nous racontait le Sénégal Oriental avec des lions rôdant la nuit autour de sa tente (c'est certainement vrai !). Il partait en mission avec une malle remplie de médicaments dont de la pénicilline, ce qui a permis de sauver bon nombre d'enfants africains. Adolpho Melfi nous a raconté le Brésil et, plus particulièrement, les tournées organisées par l'équipe de Strasbourg avec plusieurs périples du sud au nord, dans un pays manquant à l'époque d'infrastructures. Francisco Seddoh nous parlait de l'Afrique subsaharienne et Jean-Pierre Carmouze des lacs Tchad et Titicaca...

Une des grandes étapes du développement du laboratoire a été la mise sur pied d'une stratégie de recherche visant à mieux connaître la microstructure des sols. Cette échelle intermédiaire entre le moléculaire et celle de l'observation au

microscope optique était totalement ignorée, notamment du fait de l'absence d'outils pour l'étudier et la décrire. L'ambition était d'établir un lien entre l'organisation des constituants des sols à l'échelle des particules élémentaires et les modalités de formation et d'évolution d'assemblages plus macroscopiques mesurables *in situ*. Cette approche devait permettre de mieux comprendre les mécanismes de structuration des sols et, par-delà, de mieux prévoir des propriétés comme la rétention et la circulation de l'eau, la déformation du sol en fonction de contraintes hydriques et mécaniques et sous l'action de l'activité biologique.

En stage de longue durée au laboratoire, James-Patrick Quirk, alors directeur du Waite Agricultural Research Institute d'Adélaïde en Australie, ainsi que Jean Chaussidon, disparu trop tôt et qui était alors chef de département, ont rapidement intégré dans leur réflexion le fait que les études sur les propriétés physiques menées à l'Inra se limitaient trop à l'étude de la porosité d'arrangement des particules élémentaires du sol. Ces études, à visée opérationnelle, étaient menées sur des échantillons préparés dans des états fortement déshydratés, ce qui ne permettait pas de progresser réellement dans l'étude du mécanisme de structuration et de stabilité physique des sols. Pour avancer dans ce domaine, il fallait innover tant au plan conceptuel que méthodologique.

Grâce au dynamisme de Michel Robert, le laboratoire s'est équipé d'instruments ayant une configuration très novatrice pour l'époque : un microscope électronique à balayage (MEB), équipé d'un système de refroidissement basse température pour étudier des échantillons hydratés, et muni d'une microsonde permettant de réaliser des analyses chimiques ponctuelles ; un microscope électronique à transmission (MET), pouvant effectuer des observations en haute résolution lui aussi équipé d'une microsonde ; un appareil de diffraction des rayons X par transmission permettant d'étudier les argiles en diffusion aux petits angles et donc de caractériser les particules au plan de leur taille ; un granulomètre laser adapté à l'étude de très fines particules.

Il fallait aussi contrôler l'état physique/mécanique des argiles et du sol ce qui a nécessité d'imaginer des dispositifs de contrôle du potentiel de l'eau, fiables mais simples, utilisables aux très faibles états énergétiques de l'eau (fortes hydratations). De la sorte, toute étude ou observation d'un échantillon de sol pouvait se référer à un état énergétique de référence. Il est ainsi possible de faire la part de ce qui relève de la capillarité au sens large et des autres mécanismes, par exemple des phénomènes osmotiques. Un pont pouvait donc être jeté entre la minéralogie des argiles et la physique et physico-chimie du sol.

Pour le MEB, Jeannine Berrier a été le pilier d'une véritable aventure. Sur quelles bases pouvait-on examiner de manière fiable des échantillons hydratés et préparés dans des états énergétiques déterminés ? Pouvait-on sur ces mêmes échan-

tilons étudier les relations entre constituants de différentes natures tout en faisant des analyses chimiques ponctuelles des phases solides ? Il a fallu une dizaine d'années pour surmonter les difficultés, avec, par la suite, le concours d'Anne-Marie Jaunet et de Françoise Elsass.

Ceci a permis de déboucher sur des concepts novateurs sur la texture/microstructure/organisation du sol. « Les argiles ne gonflent pas seulement en captant de l'eau entre leurs feuillets. Leurs propriétés d'hydratation sont modulées par différents paramètres qui ne relèvent pas seulement de la minéralogie ». Ainsi l'histoire énergétique participe à la modification de l'arrangement des particules et à leur agrégation : les argiles hydratées gardent la trace de leur passé énergétique. En outre, la taille des particules argileuses les plus réactives est fonction de paramètres physico-chimiques comme la nature des ions échangeables et la concentration en sels de la solution. Ce que van Olphen avait imaginé sur des suspensions d'argiles, nous pouvions le vérifier sur des argiles des sols mais suivant des modalités différentes.

Cette approche a permis de tisser des liens avec des laboratoires spécialisés dans l'étude des minéraux à cristallisation imparfaite et notamment avec Denise Tchoubar, Charles-Henri Pons et Hafsia Ben Rhaïem du CNRS d'Orléans. Nous avons utilisé les possibilités offertes au LURE avec le rayonnement synchrotron pour étudier en diffusion aux petits angles la microstructure des argiles. C'est ainsi qu'aux congrès internationaux des argiles d'Oxford et surtout de Denver, nous avons publié deux articles qui ont fait référence : l'un sur l'importance de la valeur et de la position de la charge électrique des feuillets d'argile sur leur texture et leur hydratation, l'autre sur la nature des ions échangeables et de la salinité sur l'évolution de la texture des argiles. Nous avons en particulier montré que les charges électriques internes aux feuillets contrôlent principalement la taille des particules et, *in fine*, le mécanisme d'hydratation (interparticulaire). Ces concepts ont été repris notamment avec Larry Wilding au Texas pour expliciter le fonctionnement des Vertisols.

Cette approche ascendante impliquant une complexification des matériaux d'étude pour arriver progressivement au sol a été complétée par l'introduction de matières organiques dans la thèse de Claire Chenu. Claire a pu étudier leur localisation et leur rôle au sein de la matrice argileuse. Cette approche a aussi été appliquée à des matériaux naturels, ceci afin de caractériser la structure du sol en place, d'abord par les travaux de Michel Grimaldi puis ceux d'Ary Bruand. Un pont a pu être établi entre les caractéristiques des constituants des sols et les mécanismes de structuration et de dégradation de leur structure.

À partir de là, nombre de coopérations ont pu être développées et les concepts transposés à des objets et à des sujets de recherche, *a priori* très éloignés au plan thématique des sols : par exemple le stockage des déchets hautement radioactifs

avec le CEA et le laboratoire de géotechnique de l'École Polytechnique, l'optimisation des propriétés des argiles utilisées en fonderie, la granulation des poudres de minerais de fer pour les hauts fourneaux, d'autres très ludiques comme la rénovation d'œuvres d'art, par exemple celle d'une robe portée par Scarlett O'Hara dans le film « Autant en emporte le vent » ou encore le nettoyage de peintures datant de la Renaissance Italienne...

Pour finir, je voudrais ajouter une touche personnelle. Quand Georges Pédro m'a reçu en vue de mon recrutement, il m'a dit en substance: « *Tessier, si vous venez travailler avec moi, je vais vous former à la minéralogie* ». Ensuite, j'ai rencontré René Bétrémieux alors directeur du laboratoire des sols. Après lui avoir expliqué mon parcours, il m'a dit : « *Mais Tessier si vous voulez vous former vous n'avez qu'à faire le CNAM !* ». D'emblée la route était tracée. Par ailleurs, à l'Inra, j'avais une proposition plus intéressante au plan de mon statut mais j'ai choisi ce laboratoire. Georges Pédro a fait de moi ce que je suis aujourd'hui. Il m'a guidé et beaucoup appris tant au plan scientifique qu'humain.

Daniel TESSIER

Conférence de Georges PÉDRO

Regards sur une vie consacrée à l'étude des argiles et des sols

Chers amis,

Je voudrais commencer par indiquer que lorsque Christian Feller m'a informé, au nom de l'AFES, du projet de cette Journée, je n'ai pas été tout de suite partant, car j'avais peur que cela prenne l'allure d'une cérémonie avec des aspects officiels ou quasi-officiels que je ne souhaitais pas.

Pour moi, comme pour tout un chacun, on apparaît un jour, on fait ensuite ce qu'il y a à faire le mieux possible, puis on s'éloigne de l'horizon en laissant la Terre continuer à tourner.

J'ai accepté finalement sa proposition pour deux raisons :

- la première est que c'était une excellente occasion de rassembler un certain nombre de personnes avec qui j'ai eu à travailler ou bien que j'ai côtoyées avec plaisir, ici ou là, au cours de ma carrière, et qui à leur tour, seraient heureuses de se revoir ; et c'est pourquoi j'ai dit Chers amis, en dépit de la présence de personnalités éminentes ;
- la seconde est qu'une Journée de ce genre peut, d'une certaine manière, contribuer à l'histoire de la Science, en permettant d'expliciter pourquoi et comment les travaux qui vont être évoqués ont été effectués et en rappelant par ailleurs le contexte de l'époque, qui n'est plus du tout celui que nous connaissons aujourd'hui.

Ceci étant précisé, je voudrais commencer par vous adresser à tous mes chaleureux remerciements pour votre participation à ce Jubilé et en particulier à C. Feller et Hélène Paquet qui l'ont organisé.

Vous avez rappelé tout à l'heure mes principaux travaux et présenté en outre, plusieurs témoignages qui m'ont beaucoup touché et vivement ému. Je m'en vais donc, en cet instant, essayer de rappeler simplement le contexte dans lequel se sont

déroulées mes différentes activités ; or ce contexte découle de plusieurs éléments qui me sont tout à fait personnels :

- d'abord éléments génétiques, en rapport direct avec son ADN dont on n'a aucune responsabilité et qui explicite aptitudes et tempérament ;
- éléments environnementaux : je suis né sur les bords de la Méditerranée, ce qui n'est pas sans importance au moment où l'on parle beaucoup d'épigénétique (cf. témoignage de G. Bourrié) ;
- éléments historiques : j'étais adolescent au moment de la Seconde Guerre mondiale que j'ai passée en AFN ; ce qui a été très formateur, en raison des nombreux événements qui s'y sont déroulés après l'arrivée des anglo-américains, et notamment de la levée en masse qui en a résulté en vue de libérer la Mère Patrie (comme on disait alors)¹ ;
- éléments sociétaux, du fait de ma jeunesse détendue² durant les années d'après-guerre, d'abord sur la côte algéroise, puis dans une ambiance très parisienne,
- enfin, activités académiques,
- sans oublier naturellement les aspects familiaux.

C'est peut-être à cause de tout cela, que j'ai eu une vie professionnelle et familiale sans trop d'à-coups (malgré quelques échecs comme tout le monde), vie correspondant parfaitement à mes goûts et à ma conception de l'existence.

D'aucuns diront que j'ai eu de la chance en relation :

1) *La Métropole a beaucoup souffert pendant la Guerre en relation avec l'occupation, les bombardements, le STO, la déportation... ; l'Afrique du Nord n'a pas connu tout cela, mais a perdu beaucoup de ses enfants lors de la bataille d'Italie (C.E.F) et de la Libération de la France (1^{ère} armée).*

2) *L'époque n'était pas sans problème ; mais, après les années noires, l'atmosphère générale était à l'optimisme.*

- d'abord avec l'époque des « Trente Glorieuses » où s'est déroulée une partie de ma carrière ;
- ensuite, à des circonstances très favorables liées, soit à la rencontre d'hommes éminents et ce, dans beaucoup de domaines (Sciences, mais aussi Lettres, Arts, Religions, Sociétés...), soit aussi à la qualité des élèves avec qui j'ai travaillé au cours de ma période active...

Tout ceci est vrai, ce qui n'empêche pas de compléter immédiatement cette assertion en disant qu'à certains moments de mon existence, j'ai eu aussi à faire des choix décisifs qui n'étaient pas sans conséquences sur le déroulement futur, non seulement de ma carrière mais même de ma vie toute entière.

Il me reste maintenant à aborder le fond de mon intervention, qui se fera en deux parties :

- 1) d'abord autour de mes travaux de recherche en pédologie expérimentale que j'ai réalisés en laboratoire (Laboratoire des Sols du Centre INRA de Versailles) et ce, jusqu'à ma retraite en 1994 ;
- 2) puis autour des autres activités scientifiques, qui m'ont aussi occupé et qui correspondent à une période allant de l'après-thèse à aujourd'hui même (1964-2011).

ACTIVITÉS DE RECHERCHE EN LABORATOIRE

Prélude à la recherche

Cette période qui s'est étalée entre l'année 1947 et le début de l'année 1956, comprend plusieurs phases, que je vais présenter maintenant plus ou moins brièvement

Au départ, il y a eu le choix des études agronomiques (1947)

En classe de Maths-Elem, la Direction du Lycée (Lycée Bugeaud)³ nous demandait ce que nous pensions faire l'année suivante, et j'ai inscrit « Préparation Agro », ce qui a été l'occasion d'un beau sermon de la part de mon professeur de Physique, qui tenait absolument à ce que je m'inscrive en taupe. J'ai résisté à son appel, en lui disant que même si j'aimais

beaucoup les sciences exactes, j'étais, par goût avant tout, un homme qui s'intéressait à la nature et qui ne se voyait pas passer sa vie professionnelle dans un univers un peu trop mécanisé. L'avenir a montré que ce choix correspondait assez bien à mes aptitudes quelque peu panachées, associant le positivisme des méthodes scientifiques à une approche de nature plus intuitive au moment des conceptualisations. En ce sens, j'étais dans la filiation intellectuelle de Georges Millot, que j'ai beaucoup admiré quelques années plus tard.

À la suite de mes études agronomiques à l'ENSA d'Alger (Maison Carrée), vient alors le choix d'une profession (1951)

J'opte sans hésitation pour une carrière scientifique consacrée au domaine des Sols.

Pourquoi ce choix ? J'avais toujours été attiré par l'étude des minéraux et des roches ; d'où mon penchant pour la pédologie au cours de mes études agronomiques. Par ailleurs, mon père, agronome lui aussi, avait beaucoup aimé la chimie agricole, dont le pivot était alors le sol (la pédologie n'existait pas de son temps). Il avait dans sa jeunesse, en tant que préparateur, côtoyé Camille Arambourg, qui était à ce moment professeur de Géologie et de Chimie agricole à Maison-Carrée, et qu'il avait en grande estime. Par la suite, il avait abandonné cette voie, tout en gardant un penchant pour ce genre de travaux, en sorte qu'il avait même monté un petit laboratoire où, pendant la morte-saison, il faisait des études sur la chimie des terres agricoles de notre région. Il avait par ailleurs dans sa bibliothèque tous les écrits de H. Lagatu et l'édition 1946 (4^e) du livre d'Albert Demolon : « La dynamique des sols », que j'ai pu ainsi consulter dès les années 1950. Un autre événement m'avait marqué ; il est lié à la tenue (à l'initiative d'A. Demolon et de Ch. Kellog) d'une Conférence internationale de Pédologie méditerranéenne qui s'était déroulée à Montpellier et à Alger en 1947 et dont j'ai eu connaissance à Maison-Carrée grâce à la lecture des Comptes Rendus ; ceci, en m'intéressant plus spécialement aux sols rouges méditerranéens, aux sols à croutes calcaires et aux sols salés. J'en ai toujours un exemplaire annoté dans ma bibliothèque !

Mon choix pour une carrière consacrée aux sols et à la pédologie était donc, dès ce moment, bien établi. Mais où la réaliser ?

Choix d'un Institut de Recherches.

Départ de l'Algérie et installation à Paris (1953)

À Maison-Carrée, dans le cadre de la chaire d'Agro-géologie, il y avait certes une possibilité, mais axée plus sur l'enseignement que sur la recherche à proprement parler. Or, un enseignement supérieur sans recherche montre vite ses limites. Cela ne pouvait donc pas me concerner, d'autant que le milieu scientifique local était forcément limité et en même temps trop confiné.

3) Le Lycée Bugeaud d'Alger a donné en un court laps de temps 2 prix Nobel à la France : d'abord le grand Albert Camus a reçu le prix Nobel de Littérature en 1957 (Je revois très bien la classe de khâgne où il a fait ses études, car elle jouxtait la classe de préparation à l'Agro, que j'ai fréquentée une quinzaine d'années plus tard) ; le second est mon confrère Claude Cohen-Tannoudji, qui a eu le prix Nobel de Physique en 1998 ; il était 2 classes en dessous de moi, mais nous avons eu les mêmes professeurs durant toute notre scolarité ; en particulier le professeur de physique à qui je fais allusion et que j'ai eu en Math.-Elem a été son professeur de physique quand il était en Taupe. Nous y faisons allusion quelquefois lors de nos conversations amicales dans le cadre de l'Académie des Sciences.

Il ne me restait donc plus qu'à chercher ailleurs et notamment à aller au contact des hommes qui dirigeaient alors la Science des sols, à savoir A. Demolon, G. Barbier, Stéphane Hénin et qui disposaient de vrais laboratoires de recherche⁴. Or si j'éliminais d'entrée l'ORSTOM, avec G. Aubert, qui n'avait pas encore de Centre de Recherches en métropole, il ne restait plus que l'INRA, et notamment son Centre national, le fameux CNRA, qui se situait depuis 1923 dans le Grand Parc du Château de Versailles.

J'ai donc postulé pour un poste d'agent contractuel scientifique à l'INRA, ce qui entraînait pour le restant de mes jours de quitter Alger dont j'étais originaire, de traverser définitivement la Méditerranée et de m'installer à Paris.

Quel changement dans mon existence ! J'allais donc devoir abandonner ma région natale où j'avais mes marques et où la vie de plein air (tennis, plage, natation...) tenait une grande place, pour aller résider dorénavant à Paris, en un lieu certes très attractif, mais en pleine terre inconnue.

En réalité, l'insertion a été plus aisée que je ne le pensais au départ, en sorte que j'ai pu mener, assez rapidement et au milieu de nombreux amis, une vie des plus intéressantes tant au plan professionnel que du point de vue personnel. Et c'est ce qui permet de comprendre que, bien que mon laboratoire soit situé à Versailles, j'ai continué à résider à Paris durant toute ma carrière.

D'ailleurs, une telle situation m'a conforté dans le découpage équilibré de mon existence – que j'avais déjà eu en Afrique du Nord – qui, pour être pleinement réussie, devait comporter à la fois des moments de solitude, de concentration et d'austérité (centrés sur la science) et des périodes plus superficielles de détente et de distraction liées à la vie de société et à la famille ; ce que j'ai essayé de maintenir tout le restant de mes jours.

Spécialisation en Sorbonne (1953-1955)

J'en arrive à mon entrée, à proprement parler, dans la carrière professionnelle avec mon choix avant tout de la connaissance scientifique et du savoir. C'est ce que j'exprime à M. Boischoit, Directeur central d'Agronomie, lors de l'entrevue qu'il m'accorda le 17 octobre 1953 au CNRA de Versailles, en émettant le vœu que mes premiers travaux de recherche portent sur la genèse des sols (et pas la Chimie agricole où l'on ne travaillait que sur des échantillons) et me conduisent à soutenir une thèse de Doctorat d'État, afin d'avoir à l'avenir un statut universitaire reconnu par les diverses instances scientifiques du Pays.

Or, en ce temps-là, c'était tout à fait impossible à tout ingénieur des Grandes Écoles, qu'il soit agronome ou ancien élève de l'École polytechnique, à moins qu'il soit titulaire aussi d'une

licence es sciences (composée de 3 certificats de licence⁵). Il fallait donc que je passe au préalable cette licence, c'est-à-dire que je fréquente la Sorbonne, ce qui m'a été accordé d'autant plus aisément que j'avais été recruté en fin de 3^e année, alors que l'usage voulait qu'on le soit en fin de 2^e année, ce qui permettait aux postulants de compléter leur formation durant leur dernière année en suivant des cours de spécialité à l'Université.

C'est ainsi que je suis allé passer mes deux premières années de l'INRA dans ce Temple de la science qu'était la Sorbonne ; d'abord comme étudiant strict, puis comme étudiant stagiaire, en choisissant des certificats de licence en rapport avec mes futures recherches : géologie générale et minéralogie-cristallographie en 1953-1954 et chimie générale en 1954-1955.

J'y découvre de très grands professeurs qui me passionnent⁶ : J. Wyart et R. Hocart en minéralogie, J. Piveteau en paléontologie, J. Bourcart et L. Lutaud en géologie dynamique, P. Laffite en chimie... et je fais la connaissance de beaucoup de collègues de mon âge appartenant au milieu universitaire.

La première année en Sorbonne a été consacrée exclusivement aux certificats de Géologie et de Minéralogie. J'y découvre en particulier, d'une part la géochimie et la cristallographie, et d'autre part la géodynamique externe sous l'égide notamment du professeur J. Bourcart. Ce dernier avait justement inauguré cette année-là un nouveau cours consacré à l'« érosion des continents » où il développait plein d'idées nouvelles et, en particulier, que tout subissait à la surface de la Terre le triomphe du temps⁷. Pour ce qui nous concerne, il insistait notamment sur le rôle joué par l'altération atmosphérique des roches dans l'ameublissement de la surface des continents, ce qui contribuait avec le temps à l'aplanissement généralisé marquant la fin de tout cycle géologique ; d'où un lien direct avec la pédogenèse qui m'intéressait au plus haut point. C'est ce qui m'a conduit à demander à J. Bourcart de m'accepter en stage dans son Laboratoire de géographie physique durant ma 2^e année de Sorbonne où je préparais en même temps mon 3^e certificat de licence consacré à la Chimie générale. Ce stage a été instructif et ce, à plusieurs titres :

- au plan strictement scientifique, parce que dans ce laboratoire, on essayait de comprendre un certain nombre de phénomènes géologiques en s'appuyant sur des sciences de base (ce que je retrouverai ultérieurement chez un autre grand géologue qui s'appelait Georges Millot). En outre, J. Bourcart étant passé des expéditions géologiques terrestres aux études océanographiques, on s'intéressait beaucoup aux sédiments meubles

5) Le grand cristallographe Georges Friedel, ingénieur général des Mines, l'a appris à ses dépens en 1919.

6) Ceci, parce que ce sont avant tout des chercheurs qui font des cours.

7) Il reprenait en quelque sorte ce qu'avait écrit Lucrèce dans son « *De natura rerum* » et ce qui a été rappelé d'une certaine manière par J. d'Ormesson dans son livre « C'est une chose étrange à la fin que le monde » : « la vie de chaque jour offre des exemples sans fin de cette instabilité universelle : le lait tourne, les fruits pourrissent... »

4) En réalité, l'expérience ultérieure m'a montré que tous les maîtres cités n'avaient pas de pouvoir dans leur institution respective (et souvent ne le souhaitaient d'ailleurs pas). Mais leur notoriété venait de leur savoir, qui leur conférait une grande autorité. Je ne m'étais donc pas trompé dans mes choix !

(sables, vases, argiles rouges des grands fonds), qui avaient une certaine parenté avec les sols et permettaient ainsi de renouveler les études traditionnelles de science du sol ;

- en second lieu, ce stage m'a permis de côtoyer au fil des jours J. Bourcart lui-même, mais aussi beaucoup d'assistants de l'enseignement supérieur qui m'introduiront dans les instances universitaires et dont certains deviendront très vite des personnalités dans leur spécialité. Je pense en particulier à J. Aubouin, qui sera bientôt le grand Maître de la géologie, en particulier de la géotectonique et à Hubert Curien, qui sera un jour Ministre de la Recherche ; les deux ayant été aussi, en leur temps, présidents de l'Académie des Sciences. J'évoque aussi en cristallographie le nom d'André Authier, alors en 2^e année de l'École Normale dans la même promotion que P.G. de Gennes que j'ai, de ce fait, été amené à croiser, sans savoir qu'il deviendrait un jour (1991), le Prix Nobel de Physique que l'on sait.

L'année universitaire s'est terminée par l'obtention, d'un côté du certificat de Chimie générale, et d'un autre par la réussite, dans le cadre de l'INRA, au concours d'assistant de recherche, les deux de concert avec mon ami J. Chaussidon, bien trop tôt disparu. Il ne nous restait plus qu'à entrer véritablement dans la recherche active en rejoignant la Station centrale d'agronomie de Versailles, début novembre 1955.

Choix d'un laboratoire de recherche. Affectation au Laboratoire des Sols de Versailles (1956)

Dans le Département d'Agronomie de l'INRA, il n'y avait qu'un laboratoire où, depuis A. Demolon, l'on mettait la science au centre des recherches et ce, quels que soient les problèmes plus appliqués qui pouvaient se présenter au fil des jours. C'était le Laboratoire des Sols créé en 1934 par ce grand savant et où étaient développés des travaux en géochimie, en physique des sols et en microbiologie et où on s'intéressait aussi à la genèse des sols.

Ce laboratoire était alors dirigé par un des élèves d'A. Demolon, Stéphane Hénin, qui était déjà très connu en France en dehors de l'INRA (J. Bourcart à la Sorbonne, J. Orcel au Museum National d'Histoire naturelle, G. Millot à l'Institut de Géologie de Strasbourg, J. Mering au Service des Poudres...) sans oublier le poids qu'il avait à l'ORSTOM dans la section de Pédologie. On le connaissait aussi à l'étranger ; il avait déjà été président du Comité international pour l'Étude des Argiles (CIPEA) (1950-1952), ainsi que Président de la Commission de Physique des sols de l'AISS (1950-1954). Pour ma part, mon attention à son égard avait été attirée par un article magistral qu'il avait présenté à la Conférence internationale sur les sols méditerranéens dont j'ai déjà parlé et qui s'intitulait « la synthèse des argiles et la pédologie »

Comme j'ai pour ma part mis la science au premier plan des recherches, c'est donc ce Laboratoire (Laboratoire des Sols) et ce Maître (S. Hénin) qui ont eu immédiatement ma préférence

dès mon arrivée à Versailles. Or, ce choix m'a été d'emblée refusé pour des raisons de personnes, ce qui a été pour moi la première manifestation – mais hélas, ce ne sera pas la dernière – des relations conflictuelles qu'il pouvait y avoir au sein d'une institution de recherche entre pouvoir et savoir. Mais je n'ai pas cédé, et au bout de deux mois, le Directeur central d'Agronomie qui, marqué par mon opiniâtreté et sachant pertinemment que j'avais l'appui de J. Bourcart – et il faut rappeler ici le prestige qu'avait à cette époque un professeur à la Sorbonne –, a fini par entériner ce choix. Il me l'a fait quelque peu payer ultérieurement lors des avancements ; mais je le savais, conscient qu'à longue échéance, le jeu en valait la chandelle. Début janvier 1956, j'étais donc affecté au Laboratoire des Sols et placé sous l'autorité de S. Hénin.

J'étais ravi, car au Laboratoire des Sols qui était dirigé par un grand patron, on faisait diverses recherches, notamment en pédologie expérimentale ; par ailleurs, c'était un laboratoire à taille humaine où l'enthousiasme était généralisé⁸, ce qui n'était pas sans rapport, d'un côté avec le grand nombre de scientifiques, français et étrangers, qui venait nous rendre visite et d'un autre, avec la présence constante de stagiaires, là aussi français et étrangers, qui souhaitaient initier des recherches sous la direction de S. Hénin.

Bien sûr, les conditions matérielles n'étaient guère idéales : mon laboratoire était situé au sous-sol dans une cave peu éclairée et sans chauffage. En outre, nous avions très peu de crédit et le pouvoir en place ne faisait rien pour l'accroître. Enfin, nous ne disposions pas des méthodes d'analyse minéralogique moderne : ni diffraction des rayons X, ni analyse thermique différentielle, ni microscopie électronique. Heureusement, le Laboratoire des Sols avait des liens organiques⁹ avec le laboratoire de Minéralogie du Museum, autrefois dirigé par A. Lacroix, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences (J. Orcel, Melle Caillère), qui nous faisait profiter de ses moyens d'analyse et qui hébergeait aussi le Laboratoire d'analyse chimique des silicates du CNRS où j'ai moi-même fait un long stage en fin 1956.

Malgré tous ces inconvénients, il était quand même tout à fait concevable d'initier des recherches, en vue de soutenir dans une première phase une thèse de doctorat.

Travaux de recherche de pédologie expérimentale – Laboratoire des sols (1956-1994)

Préparation de la thèse de Doctorat (1956-1964)

8) Peut-être parce qu'on était différent des autres Stations d'agronomie. Je reviendrai ultérieurement sur ce mot enthousiasme, qui est le maître mot dans le cadre de la réussite d'une vie professionnelle.

9) Depuis la destruction du Laboratoire des Sols lors du bombardement de juin 1944, une partie du Laboratoire était hébergée au Museum (J. Esquevin par exemple).

Après plusieurs conversations avec S. Hénin, qui m'a accueilli à bras ouverts, le sujet a été vite circonscrit en fonction des besoins de la pédologie (on ne fonctionnait pas alors par projets imposés de l'extérieur). Celui-ci tournait autour de l'étude des premières phases de la genèse des sols, envisagée à travers l'altération des roches et la formation des argiles pédologiques. D'entrée de jeu, et pour bien sérier les problèmes comme on doit le faire en science à la suite de Descartes, on écartait donc l'étude des phénomènes liés à d'autres agents actifs du sol, tels la matière organique et les organismes vivants telluriques et on se consacrait exclusivement à l'aspect minéral des processus. Or, dans ce domaine, les travaux de terrain n'avaient pas permis jusque-là d'éclairer suffisamment cette question ; il y avait certes beaucoup de raisons de se trouver devant une telle situation, mais cela venait notamment du fait qu'on ne savait pas confectionner des lames minces de sols (l'imagerie était encore inexistante) et qu'on n'avait à sa disposition que des analyses chimiques globales qui, dans le cas des silicates, étaient en outre longues et difficiles à réaliser. Il suffit de rappeler à ce sujet plusieurs controverses de l'époque : d'abord, la controverse H. Lagatu / L. Cayeux sur le mode d'altération des silicates :

- les argiles formées résultent-elles d'une néoformation en phase aqueuse à la suite d'une véritable dissolution (thèse de Lagatu) ou bien sont-elles le résidu d'une décomposition réalisée en phase solide (thèse de L. Cayeux),
- ou encore, l'opposition H. Harrassowitz / J.B. Harrison au sujet de la genèse de la kaolinite et de la gibbsite dans les sols tropicaux. Pour le premier, la formation de kaolinite constituait le phénomène de base de toute altération tropicale ; c'est d'ailleurs ce que pensait le grand géochimiste Vernadsky en raison de sa stabilité exceptionnelle qu'il attribuait au « noyau kaolin ». En revanche, le second estimait que dans des conditions extrêmes, l'altération tropicale conduisait directement à la formation de gibbsite, qui pouvait ultérieurement être silicifiée dans certaines conditions pour engendrer de la kaolinite,
- ou enfin, les discussions sur le rôle du CO₂ dans la décomposition chimique des silicates par l'eau. Dès 1848, V. Ebelmen avait envisagé que ce rôle était majeur dans un mémoire publié aux Annales des Mines, sans pour autant prévoir combien ce processus aurait de l'importance cent ans plus tard dans la régulation de la teneur en CO₂ de l'atmosphère et des océans.

Pour résoudre ce genre de questions, il ne restait donc plus qu'à procéder par voie expérimentale, à la manière de Claude Bernard, tout en étant conscient comme le dit mon confrère et ami Claude Debru, qui est titulaire de la Chaire de Philosophie des Sciences de l'École Normale, que « l'expérimentation conserve toujours un côté réducteur et qu'elle ne peut aboutir qu'à un tableau souvent partiel ». De plus, cette option n'était pas dans notre cas, sans poser de problèmes du fait des conditions peu agressives du milieu superficiel : pression atmosphérique, faibles températures, solutions diluées... ; d'où la lenteur

des réactions engendrées et, par là même, la longueur des essais éventuellement entrepris. Tout cela n'avait pas empêché cependant un certain nombre de chercheurs de préconiser la voie expérimentale :

- je pense en premier au Professeur C.W. Correns, de l'Université de Göttingen, qui avait initié avant guerre des essais d'altération expérimentale des feldspaths en conditions atmosphériques. Ce type d'expérience avait permis de mieux comprendre les mécanismes de la décomposition chimique des silicates, mais cela n'avait jamais abouti à une néoformation argileuse, du fait que les essais n'avaient pas été poursuivis assez longtemps ; d'où l'intérêt des expériences de longue durée,
- par ailleurs, S. Hénin avait réalisé, dès la fin de la guerre, la synthèse à basse température d'une série de minéraux argileux à partir de diverses solutions aqueuses et montré ainsi que les argiles pédologiques pouvaient être engendrées en milieu dilué. Or c'était là un résultat de première importance, puisque jusque-là on estimait que la synthèse expérimentale des argiles ne pouvait se faire qu'à partir de gels en conditions hydrothermales¹⁰.

Devant de tels résultats, il apparaissait donc indispensable de relier expérimentalement altération des roches silicatées à basse température et genèse des argiles en milieu dilué, en initiant des essais en continu sur de très longues durées ; et c'est ce que j'ai tenté de réaliser après plusieurs expériences préliminaires, en m'aidant d'un dispositif particulier : l'extracteur Soxhlet¹¹ dont a fait état ici même C. Feller et qui, malgré sa simplicité, présentait plusieurs avantages :

- fonctionner en continu, jour et nuit, durant plusieurs années,
- permettre la réalisation de conditions expérimentales correspondant non pas exactement à celles du milieu naturel mais à celles utilisées de nos jours dans le domaine de la Chimie douce (pression atmosphérique – température \leq 60°C),
- faire agir séparément plusieurs types de réactifs physico-chimiques (eau pure, CO₂, SH₂, acide acétique...) et vérifier entre autres l'hypothèse de V. Ebelmen,
- enfin, bien dissocier les 2 phases de toute évolution superficielle avec leurs cortèges de minéraux secondaires caractéris-

10) Je me souviens d'une conversation en présence de S. Hénin lors du Colloque CNRS Genèse et synthèses des Argiles en 1961, où R. Roy, qui était l'élève préféré de G.W. Brindley, nous expliquait que la kaolinite ne pouvait se former qu'au dessus de 400°C. On lui rétorquait que pourtant elle était présente en grande quantité dans tous les sols tropicaux !

11) Après mon premier article en anglais en 1961, puis après ma thèse en 1964, l'extracteur Soxhlet a été utilisé, avec modifications éventuelles dans différents laboratoires du monde et à diverses périodes. Le 1^{er} qui l'a utilisé a été mon ami J. Trichet au Laboratoire de Géologie de l'École Normale Supérieure (1967). Il a été aussi à la source de nombreux travaux de qualité et avec plusieurs chercheurs à l'Université de Saint Jacques de Compostelle sous la direction du professeur F. Macias, qui est titulaire de la Chaire d'Édaphologie. Je ne remercie jamais assez mon ami Felipe de s'être déplacé spécialement pour assister aujourd'hui à ma Journée jubilaire. Il m'a d'ailleurs remis à cette occasion le texte de la dernière thèse utilisant le Soxhlet, qui a été soutenue par son élève chinois F.X. Yao en octobre 2011.

tiques, à savoir, d'un côté, la phase résiduelle correspondant aux sols et, d'un autre, la phase migratrice qu'on retrouve dans les bassins sédimentaires.

Tout cela a permis, au bout de plusieurs années¹² d'obtenir un certain nombre de résultats conduisant à proposer un système général d'interprétation, que j'ai mis au point en m'appuyant en particulier sur 3 ouvrages fondamentaux : « Leçons de cristallographie » de G. Friedel, « La liaison chimique » de L. Pauling et « Les réactions en solution » de G. Charlot. Je ne donnerai pas ici le détail puisqu'il en a été question précédemment (cf. C. Feller, A.B. Delmas et D. Tessier), mais qui a conduit à la soutenance en 1964 d'une thèse de Doctorat d'État à la Sorbonne.

Il est bon de rappeler ici que cette opération comportait plusieurs conditions qu'on n'imagine plus aujourd'hui. D'abord, le document devait être imprimé ou sur le point de l'être (pour ma part, j'ai soutenu avec un document imprimé dans les Annales agronomiques, ce qui a demandé 6 mois). Ensuite, le Jury devait être composé de 3 professeurs titulaires de l'Université, dont l'un était le rapporteur ; ce Jury pouvait se faire assister par des personnalités extérieures, dont la compétence était reconnue, mais qui n'étaient qu'invitées : J. Méring ou S. Hénin dans nos domaines (cela a été le cas de S. Hénin pour ma thèse) ; mais même mon Maître, le professeur J. Bourcart, qui venait de prendre sa retraite, ne pouvait plus siéger officiellement. Son successeur ne voulait même pas qu'il soit associé au Jury ; ce que je n'ai pas accepté, car cela aurait été un signe manifeste d'ingratitude, et même si je savais que cela pourrait avoir par la suite quelques conséquences négatives. Enfin, nous avions à rédiger aussi une 2^e thèse, sur proposition de la Faculté, ce qui a été pour moi l'occasion de réaliser une mise au point sur la classification des minéraux argileux que j'avais eu le temps d'approfondir durant la période des essais de longue durée. Cette mise au point a donné lieu à une publication dans le cadre de l'INRA en 1964 à l'instigation de l'Inspecteur général G. Drouineau et avec une préface de S. Hénin (cf. Anne-Marie Karpoff).

Indiquons encore, sans insister, que ce travail de thèse semble, dans la filiation du grand Vernadsky, avoir marqué le début d'une nouvelle étape en vue d'une meilleure compréhension des phénomènes pédogéochimiques, tant au plan national qu'international, et aussi bien dans les milieux anglo-saxons (Grande-Bretagne, USA, Australie...) qu'en Russie, puisque le mémoire de thèse a été traduit en russe et publié intégralement à Moscou.

En France, le travail a été accueilli avec sympathie dans toutes les instances pédologiques ; il a intéressé aussi les milieux géologiques et géomorphologiques de l'Université, qui ont très vite fait passer le message à tous les étudiants en

Sciences de la Terre¹³. Il est de fait qu'en ayant quelque peu fourni des racines scientifiques à la pédologie, ma thèse est apparue comme ayant apporté des arguments à la théorie de la Biorhexistase que venait de présenter avec beaucoup d'imprécision H. Erhrt (1956) et en même temps comme un prélude à l'émergence de la Géochimie de surface initiée à l'époque par G. Millot.

Bref rappel sur les recherches expérimentales ultérieures (1964-1994)

L'épisode de thèse étant clos, j'ai par la suite continué dans le cadre du Laboratoire des Sols à piloter des recherches de pédologie expérimentale, et ce jusqu'à ma retraite en 1994 avec divers élèves, collaborateurs et thésards, qu'ils soient de l'INRA, de l'ORSTOM ou d'ailleurs ou encore qu'ils viennent de l'étranger. Dans ce domaine, 2 grandes phases peuvent être distinguées :

– la première recouvre une extension des recherches de pédogéochimie expérimentale. Elles ont été réalisées avec différents collaborateurs, notamment le regretté Michel Robert, Jeannine Berrier et André-Bernard Delmas, mais aussi avec un certain nombre de thésards étrangers ; je pense en particulier à A.J. Melfi de l'Université de São Paulo (Brésil), à M. Razzaghe-Karimi (Iran), à F.K. Seddoh, togolais, alors assistant à l'Université de Dijon, à J.E. Garcia Hernandez de l'Université de Tenerife (Espagne). Mais je n'oublie pas non plus les thésards de l'ORSTOM, tels A. Blot, Lj. Nalovic, J.P. Carmouze, A. Chauvel, V. Eschenbrenner..., qui pouvaient être pédologues, géologues ou encore hydrobiologistes de formation.

Le but des recherches était avant tout de relier les processus géochimiques de la pédogenèse à la caractérisation cristallographique des minéraux secondaires, à savoir les argiles et les oxyhydroxydes ; d'où l'importance accordée essentiellement, dans cette phase, à la minéralogie des argiles, définies avant tout grâce à la diffraction des rayons X sur des échantillons secs en appliquant la méthode des poudres de Debye et Scherer ;

– la seconde phase des recherches est venue du constat que les argiles pédologiques, bien que généralement à structure phylliteuse, ne pouvaient pas, du fait de leur taille microscopique et de leurs relations avec l'eau, être considérées seulement comme des constituants anhydres de la minéralogie classique. Encore fallait-il pouvoir réaliser la diffraction des rayons X sur des échantillons humides (ce qui a pu être mis au point grâce à D. Tessier) et s'appuyer sur de nouvelles méthodes qui n'existaient pas auparavant (cf. D. Tessier) ; je pense notamment à l'utilisation, avec toute la compétence de Jeannine Berrier, du MEB que nous avons pu acquérir à Versailles et par ailleurs en s'appuyant sur la diffusion des rayons X aux petits

12) C'est ce qui explique le temps qu'il m'a fallu pour recueillir toutes les données indispensables à la soutenance d'une Thèse d'État, sans oublier les ennuis de santé qui m'ont affecté à certains moments de cette période.

13) Le seul dans l'assemblée de ce jour à avoir assisté à ma soutenance de thèse est A. Blot, qui était alors à l'Université élève en Sciences de la Terre, sur le point d'être engagé dans la section de Géologie de l'ORSTOM.

angles que nous réalisons au synchrotron d'Orsay (LURE) avec l'aide de Denise Tchoubar et Ch. H. Pons.

De nombreux résultats ont alors été obtenus sous l'égide de D. Tessier et de différents élèves, mais aussi avec G. Bourrié et A. Bruand, résultats qui ont renouvelé entièrement l'étude des argiles pédologiques et montré en particulier que, dans ce cas, l'agencement des fines particules argileuses prenait le pas sur l'aspect strictement cristallographique des constituants et était en relation directe avec leurs propriétés de surface, à savoir notamment avec la valeur de la capacité d'échange des échantillons (BEC), ainsi qu'avec leur teneur en eau (capacité de rétention).

Ainsi se termine ce regard sur l'environnement dans lequel se sont réalisés mes travaux de pédologie expérimentale, travaux que j'ai menés d'abord sous la direction de S. Hénin, puis avec l'aide de nombreux élèves et collaborateurs au sein du Laboratoire des Sols de Versailles. Cependant, en dehors de ces recherches, il s'est passé durant toute cette période beaucoup d'autres choses que je souhaiterais maintenant évoquer.

AUTRES ACTIVITÉS SCIENTIFIQUES DURANT MA CARRIÈRE (Études de terrain – Sociétés savantes – Enseignement – Académies)

À partir du moment où mon choix s'était porté sur l'amélioration des connaissances scientifiques dans un domaine bien délimité, il devenait évident qu'il fallait absolument établir des relations – d'abord à l'intérieur mais surtout à l'extérieur de l'Institution à laquelle j'appartenais (INRA) – avec tous ceux qui, de près ou de loin, s'intéressaient à ce secteur d'étude ; et ce, tant au niveau national qu'international. J'ai eu ce penchant dès le début de ma carrière, d'ailleurs fortement incité par S. Hénin qui avait déjà retenu cette façon de procéder. Il s'agissait avant tout de ne pas se laisser enfermer dans un milieu scientifique donné et, pour ce faire, de voir aussi ce qui se passait ailleurs. C'est ce que je vais évoquer dans la suite de cette intervention, en précisant dès le départ que la présentation adoptée suit plus ou moins un ordre chronologique, bien qu'il y ait eu souvent des activités simultanées et même des recoupements dans l'un ou l'autre des secteurs concernés.

Cela tourne autour de 6 points :

- en premier, mon immersion dans le Groupe français des argiles où j'ai fait mes classes, comme, on disait dans l'armée, et à qui je dois tant !
- Ensuite, la volonté d'établir des ponts entre travaux de terrain et études expérimentales ; et ceci a été réalisé :
 - soit en régions tempérées, d'abord en France avec le SESCPF, le SES Montpellier..., puis à l'étranger (URSS),

- soit en régions tropicales, avec l'ORSTOM, le Brésil (USP), l'Université de Strasbourg.

- Le quatrième point a trait à ma contribution à la relance, à partir de 1967, des activités de l'AFES, puis à l'émergence de celle-ci en tant qu'Institution supranationale en Science des Sols.
- Le 5^e point permettra de rappeler mon insertion universitaire dans le cadre de l'enseignement supérieur en Pédologie ;
- et enfin le 6^e me conduira à dire quelques mots à propos de mon parcours académique, qui occupe aujourd'hui la fin de ma vie scientifique.

Le Groupe Français des Argiles (GFA) et l'AIPEA

Avant de parler du GFA, j'aimerais évoquer la Société Française de Minéralogie-cristallographie dont je suis devenu membre dès 1956 et où je me rendais assez régulièrement pour assister aux séances hebdomadaires du jeudi après-midi dans le vénérable laboratoire de minéralogie de la Sorbonne. J'écoutais alors avec intérêt les communications, ainsi que les interventions des spécialistes qu'étaient J. Wyart, R. Hocart, H. Curien, A. Guinier, P. Lafitte qui sera ultérieurement le directeur de l'École des Mines... Plus tard, je suis même devenu membre du Conseil d'administration de cette association sur la suggestion de J. Mering ; c'était entre 1969 et 1972, alors que le siège de la Société était maintenant situé à Jussieu.

Mais revenons au GFA que j'ai connu dès 1956, S. Hénin nous ayant suggéré d'assister de concert avec J. Chaussidon à ses réunions bisannuelles qui se tenaient alors rue Copernic au siège de la Société française de Céramique. C'était alors un groupe rattaché au CNRS où se retrouvaient tous les chercheurs français travaillant dans le domaine des argiles, à savoir des minéralogistes, des cristallographes, des géologues et sédimentologues, des pédologues, des pétroliers, des physico-chimistes de la catalyse, des céramistes... ; d'où l'intérêt des échanges qui se faisaient dans la plus grande cordialité, sous la houlette de J. Mering, S. Hénin et G. Millot notamment. Nous écoutions avec le plus grand intérêt les communications de tous les anciens déjà fort connus, mais à notre grande surprise, eux aussi nous écoutaient lorsque nous présentions nos travaux, ce que j'ai fait par exemple dès 1958 ; la conversation se poursuivant même lors des repas que nous prenions en commun dans les restaurants de la place Victor Hugo, en sorte que notre anonymat ne durait pas très longtemps. Par la suite, je les ai encore mieux connus lors des séances du Conseil d'administration quand j'ai eu à assurer le secrétariat général du Groupe, M. Hénin ayant été porté à la présidence entre 1957 et 1960.

La participation aux séances était toujours élevée ; beaucoup de collègues étrangers de haut rang assistaient régulièrement aux réunions, en y faisant des présentations. Je pense par exemple à G.W. Brindley et R.C. Mackenzie, qui venaient de Grande Bretagne (les liens entre le GFA et la *Clay mineral*

Society étaient étroits), à J.J. Fripiat, H. Laudelout et à beaucoup de leurs collaborateurs de l'Université de Louvain, à des chercheurs suisses de l'Université de Neuchâtel et de Genève et, plus épisodiquement à J.L. White et M.M. Mortland des U.S.A, à des chercheurs italiens, espagnols, allemands et même russes certaines fois. C'est dans ce cadre que j'ai fait la connaissance de beaucoup de collègues de ma génération, qui sont devenus ensuite des amis pendant tout le temps de notre carrière. Parmi les français, je pense en particulier à H. Pezerat, R. Wey, J. Lucas et Hélène Paquet ; les collègues étrangers étant F. Véniale (Italie), B. Kubler (Suisse), A. Herbillon et C. de Kimpe (Belgique), J. Rodriguez (Espagne), J. Konta (Tchécoslovaquie), M. Lippmann (Allemagne), V. Dritz (Russie)... collègues que je retrouverai ensuite régulièrement lors des Conférences internationales sur les argiles organisées dans le cadre de l'AIPEA.

Mais cela a été aussi pour moi l'occasion d'être invité à donner des conférences ou à faire des missions dans des pays étrangers. Ainsi, dès avril 1961, j'ai été amené à présenter une Conférence à l'Université de Cambridge, qui a été publiée en anglais dans le *Clay mineral Bulletin* (1961, 4, 266-281), puis en décembre 1961 à faire une mission d'un mois en URSS (Moscou et Leningrad) avec H. Pézerat. J'ai rencontré alors tous les spécialistes des argiles de ce pays : F. Tchoukrov, Directeur de l'IGEM, V.P. Petrov, M. Zviagin... et même le grand cristallographe russe M. Belov qui nous a éblouis au cours d'une longue matinée à l'Institut de Cristallographie (il était un ami de J. Wyart et de J. Méring et, en outre, il parlait bien le français comme alors beaucoup d'anciens en URSS). En 1973, j'ai été invité à présenter une communication au Groupe italien des Argiles dans une séance qui s'est tenue à Florence, puis en 1981 à prononcer la conférence d'introduction lors du 40^e anniversaire de la fondation de la Société italienne de minéralogie-pétrographie (Salice Terme)¹⁴. Dans les mêmes années et les suivantes, j'ai été amené à donner des conférences sur les argiles à plusieurs reprises à Neuchâtel (Suisse), sans oublier les mises au point qu'on m'a demandé de faire à plusieurs occasions telles à Prague pour l'Euroclay (1983), à Vienne (1987) dans le cadre de l'Institut international de la potasse, à Salamanque, Saint Jacques de Compostelle, ou encore à Pampelune (1992) au titre de l'Université de Navarre¹⁵.

Durant toute ma carrière, j'ai continué à participer à la vie du GFA, qui a tenu une grande place dans mon parcours scien-

tifique (cf. D. Tessier, A. Herbillon...). C'est ainsi que j'ai été appelé à en assurer la présidence à la suite de G. Millot entre 1972 et 1975 (j'ai vécu à ce titre le décès de J. Méring en 1973), que je suis resté ensuite membre du Conseil jusqu'en 1985, que j'ai fait une présentation, de concert avec Hélène Paquet, sur l'histoire du GFA lors du Colloque international d'Orléans en 2002 et enfin que j'ai eu la joie d'être désigné comme le premier membre d'honneur du Groupe en 2003.

J'ai déjà évoqué les relations que j'avais eues avec mes amis étrangers du domaine des argiles. Mais j'ai eu aussi très tôt, c'est-à-dire dès 1960, des contacts avec les grands noms de la science des argiles dans le cadre du Comité international pour l'étude des argiles (CIPEA) devenu en 1963 à Stockholm l'Association internationale pour l'Étude des Argiles (AIPEA). J'ai même été membre du Conseil entre 1963 et 1966, et c'est dans ce cadre que j'ai rencontré les américains R.E. Grim (célèbre pour son livre *Clay Mineralogy*) et W.F. Bradley, le japonais T. Sudo, le tchèque J. Konta, tout en retrouvant des spécialistes déjà cités comme F. Tchoukrov, R.C. Mackenzie et G.W. Brindley.

Au niveau international, il existait aussi un Comité international de classification et de nomenclature où j'ai représenté la France de 1963 à 1978, date à laquelle Hélène Paquet a pris ma succession. J'en ai même été le secrétaire entre 1968 et 1978 sous les présidences de R.C. Mackenzie, puis de G.W. Brindley. J'ai ainsi beaucoup appris très jeune, au contact de ces grands chercheurs¹⁶, en sorte que je garde un merveilleux souvenir de toute cette période.

Mais si je ne me suis beaucoup intéressé aux argiles, c'est pour mieux connaître les sols, qui constituaient le vrai pivot de mes recherches.

Contribution à l'étude de la pédogenèse en régions tempérées (France notamment)

Mise au point d'une classification française – CPCS (1963-1967) (cf. M. Jamagne, M-C. Girard, A. Ruellan, C. Cheverry, J-P. Legros)

Dans les années d'après-guerre¹⁷, on a constaté rapidement que la réussite d'un réaménagement du territoire en rapport surtout avec la modernisation souhaitée de l'agriculture ne pouvait se concevoir sans disposer de cartes pédologiques à

14) *Mes relations avec l'Italie ont été très fréquentes entre 1973 et 2003, notamment avec l'Université de Pavie (Pr. F. Veniale) et avec la ville de Florence, soit à l'Université (Pr. F. Mancini), soit à l'Institut des Colloïdes du Sol (G. G. Ristori), soit enfin dans le cadre de l'Accademia dei Georgofili (Pt. F. Scaramuzzi).*

15) *Ajoutons ici que j'ai eu beaucoup de rapports avec l'Espagne en raison des liens existant entre S. Hénin et F. Albarada dont l'adjoint était A. Hoyos de Castro : Université de Navarre (J. Iniguez), Université de Salamanque (Maria Angeles Vicente-Hernandez), Université de Saint Jacques de Compostelle (Pr. F. Macias et toute son équipe), Université de Tenerife (Pr. Fernandez-Caldas et toute son équipe), sans oublier J.M. Serratossa et M. Raussel-Colomb du Consejo à Madrid.*

16) *J'ai un souvenir enchanteur d'un voyage au Japon à l'occasion de la Conférence internationale sur les argiles de 1969, car j'ai vécu en binôme avec J. Méring durant une quinzaine de jours. Sa culture était prodigieuse et notre passage à Hong-Kong et surtout à Angkor, inoubliable !*

17) *Les sols français étaient épuisés, car pendant au moins 6 années, il n'y a pas eu restitution des éléments fertilisants exportés par les récoltes. Les sismes de K se trouvaient en Alsace, ceux de phosphore en Afrique du Nord ; quant à l'azote, la synthèse de l'ammoniac servait plus à faire des explosifs que des fertilisants. De toute façon, le peu qu'on aurait pu avoir partait en Allemagne !*

moyennes échelles (1/100 000). Cela avait été particulièrement frappant pour les grandes régions agricoles telles que l'Aisne par exemple, ainsi que lors de la mise en place des Compagnies d'aménagement régionales. Aussi avait-il été créé spontanément plusieurs instruments de travail : d'un côté le Service de la carte pédologique du département de l'Aisne à l'initiative de J. Hébert, Directeur de la Station agronomique départementale de Laon, avec une couverture au 1/25 000 en adoptant le système de classification mis en place en Belgique ; d'un autre, les services pédologiques des diverses Compagnies d'aménagement : Bas-Rhône – Languedoc, Canal de Provence, Coteaux de Gascogne... ; et enfin le Service d'Étude des Sols de Montpellier (SES), fondé dans le cadre de l'INRA à l'initiative du Professeur E. Servat de l'ENSA de Montpellier.

Mais tout cela s'avérant encore insuffisant malgré la qualité des travaux, il est apparu indispensable de couvrir toute la France à l'échelle 1/100 000, en créant un Service de la Carte pédologique à l'image du vénérable Service de la Carte géologique de France. Encore fallait-il pour convaincre la DGRST de disposer d'un système unifié de classification des sols qui soit reconnu par l'ensemble des pédologues français. Cela aurait dû être normalement du ressort de l'AFES ; mais celle-ci était alors tellement déficiente que l'Inspecteur général G. Drouineau a préféré créer une commission spéciale, la Commission de cartographie et de classification des sols, la fameuse CPCS, qui à partir de 1963 et jusqu'en 1967 s'est réunie régulièrement, J. Boulaine, alors professeur à l'ENSA de Grignon, en assurant le secrétariat. J'en ai été membre à côté notamment de S. Hénin, R. Betremieux, E. Servat, M. Jamagne pour l'INRA, Ph. Duchaufour, M. Bonneau et F. Jacquin pour le CNRS, G. Aubert, R. Maignien, P. Segalen pour l'ORSTOM... Je garde un merveilleux souvenir de toutes ces réunions qui se sont déroulées dans une atmosphère très constructive et qui ont permis de mettre sur pied un système de classification des sols basé sur l'approche morphogénétique, caractéristique de la mentalité pédologique française telle qu'elle avait été initiée par les réflexions de G. Aubert et Ph. Duchaufour (Congrès de Paris, 1956). Au bout de 50 ans, je reste fidèle à l'esprit de cette classification, car elle permettait de situer la plupart des sols en place sans avoir la prétention d'étiqueter tous les cas rencontrés à la surface de la Terre, cas qui sont innombrables en fonction notamment des situations lithologiques et de la durée d'action des phénomènes. Je sais que depuis quelques années, il existe d'autres propositions, mais je ne suis pas convaincu par cette évolution, d'une part parce qu'elle éloigne la classification de la science pédologique, et d'autre part, du fait qu'en caporalisant cette dernière, on la rend indéchiffrable aux autres scientifiques s'intéressant à la surface de la Terre ; et cela est incontestablement dommageable !

Mise en place du Service de la Carte des sols de France

À partir de ce travail préliminaire, la communauté pédologique a montré qu'elle était prête scientifiquement à assurer la gestion d'un service national. C'est alors que l'INRA a obtenu, grâce à l'action de G. Drouineau et aussi à l'appui de B. Gèze qui était alors professeur de géopédologie à l'Agro, la création du Service d'Études des Sols et de la Carte pédologique de France (SESCPF), basé d'abord au CNRA de Versailles, puis à Orléans, et dont la direction a été confiée à M. Jamagne, qui avait montré de grandes compétences lors du levé pédologique des sols de l'Aisne.

Or, j'ai eu dès le départ de fortes affinités intellectuelles avec ce Service, ce qui m'a permis dès 1974 d'établir une carte pédogéochimique de la France au 1/1.750.000 avec l'appui de Sylviane Scherer, devenue par la suite Mme J-C. Bégon.

Mais cela a conduit aussi, dans les années 1970, à effectuer avec M. Jamagne de grands périple pédologiques à travers tout le territoire métropolitain au moment des labours d'automne et de printemps, ce qui a servi d'ébauche à la belle synthèse que M. Jamagne (2011) vient de publier aux Editions Quae, à la fin de sa carrière, et qui s'intitule : « Grands paysages pédologiques de France ».

Cela a mené ensuite à établir des relations de travail avec beaucoup de pédologues de terrain et à tester ainsi mes conceptions géochimiques de la pédogénèse. Je pense ici en particulier à J-C. Bégon et J. Chrétien, à G. Callot, M. Bornand, J-P. Legros, Y-M. Cabidoche et J. Moinereau de Montpellier, à J. Dejou, aux élèves de A. Ruellan, qui était revenu à l'ENSA de Rennes après un passage à l'ORSTOM (G. Bourrié, C. Cheverry, M. et Catherine Grimaldi...) et à ceux de J. Dupuis à l'Université de Poitiers (A. Meunier, D. Proust, Ph. Ildfonse).

Enfin, cela a permis d'avoir des échanges avec les pays de l'Est. En compagnie de M. Jamagne, nous avons réalisé ainsi plusieurs missions de terrain en URSS organisées par V.M. Friedland (autour de Moscou, en Carélie, en Biélorussie et même en Georgie 1976-1982) et effectué en 1985 une grande tournée à travers toute la Pologne.

Cet ensemble de travaux concernait avant tout la caractérisation de la pédogénèse des sols tempérés et en particulier l'étude des relations sols lessivés – sols dernopodzoliques. Mais mes travaux expérimentaux m'avaient beaucoup rapproché de la pédologie très particulière des sols de la zone intertropicale, dont je vais parler maintenant.

Caractérisation et évolution des sols dans les zones intertropicales

Les résultats que j'avais obtenus en laboratoire à partir des divers travaux expérimentaux m'avaient conduit à fournir une base géochimique à la pédogénèse, et en particulier à la pédogénèse tropicale. J'ai donc tenté dès 1968 de donner une assise géogra-

phique à cet aspect de la question et de présenter ainsi une carte générale des phénomènes à l'échelle du Globe ; assise que j'ai affinée ultérieurement en 1976 dans le cadre de l'UNESCO, puis en 1989 pour la revue « Sciences géologiques » de Strasbourg.

Relations avec les organismes à vocation tropicale

Ceci rappelé, il fallait par ailleurs essayer de voir ce que les études expérimentales apportaient à une caractérisation approfondie des sols tropicaux qui sont à la fois des sols simples par leur constitution, mais très compliqués du fait que l'évolution pédologique s'est manifestée durant des centaines de milliers d'années, voire pour certains des millions, avec éventuellement des changements climatiques de grande ampleur et des réajustements néotectoniques. C'est ce que j'ai été amené à réaliser en m'appuyant sur 3 entités :

- la section de Pédologie de l'ORSTOM et éventuellement des autres organismes français de pédologie tropicale (cf. A. Ruellan, J-C. Leprun),
- l'Institut de Géologie de l'Université de São Paulo (Brésil) (cf. A.J. Melfi),
- le Centre de Géochimie de surface de l'Université de Strasbourg (cf. Hélène Paquet).

La section de Pédologie ORSTOM

J'ai eu très tôt des relations avec l'ORSTOM, puisque S. Hémin avait souhaité que j'effectue le stage de terrain de la formation pédo-ORSTOM en 1957, qui se déroulait alors à Angers et Alençon. C'est à cette occasion que j'ai fait la connaissance du brésilien J. de Queiros qui deviendra mon ami, de F. Fournier, qui dirigeait le stage et surtout de G. Aubert ; ce dernier m'a bien aidé par la suite en me permettant d'utiliser pour ma thèse l'appareil de diffraction des rayons X de Bondy dans le service de M. Pinta, appareil que nous n'avions pas encore acquis à Versailles.

La relation s'est faite ensuite plus directement car, dès ma thèse soutenue, S. Hémin m'a demandé en 1965 de lui succéder dans le cours sur la minéralogie des argiles qu'il donnait depuis 1944 dans le cadre de la formation pédologique ORSTOM.

À partir de cette date, j'ai eu, année après année, à dispenser ce cours non seulement aux élèves pédo-ORSTOM, mais aussi à des élèves des autres institutions tropicales (IRAT, IRHO, BDPA...) et, par la suite à tous les étudiants du DEA de pédologie de l'Université de Paris VI jusqu'en 1984. J'ai donc été amené à bien connaître un grand nombre de chercheurs pédologues français et étrangers (africains, sud-américains, asiatiques), avec qui j'entretiendrai ultérieurement des rapports très étroits. Par la suite, j'ai été appelé dès 1970 à participer aux travaux du Comité technique de Pédologie, qui traitaient de tous les problèmes d'orientation scientifique de la section, ce qui m'a conduit à mieux connaître alors les pédologues plus anciens. J'avais donc une bonne idée des études réalisées dans le monde par l'ensemble de la pédologie

ORSTOM, lorsqu'en 1984, suite à la réorganisation de l'Office en rapport avec la nomination de Alain Ruellan comme Directeur général, j'ai été élu à la présidence de la Commission scientifique Hydrologie-Pédologie que j'ai assurée durant 2 mandats 1984-1988 et 1988-1992 (cf. G. de Marsily). C'est ainsi que j'ai été conduit à m'investir encore plus, durant 8 ans, dans les travaux scientifiques de tous les chercheurs et techniciens de ce domaine, répartis dans 40 pays du Monde, en effectuant à ce titre une série de missions sur le terrain dont je parlerai plus tard.

Brésil

Il faut dire que dès 1970, j'avais été amené à connaître pour la première fois les sols tropicaux en inaugurant des missions au Brésil. A.J. Melfi, alors assistant à l'Institut de géologie de l'Université de São Paulo, avait fait un stage d'un an au Laboratoire des Sols en 1967-68. C'est de là que date le développement d'une étroite collaboration qui m'a conduit, en compagnie de chercheurs brésiliens et orstomiens affectés au Brésil, à reconnaître et à caractériser géochimiquement les principaux types de sols de ce pays, et ce durant de longues années entre 1970 et 1992, A.J. Melfi étant devenu entre temps Directeur de l'Institut de géophysique de l'USP, puis Recteur de cette grande Université.

Université de Strasbourg

Enfin, j'ai plaisir à rappeler ici que j'ai eu l'honneur d'être invité à participer à de nombreux jurys de thèse ainsi qu'à plusieurs missions organisées dans ces années 1970 avec des orstomiens par G. Millot, de l'Institut de géologie de Strasbourg, notamment au Liban (1967), au Cameroun-Tchad (1974) et au Sénégal oriental (1975), sans oublier les nombreux échanges que j'ai eus avec plusieurs chercheurs de cet Institut : Y. Tardy, Hélène Paquet, J. Lucas, B. Fritz...

De cet ensemble de travaux de terrain et de contacts, je souhaiterais faire ressortir d'une part plusieurs aspects généraux, puis indiquer les problèmes plus particuliers envisagés dans les différentes parties du monde tropical.

Dans les problèmes généraux, j'aimerais faire ressortir trois événements :

- le premier concerne la réalisation d'une plaquette, qui a fait le point de nos études au Brésil avec A.J. Melfi et qui est consacrée à la « Géochimie des couvertures pédologiques du Brésil » parue en 1978 en français et en portugais (*1 vol., 95 p. 7 cartes*),
- le deuxième a trait au Séminaire qui s'est tenu à la Banque mondiale (Washington), les 15 et 16 mai 1986, où avec mon ami J. Kilian du CIRAD nous avons présenté « Les travaux pédologiques réalisés par les organismes français de recherche pour le développement dans les régions chaudes ». Cela a donné lieu à une publication en français et en anglais, avec une série d'annexes détaillées,

- le troisième se rapporte au Séminaire « Soltrop 89 » organisé pour les pédologues africains, souvent formés par nous, à Lomé (Togo) avec l'aide financière de l'ORSTOM et de la Direction de la Recherche du Ministère de la Coopération. Il doit beaucoup à R. Poss qui en a été la cheville ouvrière et à l'appui de mon élève F.K. Seddoh alors ministre de la Recherche du Togo. Quant à P. Brabant, il avait préparé avec l'aide d'Édith Driffort et de G. Bellier, une série de schémas montrant combien, dans les tropiques complexes, il fallait dépasser la méthode de diagnostic dokouchaevienne, si l'on voulait aboutir à une cartographie des sols véritablement significative.

Je souhaiterais maintenant donner des informations sur l'ensemble des tournées pédologiques (quelquefois de véritables expéditions), réalisées dans le monde tropical entre 1970 et 1992 et qui m'ont beaucoup apporté dans la connaissance des sols tropicaux.

Je commencerai par le Brésil, car c'est là que j'ai eu mes premiers contacts en 1970 avec les sols tropicaux. Mais ce pays est un semi-continent, en sorte qu'il est préférable de distinguer 2 grands ensembles :

- le premier concerne le Sud, le Centre et le Nord-Est, que nous avons parcouru à plusieurs reprises avec A.J. Melfi et J. de Queiros, notamment du fait de la grande extension de la nappe basaltique du Parana (1.200.000 km² – plus de 2 fois la France) et où la nature des sols ne dépendait que des climats et de la durée de l'évolution. Nous avons ainsi pu préciser :

- dans les années 1970, la nature des sols rouges tropicaux du sud du Brésil (forêt à araucarias et steppes herbacées des campos),
- en 1975-76, la genèse des oxisols de type Terra roxa (TRE-TRL), de concert avec A. Chauvel et B. Volkoff,
- enfin, après 1976, la caractérisation des sols du Cerrado (Centre Brésil) qui n'ont pas de réel équivalent en Afrique, avec le concours de B. Volkoff et de J.C. Leprun.

- Le second ensemble a trait à l'Amazonie, auquel j'associe la Guyane où la pédologie orstomienne a beaucoup travaillé depuis la fin de la guerre.

C'est là qu'on a étudié la transformation des latosols en podzols par évolution latérale, initialement par R. Boulet et J. F. Turenne en 1976, puis par L. Veillon et surtout Catherine Grimaldi, qui a permis de comprendre la genèse des sables blancs, très abondants dans le bassin amazonien. Cette évolution a été retrouvée et complétée avec Y. Lucas et A. Chauvel en Amazonie centrale, puis par D. Dubroeuq et B. Volkoff à la jonction de l'Orenoque et du Rio Negro, c'est-à-dire dans la région du Cassiquiare qui avait été découverte par A. de Humbolt et A. Bonpland lors de leur fameuse expédition en Amérique du Sud entre 1799 et 1804.

Je passe ensuite à l'Afrique de l'Ouest que j'avais découvert lors d'une tournée en décembre 1973 avec G. Aubert et V. Eschenbrenner et qui a fait ensuite l'objet de toutes mes préoccupations entre 1974 et 1989. Plusieurs thèmes ont été étudiés en profondeur, correspondant en général à l'évolution pédologique spécifique de la zone des savanes africaines. Dans ce domaine, on peut citer :

- le travail fondamental de A. Chauvel (1976) sur la pédogenèse dissociative et la transformation des latosols en sols ferrugineux tropicaux (Casamance),

- ultérieurement, les études de J.C. Leprun, A. Blot, J.C. Pion et V. Eschenbrenner sur les sols cuirassés (Burkina Faso, Sénégal oriental et Côte d'Ivoire),

- les recherches approfondies de P. Brabant (1991) sur les sols des forêts claires du Nord Cameroun et la définition des sols ferrugineux tropicaux,

- la caractérisation, soit du fonctionnement hydro-pédologique d'un bassin versant représentatif en Côte d'Ivoire (opération Hyperbav), sous la houlette de C. Valentin et P. Chevallier (1989), sans oublier les travaux sur l'érosion de E. Roose (1980), soit de l'évolution agro-géochimique des Terres de barre du Togo avec R. Poss (1991) et des sols kaoliniques sableux avec C. Feller (1994), soit sur la dynamique des sols hydromorphes (J.F. Vizier, 1982) et sur le fonctionnement géochimique du domaine fluviomaritime de la Casamance avec le regretté Y. Le Brusq (+) et P. Boivin (1990) ou du fleuve Sénégal avec Cl. Cheverry (1974), soit enfin de la régulation hydrogéochimique du Lac Tchad avec J.P. Carmouze (1976).

D'autres sols ont aussi été étudiés, mais plus ponctuellement en ce qui me concerne ; il s'agit par exemple des sols de la Vallée du Niari au Congo-Brazza (1986) avec A. Mapangui, E. Braudeau et M. Latham et ceux du M'Bomou en Centre Afrique (1987), avec Y. Tardy, Y. Boulvert et A. Beauvais.

Je termine par les travaux de terrain effectués en Asie – Pacifique ainsi qu'à Madagascar, qui m'ont permis d'observer les latérites nickelifères de Nouvelle Calédonie, les sols volcaniques de Java et du Vanuatu (Thèse de P. Quantin, 1991), les podzols tropicaux et les tourbes de Kalimantan (Borneo), les surfaces cuirassées du Nord de la Thaïlande, initialement décrites dans la note classique de J.A. Prescott et de R.L. Pendleton (1952), ceci avec M. Latham alors Directeur de l'IBSRAM, sans oublier les sols du bush australien, soit dans l'Australie méridionale (malee soils) en 1968, soit dans le Nord – Queensland (Cairns – Townsville) en 1991 avec des sols tropicaux ayant quelques ressemblances avec ceux de l'Afrique de l'Ouest.

Mais j'ai beaucoup investi aussi dans l'étude des sols de l'Inde méridionale à la suite d'une longue mission effectuée en 1988 avec un ancien élève du DEA, G. Bourgeon, pédologue du CIRAD, alors en poste à l'Institut Français de Pondichéry

(cf. G. Bourgeon)¹⁸, mission au cours de laquelle j'ai pu visiter la localité où le terme de latérites avait été proposé pour la première fois par Buchanan (1807). Ici, l'apport principal pour la pédologie a été la découverte par G. Bourgeon d'un transect qui représentait une sorte d'expérience naturelle, puisque la roche mère était la même (socle granitogneissique), la pédogenèse de même âge (actuel ou subactuel) et la température identique (autour de 25 °C). Le seul paramètre, qui variait, était la pluviosité qui passait en une centaine de kilomètres de 750 mm/an à 2 600 mm/an. Nous nous trouvions donc pour la première fois sous les tropiques du socle granitogneissique en face d'une pédogenèse dokoutchaevienne. L'étude scientifique réalisée par G. Bourgeon (Thèse, 1991) a montré entre autres :

1. qu'il pouvait y avoir dans certaines conditions à la surface de la terre continuité entre les processus de ferallitisation et fersiallitisation ;
2. que la fersiallitisation, habituellement caractéristique des climats méditerranéens, était à même de se développer dans les régions tropicales à caractère semi-aride ($P < 900$ m.).

Domage que la nature ne nous montre pas plus souvent, notamment dans les zones tropicales, des cas aussi pédagogiques, car cela aurait permis de ne pas avoir recours à la pédologie expérimentale, qui a occupé une grande partie de ma carrière !

Pout terminer ce chapitre, je voudrais dire combien j'ai apprécié de côtoyer des chercheurs aussi passionnés, combien j'ai admiré le travail de recherche qu'ils ont effectué dans des conditions souvent difficiles (climat, maladies, isolement...), enfin combien j'ai admiré leur organisation durant les expéditions où je les suivais sans la moindre appréhension : on était malade, ou on se faisait piquer par un scorpion, on avait les médicaments pour se soigner ; on tombait en panne d'auto ou on cassait le différentiel sur les pistes de brousse, on savait réparer ; on n'avait plus de protéines ou on en avait assez du corned beef habituel, on chassait un phacochère ou un bubal ou encore on se procurait un capitaine sur les bords de la Falémé... ; tout était à l'avenant. Pour eux, les imprévus faisaient partie de la normale, en sorte qu'ils supportaient les événements de leur vie quotidienne avec le plus grand sérieux, mais toujours dans la bonne humeur¹⁹.

Quelle leçon de vie et quel enchantement d'avoir connu de telles ambiances !

L'Association Française pour l'Étude du Sol – Relations avec l'AISS

Il est tout à fait naturel que j'aborde cette question mainte-

18) Pour les gens de ma génération, les Comptoirs Français de l'Inde avaient un parfum exotique inoubliable !

19) Souvenons-nous ce que disait A. Peyrefitte des normaliens : « Ils ont appris la vie et son sérieux, en se moquant du sérieux et de la vie ».

nant, puisque cette société savante est à l'origine de la cérémonie d'aujourd'hui et qu'elle a aussi beaucoup compté dans ma vie (cf. A. Ruellan, M. Jamagne, M.C. Girard, C. Valentin).

Insertion dans l'Association (1967)

Comme pour les argiles, j'ai aussi été intéressé dès le début de ma carrière par cette société savante, qui se préoccupait des sols. Elle avait été très brillante sous l'autorité incontestée de A. Demolon (1934-1944), mais depuis la fin de la guerre elle avait périclité au point de ne plus organiser de sessions scientifiques, en sorte que son existence commençait à poser des problèmes ; ce qui était très fâcheux au moment où on initiait de nouveaux travaux sur les sols, non seulement pour les spécialistes mais aussi pour tous ceux (agronomes, géologues, géotechniciens...) qui avaient besoin de données nouvelles et fiables sur les sols.

J'étais navré de cette situation, et c'est pourquoi j'ai profité du départ de P. Boischoit du secrétariat général et de l'élection de S. Hénin à la présidence pour proposer au Conseil (dont je ne faisais pas partie) de redonner vie à cette société en organisant deux journées scientifiques par an ; ce qui a été immédiatement accepté, à condition que je mette sur pied les journées en question. C'est ce que j'ai fait dès novembre 1967, avec presque à chaque fois un thème. Je me souviens qu'ont été traités ainsi les sujets suivants : le phosphore et le sol (1969), matière organique et humus (1970) où était intervenu le grand spécialiste allemand qu'était W. Flaig, les sols calcaires (1971), les sols forestiers (1974), argiles et sols argileux (1978), apport des méthodes scientifiques (1981), les constituants amorphes du sol (1982) avec la participation de A. Herbillon, qui arrivait de Louvain...

Les communications étaient ensuite publiées, après le passage devant le comité de lecture, dans la revue « Science du Sol » qui venait d'être créée (4 numéros par an), le rédacteur en chef étant J. Boulaine.

À partir de 1979, je suis élu vice-président (Noël Leneuf étant Président) et en 1982 j'en deviens le Président (1982-1986). Je commence par mettre sur pied un bulletin de liaison bisannuel entre tous les membres de l'association qui s'appelle « Lettre de l'association » et dont le 1er numéro est sorti en juin 1982. Depuis, cette Lettre sort régulièrement ce dont je me réjouis pleinement. Mais, très vite, d'autres projets voient le jour, souvent en fonction des circonstances (par exemple A. Ruellan, devenant directeur général de l'ORSTOM, nous a beaucoup aidés) et aussi des dates anniversaires qui tombaient justement à cette période.

La commémoration du Centenaire de la pédologie (1983).

Elle marquait le centième anniversaire de la 1^{ère} édition du livre de V.V. Dokouchaev sur « le tchernozem russe ».

Une journée a été organisée à cet effet, avec différentes interventions de synthèse, qui ont constitué un document intitulé « la pédologie, cent ans après » (Science du Sol, 1984, N° 2).

Il en est ressorti deux conclusions essentielles que je rappelle succinctement :

- la vitrine classique de la pédologie, qui était jusqu'à ces dernières années la classification, ne doit pas masquer les problèmes généraux de l'évolution pédologique au cours des temps, et notamment des temps longs,
- il est malsain dorénavant d'organiser les travaux autour de sous-disciplines séparées et définies à partir des sciences de base : physique, chimie, biologie, minéralogie..., cela étant à l'opposé de l'unité intellectuelle de la science des sols.

Tous ces messages, qui ont été répercutés sur le secrétaire général de l'AISS et ont été ensuite repris lors du Congrès mondial de Science du Sol de Montpellier en 1998, semblent avoir été au moins partiellement à l'origine de la nouvelle organisation de l'Association internationale devenue l'IUSS dans le cadre de l'ICSU au plan international et du COFUSI géré par l'Académie des Sciences au niveau national.

La célébration du Cinquantenaire de la création de l'AFES (1934-1984).

Sans vouloir attacher trop d'importance aux manifestations jubilaires, il est clair qu'un anniversaire de ce type a été une occasion de mieux faire connaître la Science des sols, non seulement des autorités scientifiques et universitaires, mais aussi des professeurs et des élèves de l'enseignement secondaire.

A. Ruellan, Directeur général de l'ORSTOM, nous a aidés intellectuellement et financièrement à réaliser cette opération.

Ce Jubilé a été marqué en 1984-1985 de trois manières :

- une célébration nationale, le 25 octobre 1984, en présence du représentant de Michel Rocard, Ministre de l'agriculture, et du Pr. Hartge, Président en exercice de l'AISS. Elle a été marquée notamment par des interventions de A. Ruellan, S. Hénin,
- G. Millot et moi-même et a fait l'objet d'un numéro spécial des Cahiers de Pédologie ORSTOM (1984-1985, XXI, 2-3),
- un livre jubilaire de 349 pages faisant le point sur les acquis obtenus durant cette période par l'ensemble de la communauté française. Il a été édité par l'AFES et a eu un franc succès,
- enfin et surtout, l'organisation d'une grande Exposition au Palais de la Découverte « Podzols, rendzines et les autres... Connaissez-vous les sols ? ». Elle a été conçue en 5 modules principaux par l'ensemble de notre communauté sous la responsabilité de plusieurs scientifiques : J. Boulaine (le sol épiderme de la terre), G. Bocquier (formation des sols), J.C. Begon et M.C. Girard (distribution des sols), S. Hénin (la terre arable), J. C Favrot (gestion et utilisation des sols). Ces modules étaient présentés sous forme de panneaux accompagnés de cartes, monolithes, dispositifs expérimentaux, diaporamas...

Quant à sa réalisation, elle s'est faite avec l'appui de J. Rose et M. Hulin, Directeurs du Palais de la Découverte, ainsi que de G. de Beaucorps, Directeur technique des Potasses d'Alsace, et grâce à l'action soutenue de J. Servant, V. Eschenbrenner et M.C. Girard.

Cette exposition a beaucoup intéressé les spécialistes, les non-spécialistes et aussi les élèves du secondaire à l'initiative de l'Association des Professeurs de Biologie Géologie (APBG) que présidait alors M. Ulysse.

Je n'en dirais pas plus à ce sujet ; et je passe au dernier élément qui a marqué ma présidence ; il s'agit de la demande en vue de la réalisation d'un rapport général sur la Science des Sols en France, en relation directe avec la célébration du Jubilé.

Rédaction d'un Rapport général sur la Science des sols en France (cf. A. Ruellan, Cl. Cheverry)

Cette mission d'avoir à réaliser un rapport de synthèse sur notre discipline résulte d'une décision prise à l'initiative de A. Ruellan, alors Directeur général de l'ORSTOM, par les diverses autorités de la recherche en France, à savoir l'INRA, le CNRS, l'ORSTOM, le CIRAD, la Direction de la Recherche du Ministère de la Recherche... J'ai accepté cette tâche malgré les lourdeurs et les difficultés qui allaient s'accumuler et je l'ai remis aux Autorités le 24 mars 1986. Depuis, beaucoup de temps a passé et un certain nombre de choses a changé, en sorte que je ne l'écrirais plus aujourd'hui de la même façon. Au demeurant, ma vision reste la même et je ne renie pas certains passages qui ont été difficilement acceptés, non pas par les chercheurs, mais par ceux qui sans autorité particulière détenaient le pouvoir institutionnel. Comme je l'écrivais alors, beaucoup de ceux qui travaillaient dans ce domaine, faisaient plus à ce moment-là de la science sur le sol que de la science des sols.

J'ai quitté la présidence de l'AFES en 1986²⁰ et ai continué à suivre les travaux de cette association, d'autant plus que les quatre derniers présidents de l'AFES ont été d'anciens élèves : D. Tessier (2002-2006), R. Poss (2006-2008), JP. Legros (2008-2011) et maintenant C. Feller, qui a eu l'idée de célébrer ce Jubilé, ce dont je le remercie encore vivement.

Relations avec l'AISS

À ce stade, et comme dans le cas des Argiles, il me reste à dire quelques mots de mes relations avec l'Association Internationale de Science du Sol, qui organise des Congrès internationaux tous les quatre ans. J'ai assisté à beaucoup de ces Congrès, entre celui de 1956 à Paris sous la présidence de A.C. Oudin, que j'ai suivi en tant que chercheur débutant et celui de Montpellier en 1998 organisé magistralement par A. Ruellan qui

20) Il m'a été demandé d'exercer un 2^e mandat ; mais outre que ce n'est pas statutaire, ce n'est pas non plus souhaitable. J'ai simplement fait une année supplémentaire pour clôturer les manifestations du Cinquantenaire.

était président de l'AISS et où j'ai œuvré, lors de sa mise sur pied, en tant que Président du Comité Scientifique.

La plupart de ces congrès m'ont beaucoup apporté dans le domaine de la caractérisation des sols représentatifs en relation avec l'existence à chaque fois de *field trips* bien préparés, mais aussi du fait que j'ai pu faire la connaissance de nombreux scientifiques originaires de différents pays du monde.

Le Congrès qui m'a le plus frappé, peut-être parce que c'était le bout du monde, peut-être aussi parce que j'étais encore jeune, c'est celui qui s'est tenu à Adelaïde (Australie) en 1968. Il a été magistralement organisé – mais nous étions peu nombreux –, par E.G. Hallworth et J.P. Quirk qui deviendra plus tard un ami ; avec traduction simultanée, car en ce temps-là il était tout à fait habituel de présenter des communications en français.

L'excellent souvenir que je garde de ce Congrès tient à plusieurs éléments :

- j'ai été appelé au cours de la session à représenter la France, ce qui m'a permis de côtoyer de grands pédologues et en particulier le vénérable J.A. Prescott qui avait réalisé la première carte des sols d'Australie (1951) et qui était très heureux de rencontrer des Français, lui-même possédant bien notre langue, du fait que tout en étant anglais, il était né à Lille et qu'il y avait passé toute sa jeunesse. Mais j'ai bien connu à cette occasion l'américain M.L. Jackson, les belges R. Tavernier et R. Dudal, le néerlandais P. Buringh, l'allemand U. Schwertmann, les russes I.P. Gerassimov et V.A. Kovda, l'italien F. Mancini²¹, le néo-zélandais M. Gibbs. C'est au cours de ce conseil que j'ai été proposé pour occuper le poste de 1^{er} vice-président de la prochaine commission de Chimie des Sols (1968-1974), rôle que j'ai rempli au Congrès de Moscou en 1974 en l'absence du président,
- j'ai ensuite été choisi par le secrétaire général de l'AISS, le néerlandais F. Van Baren, pour prononcer les remerciements, au nom de tous les pays d'Europe, au cours de la cérémonie de clôture en présence du Gouverneur de South-Australia. Je précise ici qu'il m'avait demandé expressément de m'exprimer en français ;
- j'ai compris enfin combien en science des sols, les données livresques sur la pédologie (dénomination et classification), étaient insuffisantes et pouvaient dans un certain nombre de cas conduire à proposer des interprétations erronées. Cela m'a tellement marqué, qu'après mon expérience dans beaucoup d'autres pays du monde et à la suite d'un nouveau voyage en Australie vingt-cinq ans après (en 1992), où j'ai connu R. Fitzpatrick et discuté avec E. Fritsch alors en affectation ORSTOM, j'ai rédigé dans l'avion de retour un article intitulé « Out of Australia – Note sur les classifications pédologiques », qui a été publié dans notre Lettre de l'Association n° 21 (1992). S. Henin m'a envoyé alors un mot de félicitations, mais cela a

aussi fait grincer des dents à plusieurs autres collègues intéressés avant tout par les problèmes de classification. Dommage car encore aujourd'hui – c'est-à-dire là aussi vingt ans après – mon avis reste en gros le même.

Il y aurait encore beaucoup à dire sur les relations que j'ai eues dans le cadre de l'Association internationale, mais je préfère terminer cette présentation en évoquant rapidement d'autres activités scientifiques.

L'insertion dans l'enseignement universitaire de spécialisation (1965-1996)

Au départ de ma carrière, je n'avais pas souhaité que l'enseignement constitue mon occupation majeure. Ultérieurement, j'ai accepté néanmoins de dispenser des cours de spécialisation – et cela a duré une trentaine d'années –, ceci non pas parce que cela se situait au niveau des 3^{es} cycles, mais pour deux raisons :

- 1) j'enseignai alors ce que je vivais dans mes recherches,
- 2) je m'adressais à des élèves très intéressés par le sujet des cours.

Dans ces conditions, il est de fait que l'enseignement devient un plaisir et qu'il est en outre une aide à la conceptualisation de ses idées.

C'est ce qui s'est produit à partir de 1965, et sur lequel je vais maintenant apporter quelques précisions. Trois périodes peuvent être dégagées :

- la 1^{ère} s'étend de 1965 à 1984 et se situe dans le cadre de la formation ORSTOM Pédologie, où j'ai succédé à S. Henin dans le cours de « Minéralogie des argiles et constituants secondaires des sols²² ». Ce cours basé sur les travaux de V.M. Goldschmidt et L. Pauling m'a passionné du fait que j'ai eu – et j'ai toujours –, un faible pour la cristallographie. En dehors des chercheurs de l'ORSTOM (pédologues, géologues, géographes, ...), ce cours a été suivi aussi par les ressortissants étrangers de l'ORSTOM venant de tous les pays tropicaux et en même temps par bon nombre d'étudiants français s'intéressant à cette question ; beaucoup sont aujourd'hui dans cette enceinte et je suis heureux de les retrouver (cf. C. Feller, J.C. Leprun, J.P. Legros) ;
- la 2^e période qui correspond aux années 1969-1984, se situe dans le cadre du 3^e cycle de géologie dynamique-option pédologie de l'Université Paris VI associé à cet effet avec l'Agro (B. Géze) et l'ENSA de Grignon (J. Boulaine). J'ai dispensé un cours nouveau sur « la géochimie des phénomènes pédologiques » basé sur mes travaux expérimentaux et les interprétations générales qu'on pouvait en dégager au niveau de la science pédologique. Ce cours était destiné aux élèves du 3^e cycle et aussi à tous les élèves-pédologues de l'ORSTOM. Naturellement, il a été renouvelé chaque année au

21) F. Mancini, ancien professeur de pédologie à l'Université de Florence, est aussi vice-président de l'Accademia dei Georgofili, dont j'ai l'honneur de faire partie depuis 1999.

22) 3 élèves de la 1^{ère} promotion, qui sont devenus des amis, sont dans la salle : P. Brabant, B. Le Buanec, J.C. Leprun.

fur et à mesure de l'avancée de mes travaux expérimentaux et des études de terrain effectuées dans le cadre de thèses de doctorat²³. Ce type de formation a persisté jusqu'en 1984 où en fonction des nouvelles directives en provenance du Ministère de la Recherche, il y a eu création des DEA et disparition des enseignements spécifiques comme ceux de l'ORSTOM par exemple ; et c'est ainsi qu'on en arrive à la 3^e période ;

- la 3^e période correspond à la création d'un DEA national de Pédologie, qui a été décidé en 1985 par le Ministère sur proposition de D. Nahon, alors Chargé de mission au service de l'enseignement supérieur, DEA dont il m'a confié la direction jusqu'en 1991 ; il regroupait les Universités de Paris VI, Nancy I et de Franche-Comté (Besançon) de concert avec l'INA Paris-Grignon.

J'ai alors complètement réorganisé l'enseignement de la science des sols à ce niveau, ce qui a conduit, dans mon cas, à abandonner mon cours sur la minéralogie des argiles qui a été confié à A. Herbillon, alors directeur du Centre de Pédologie Biologique de Nancy (CNRS).

En revanche, j'ai mis au point deux nouveaux cours :

- un qui s'est appelé « Pédologie globale » qui avait pour but de montrer aux élèves que tout pouvait être coordonné en science des sols : les processus biogéochimiques de la pédogénèse, leur expression morphologique dans la nature avec les notions de type de sols et de systèmes-sols, enfin leurs rapports avec les problèmes de spatialisation qui sont fondamentaux en vue de la cartographie des sols,

- le second était intitulé « Géographie des sols ». Il comprenait deux parties, la première étant consacrée à l'étude des paramètres conditionnant la situation pédologique actuelle, à savoir l'histoire géologique des divers continents, ainsi que leurs caractéristiques climatiques et paléoclimatiques. Quant à la 2^e partie, elle portait sur la compartimentation pédologique du globe avec trois grands chapitres : les sols péripolaires, les sols des latitudes moyennes en distinguant les différents fuseaux : central (continental), occidental et oriental, enfin les sols des basses latitudes (zones intertropicales).

Après 1992, ne pouvant plus être renouvelé pour 4 ans en raison de ma prochaine mise à la retraite (1994), j'ai laissé la direction du DEA national à A. Herbillon ; j'ai continué cependant à dispenser ces 2 cours durant 2 ans encore, jusqu'à ce que l'administration universitaire m'interdise de poursuivre mes

23) Outre les séries de conférences sur ce sujet que j'ai données en plusieurs endroits (Montpellier, Poitiers, Strasbourg, Gand, Neuchâtel, Florence, Lausanne, Salamanque, Saint Jacques de Compostelle...), l'ensemble du cours de pédogéochimie a été délivré :

- dans le cadre de la préparation à l'agrégation de l'Ecole Normale Supérieure de Saint-Cloud ; c'est d'ailleurs là que j'ai fait la connaissance de mon confrère R. Blanchet, qui est devenu ensuite Recteur de l'Université de Paris ;

- au titre du DEA de Pédologie de l'Institut Agronomique Hassan II (Rabat - Maroc) à deux reprises (1980-1983), où j'ai eu comme élève M. Badraoui, plus tard lui-même Professeur de Science des Sols et actuellement Directeur général de l'INRA Maroc.

enseignements ! Tout a donc bien une fin ici-bas ; heureusement ce n'est pas le cas des institutions académiques dont je vais dire quelques mots maintenant.

Une fin de parcours académique

Au crépuscule de ma carrière, période qui s'est quand même étalée sur vingt-cinq ans, j'ai participé (et je continue à participer), aux travaux et à la vie de trois Compagnies académiques nationales. J'ai en effet été introduit à l'Académie d'Agriculture de France en 1978 à l'instigation de S. Henin et A. Cauderon, à l'Académie des Sciences en 1987 sous la houlette de G. Millot et A. Cauderon et enfin à l'Académie des Technologies, issue de l'Académie des Sciences (CADAS), créée en l'an 2000, sur proposition des secrétaires perpétuels P. Germain et F. Gros²⁴. Mais je connaissais, comme tous les chercheurs d'alors, l'existence des académies, car il était d'usage en ce temps-là de publier les résultats les plus originaux dans leurs Comptes-rendus respectifs ; cela a été vrai en particulier pour moi dans les Comptes-rendus de l'Académie des Sciences qui, étant hebdomadaires, permettaient aux auteurs de prendre date rapidement dans une publication très appréciée tant en France qu'à l'étranger. Encore fallait-il que la note soit acceptée, ce qui impliquait de faire une visite à un membre concerné par ce secteur scientifique et de lui remettre le texte²⁵, celui-ci après lecture, explication et éventuellement expertise, acceptait ou non de la présenter. C'est ainsi que ma première note a été déposée le 1^{er} juin 1957, que j'en ai soumis ensuite un certain nombre durant ma carrière de chercheur, avant d'avoir à en déposer à mon tour au nom des différents chercheurs de science des sols et des argiles.

Mais je ne me suis pas contenté de promouvoir les nouveaux résultats de la science à travers des publications de haut rang, j'ai participé aussi aux différents travaux concernant une Académie : séances hebdomadaires, commissions de prix, comités statutaires (cf. Hélène Paquet), rapports scientifiques, colloques, cérémonies anniversaires²⁶... À l'Académie d'Agric-

24) Je remercie chaleureusement les confrères et amis qui m'ont fait l'honneur d'assister aujourd'hui à cette Journée :

- Académie des Sciences : Ph. Taquet, vice président de l'Académie, J. Dercourt Secrétaire perpétuel honoraire, J.L. Le Mouel et G. de Marsily de la Section des Sciences de l'Univers et H. Decamps de la Section de Biologie intégrative.

- Académie d'Agriculture de France : J.C. Mounoulou, ancien président, L. Gueguen secrétaire de la Section des sciences physicochimiques, R. Fauck et naturellement C. Feller, A. Chauvel et D. Tessier.

- Académie des Technologies : J.P. Causse.

25) J. Wyart, J. Bourcart, J. Orcel, G. Millot étaient membres de l'Académie des Sciences ; S. Henin, G. Barbier, G. Aubert... faisaient partie de l'Académie d'Agriculture de France.

26) Sans oublier la science des sols. Cf. par exemple le Rapport RST « Cycles biogéochimiques et écosystèmes continentaux », 1 document, 427 pages, 2007. EDP et la note sur « les sols » intégrée dans le « Livret pour l'Environnement » de l'Académie des Sciences, 2011.-

culture, j'ai même eu à prendre à deux reprises des responsabilités, puisque j'ai assumé la présidence en 1992-1993 et occupé la charge de Secrétaire perpétuel de 1998 à l'âge-limite correspondant à mes 75 ans (2004).

J'ai rempli toutes ces tâches avec beaucoup de plaisir, ce genre de Compagnies pérennes et indépendantes, conduisant à rassembler des spécialistes de grande compétence, mais qui savent en général dépasser leur spécialité, en sorte que leur identité n'est pas seulement assurée par leur appartenance disciplinaire.

Cela est vrai au sein d'une même Académie, mais c'est encore plus manifeste quand plusieurs Académies sont agrégées dans le cadre d'une même institution (c'est le cas de l'Institut de France), ou encore lorsqu'elles souhaitent avoir des relations régulières de travail, ainsi que cela se produit dorénavant, à l'initiative du Secrétaire perpétuel J. Dercourt, entre l'Académie des Sciences et d'autres Académies auxquelles j'appartiens, à savoir l'Académie d'Agriculture de France et l'Académie des Technologies²⁷.

Au total, la participation aux Académies m'a beaucoup apporté, en me permettant de me tenir au courant de l'avancée de la science dans tous les domaines et en même temps de pouvoir échanger dans une ambiance très amicale avec des confrères appartenant à d'autres disciplines :

- au départ, c'était des confrères chevronnés, des Maîtres que je ne connaissais que par leur renom. Je pense par exemple, du fait de mes relations de voisinage en salle des séances de l'Institut : devant moi, les mathématiciens célèbres de l'École Bourbaki : H. Cartan, J. Dieudonné, L. Schwartz, G. Choquet qui se comportaient souvent comme les normaliens qu'ils avaient été ; à ma gauche, sur la même rangée les grands médecins : J. Bernard, J. Hamburger, J. Dausset... les deux premiers membres de l'Académie Française et le troisième prix Nobel de Médecine 1980 et, à ma droite, des confrères prestigieux des Sciences de l'Univers : J. Coulomb et J.F. Denisse entre autres, qui ont assuré les premières présidences du CNES,

- depuis quelques temps, comme c'est moi qui ai les cheveux blancs, je vois arriver des jeunes confrères ayant fait des découvertes fabuleuses et qui ont de ce fait complètement renouvelé leur discipline.

De toute manière, les relations entre académiciens sont telles que la plupart du temps les confrères deviennent vite des amis, et je dirais même – ce qui est réconfortant –, que les Académies conduisent à faire naître des amitiés aussi profondes que celles qu'on se fait du temps de sa jeunesse.

Il y aurait encore beaucoup à dire dans le cadre de mes activités académiques, mais ce n'est pas le moment de m'étendre à cet instant sur ce sujet.

27) Indiquons que pour le Roi, les diverses Académies royales ne formaient qu'un seul ensemble, en sorte que Louis XIV avait décidé dès 1699, c'est-à-dire bien avant la création de l'Institut de France par la Convention en 1795, qu'elles devaient être logées les unes à côté des autres au Louvre même.

Je souhaiterais simplement évoquer ma participation au Conseil Scientifique de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques (OPECST), où j'ai été désigné au titre de l'Académie des Sciences en 1998 par le Secrétaire perpétuel J. Dercourt, en même temps que Hubert Curien, Michel Petit et Axel Kahn.

L'Office a été créé par les parlementaires d'origine scientifique (députés et sénateurs à parité), car ceux-ci ont beaucoup de mal à se faire entendre de leurs collègues et à convaincre les politiques-type de l'importance à notre époque des aspects scientifiques émanant de beaucoup de problèmes de sociétés.

Le conseil scientifique mis en place avait donc pour mission essentielle d'essayer de bien définir les problèmes en question et ensuite d'apporter à l'Office des réponses argumentées. Je garde un très bon souvenir de nos contacts avec les parlementaires scientifiques, qui avaient d'excellentes relations avec nous mais aussi entre eux, qu'ils appartiennent à la majorité où à l'opposition, ce qui est tout à fait réconfortant au plan du bon fonctionnement d'une société démocratique. J'ai rempli cette mission jusqu'en 2007, année où j'ai pensé qu'il était plus raisonnable de laisser ma place à des confrères plus jeunes.

Ainsi se termine cette présentation axée, en ce jour, sur le contexte qui a présidé à mes diverses activités professionnelles. Il ne me reste plus maintenant qu'à dire quelques mots en guise d'épilogue.

ÉPILOGUE

Au terme d'une carrière de près de 60 années qui m'a entièrement comblé dans la mesure où elle m'a apporté ce que j'attendais et où elle m'a permis de mener une vie scientifique sereine et tout à fait remplie dans le domaine des argiles et des sols, j'aimerais pour conclure faire quelques brefs commentaires sur deux points :

- d'abord à propos du thème sur lequel j'ai choisi de m'investir dès le départ, puis de continuer à travailler durant toute ma carrière sans dispersion notable ; c'est ainsi que je ne me suis pas occupé à proprement parler d'agronomie, de matière organique des sols, et encore moins des organismes vivants telluriques, tout en étant conscient du rôle fondamental que ces éléments pouvaient avoir dans la genèse et le fonctionnement des sols²⁸. Mais la vie d'un homme n'est pas suffisamment longue pour pouvoir appréhender à fonds tous les domaines qui sont susceptibles d'intervenir en vue de la résolution, même partielle, d'un problème donné ;
- ensuite sur l'ensemble des conditions qui ont présidé au développement des recherches dans le secteur qui m'a concerné.

28) C. Feller et Claire Chenu ont apporté dans l'après-midi de ce Jubilé beaucoup de données au sujet des matières organiques.

1. Je souhaiterais dire en premier que, si j'ai pensé retenir dès le départ ce thème de recherche, c'est tout simplement parce que j'avais l'impression qu'il permettrait de faire progresser nos connaissances dans le domaine de la science des sols, et notamment de la pédogenèse, tout en m'apportant un certain épanouissement en relation avec mes goûts et mes aptitudes ; et ce, sans penser le moins du monde à ce qu'il pourrait devenir plus tard. Au demeurant, j'étais dès cette époque pleinement conscient que ce secteur ne faisait pas partie des domaines considérés comme nobles en Sciences de la Terre :

- les sols étaient en effet constitués de matière meuble, donc difficile à appréhender, alors que les sciences géologiques s'intéressaient principalement aux roches cohérentes (endogènes et sédimentaires) ainsi qu'aux fossiles,
- les argiles attiraient peu les minéralogistes et encore moins les cristallographes, qui préféraient s'occuper des phyllosilicates cristallins ; pour eux, les argiles représentaient des constituants minéraux quelque peu « sous-développés »,
- enfin, les phénomènes caractéristiques de la biosphère de surface faisaient partie des événements discrets de la nature, donc ordinaires, alors que le monde a tendance à s'intéresser surtout aux effets des grandes catastrophes d'origine interne, tels les séismes, les tsunamis et les éruptions volcaniques. De plus, ces phénomènes de surface correspondent du point de vue chimique à des évolutions très lentes et, de toute façon, beaucoup trop longues, pour songer à obtenir des résultats indiscutables dans un laps de temps raisonnable. Seules les études des phénomènes magmatiques et hydrothermaux étaient alors à l'ordre du jour.

Or, il se trouve qu'avec le temps qui passe, tout ceci a bien évolué et que ces différents secteurs intéressent aujourd'hui beaucoup plus la science qu'autrefois :

- ainsi la formation des sols constitue un processus majeur de la géodynamique externe et de la minéralogie environnementale, en rapport plus spécialement avec des phénomènes comme :
- l'érosion des continents,
- la dégradation des sols suite à l'accélération de la pression anthropique,
- et, d'une façon générale, avec les problèmes d'environnement.

La meilleure preuve de ce constat est que l'Académie des Sciences elle-même va organiser en mars prochain (2012) un Colloque consacré à « Érosion et altération : des mécanismes élémentaires aux conséquences géodynamiques ».

Par ailleurs, le sol représente aujourd'hui un prototype reconnu de ce qu'on appelle avec P.G. de Gennes, la matière divisée²⁹. Il suffit pour s'en rendre compte de voir la place qu'il occupe dans l'ouvrage rédigé récemment sous la direction d'Étienne Guyon et intitulé : « Matière et Matériaux », (2010, Ed.

29) P.G.G. disait souvent « un milieu granulaire n'est ni un solide, ni un liquide, ni un gaz, mais un peu des trois suivant les circonstances ».

Belin) avec la participation de notre ancien président Roland Poss.

À côté de cela, les argiles, en raison de leur dimension submicrométrique, appartiennent aujourd'hui au nanomonde (< 0,1 μm = 100 nm à la frontière de l'ordre et du désordre), si à la mode aujourd'hui et dont vous parlera Claudine Noguera cet après-midi³⁰.

Enfin la chimie de basse température (20-100 °C), dite « chimie douce » ou « chimie verte », montre aujourd'hui sa grande aptitude à engendrer toute une série de nouveaux constituants minéraux et organominéraux.

On peut à ce stade se rendre compte d'une telle évolution en examinant le libellé actuel des chaires du Collège de France, dont on sait qu'elles sont renouvelées en permanence en fonction de l'avancement de la science (et des lettres aussi naturellement). Au début de ma carrière, les chaires des sciences de la matière s'intitulaient par exemple « physique théorique », « physique atomique », « chimie nucléaire » et faisaient apparaître des noms très prestigieux tels Maurice de Broglie, Frédéric Joliot, Louis Leprince-Ringuet ; en géologie, il s'agissait de la géotectonique de la Méditerranée avec P. Fallot. Aujourd'hui, il reste encore une chaire de « Physique quantique » avec notre confrère S. Haroche, mais à la suite des succès de P.G. de Gennes, prix Nobel de physique en 1991, les nouvelles chaires dans ce secteur sont intitulées : « physique de la matière molle », « chimie douce », « chimie des matériaux hydrides »...

Vous comprendrez ainsi aisément combien tout ceci est loin d'être déplaisant pour une personne comme moi qui s'est investi, en toute innocence et en dépit de certaines contraintes, dans ces différents domaines depuis le début de sa carrière. J'ai donc eu simplement la chance de tomber au bon moment ; ce qui confirme les conceptions d'Hippolyte Taine, qui fait du « moment », un des trois facteurs clés de la réussite de tout projet humain (cf. A.B. Delmas).

2. La nature du thème choisi a donc eu une influence favorable dans le déroulement de ma carrière, mais le développement dans l'harmonie de ma vie professionnelle tient aussi à beaucoup d'autres éléments ; et ce sera ma deuxième conclusion :

- tout d'abord, et que ce soit au laboratoire ou sur le terrain, j'ai eu le plaisir de travailler avec des partenaires enthousiastes, et même souvent passionnés. C'est à mon avis le premier élément qui entre en ligne de compte dans toute activité de recherche. Comme à cet instant, je ne peux qu'en citer un, je pense spécialement à Marcel Jamagne que tout le monde connaît ici,
- en deuxième lieu, j'ai œuvré au sein d'équipes à dimension humaine dans des laboratoires où toutes les portes restaient ouvertes et où la discussion des résultats se faisait en réfléchis-

30) Ce sont des nanomatériaux modernes au passé millénaire. On dit aussi que ce sont des PONM (Poorly ordered nanominerals).

sant à haute voix, suivant la méthode socratique à laquelle je suis très attaché. Il en était de même sur le terrain, que cela soit en France ou au fin fond de la brousse la plus lointaine, - ensuite, j'ai eu la chance la plupart du temps d'effectuer mes activités dans de beaux environnements liés, soit au cadre architectural (Parc du Château de Versailles sous l'aile de Louis XIV, Vieille Sorbonne à l'ombre de Richelieu, Institut de France sous l'égide de Mazarin, par exemple), soit tout simplement à des paysages naturels parfaitement authentiques, - enfin – et c'est probablement la chose la plus importante – j'ai eu le privilège de connaître une ambiance familiale, à la fois affectueuse et sereine ; je ne remercierai donc jamais assez ma famille qui m'a tellement comblé.

Et voilà, Chers amis et ma chère famille, après une ultime pensée pour la mémoire de J. Bourcart, S. Hénin, J. Méring et G. Millot qui nous ont quittés et après un dernier regard vers ma terre natale qui n'est plus³¹,

« It was my way »

pour reprendre les paroles de la mélodie très connue de Frank Sinatra, qui fut un chanteur célèbre du temps de ma jeunesse. Souvenez-vous :

*« And now, the end is near,
And so I face the final current,
My friends, I say it clear... »*

Bien, j'arrête là et vous remercie tous du fond du cœur !

Georges PÉDRO

31) Mon arrière grand-père alsacien a quitté définitivement Colmar et s'est installé après 1871 à L'Alma en Algérie (cf. C. Feller), parce qu'il voulait avant tout rester français. 90 ans plus tard, sa fille aînée, ma grand-mère, a dû, à son tour, quitter L'Alma, parce que la présence des français était devenue indésirable dans ce pays. Quel cycle infernal !!!