

Apport de la pédologie à la géologie de la surface

Georges MILLOT

*Institut de Géologie
1, rue Blessig, 67084 Strasbourg*

Je vais plaider que les relations tissées entre les Pédologues de l'O.R.S.T.O.M. et les Géologues, en France, ont fortement marqué notre communauté des Sciences de la Terre.

Mais, et vous l'avez souligné tout à l'heure, les liens de consanguinité entre les Pédologues de l'O.R.S.T.O.M. et de l'I.N.R.A., et ceux de divers labos, des Écoles, du C.N.R.S. et des Universités sont tels que je m'adresse à la famille des pédologues dans son ensemble. De plus, je ne citerai pas de noms propres. Vos travaux sont si nombreux et si importants que plusieurs lacunes seraient inévitables.

Il ne s'agit pas, pour moi, de décerner des compliments, mais de vous dire comment je vois les grandes lignes du Renouveau, que la Géologie vous doit à vous, pédologues, tous plus ou moins à la fois disciples de nos trois Maîtres : Georges AUBERT, Philippe DUCHAUFOUR et Stéphane HÉNIN.

Introduction

Dans le passé que j'ai vécu comme étudiant, la Pédologie était inconnue des Géologues communs. Elle ne prenait aucune place dans l'enseignement. Il est sûr que mon exemple est archaïque, puisque j'ai fait mes études avant la guerre, mais entre la Propédeutique et l'Agrégation, je n'ai jamais entendu parler de sols.

Je ne sais à quelle vitesse cette situation a changé, mais aujourd'hui, il est clair que, grâce aux pédologues, de nouveaux objets entrent dans le champ d'étude des Sciences de la Terre. Ces objets, les sols, se trouvent à une extrémité du cycle géochimique, à l'opposé de l'enfouissement par subsidence ou subduction. Et ces objets sont à la frontière de la biosphère et de l'atmosphère.

Cela est d'une grande importance pour le géologue. Le cycle géochimique serait aujourd'hui incompréhensible sans votre contribution.

Je regarderai l'influence des travaux des Pédologues sur les Sciences de la Terre par rubriques successives, sans prétendre que tout soit envisagé. Je vous présente un essai.

1. NOUVEAU REGARD SUR LES PHÉNOMÈNES D'ALTÉRATION

Altérations et Sols

Si le géologue ignorait les sols, il envisageait les altérations sans le secours de ces derniers. Il était tout à fait content de voir, distingués dans les traités, le profil pédologique et la zone d'altération. Il ignorait le premier et raisonnait sur la seconde. En fait, cette frontière n'existe pas. La pénétration des racines ou des termites à 10, 20 ou 30 m de profondeur, est un exemple qui montre que la vie des sols pénètre profondément les altérites.

Autre exemple, l'un d'entre vous a trouvé des cutanes à 120 m de profondeur, à la base du profil d'altération ferrallitique de Conakry, où fut défini l'iso-volume. Et cela trahit le lessivage dès le front d'altération.

Vos travaux ont montré, d'une manière croissante, le rôle de la vie, des matières organiques et des restructurations proprement pédologiques dans l'altération elle-même. Nous ne savons plus si nous devons dire « couverture pédologique » ou « couverture d'altération », pour désigner ce manteau transformé à partir des roches mères. Si les structures, et donc les volumes, sont conservés dans la zone inférieure où les altérations hydrolytiques dominent, si le sommet des profils voit des remaniements considérables des structures et des pertes de volume, il nous faut tirer la leçon que voici : « Dans une couverture unique (pédologique ou d'altération, selon le vocabulaire de chacun), interfèrent les phénomènes d'altération proprement hydrolytique (ou géochimiques ?) et les phénomènes proprement pédologiques ». Et c'est sous votre influence que les géologues s'instruisent de cette interférence.

2. NOUVEAU REGARD SUR LA SÉDIMENTATION

Tout géologue attribuait la matière sédimentée à l'érosion du continent : matière en solution, matière figurée, minérale ou organique en suspension. Mais il négligeait qu'une part importante de ce matériel avait été touchée et, parfois, gravement transformée par la Pédogenèse. Aujourd'hui, de nombreux travaux cherchent à reconstituer, dans l'étude des sédiments, la nature des climats contemporains de leur dépôt. Et certains géologues marins, enregistrent, dans les carottes prélevées par forage en mer, les oscillations climatiques du continent.

Il ne faut naturellement rien exagérer, comme on en fut tenté naguère, en disant que toute la matière des sédiments est de nature pédologique originelle. Existente aussi les produits de l'érosion directe des chaînes et des continents, par les glaciers, les torrents, etc. On doit y ajouter l'apport direct des volcans, soit par la voie aérienne, soit par la voie sous-marine.

Mais l'affaire rebondit. Car les modèles pédologiques sont maintenant utilisés pour rendre compte de la sédimentation dans les grands fonds océaniques, loin des apports des continents. On nous dit que les argiles rouges des grands fonds sont entièrement néoformées, ce qui est tout le contraire de ce que nous avons appris. Et ces argiles nourrissent les nodules ferrugineux sous-marins, parfois précieux parce que polymétalliques. On nous décrit, dans ces grands fonds, les altérations du matériel biologique ou volcanique sédimenté et des migrations et nodulations dans les profils sous-marins. On parle de pédogenèse sous-marine dans ce cas et dans d'autres.

Ici encore, le géologue devra être prudent. Les formules analogiques imaginées sont utiles mais, dans ces phénomènes sous-marins, il sera convenable de faire une liste des analogies en question. Puis, il sera bon de distinguer ce qui n'est vraiment qu'analogie, par ressemblance ou convergence, de ce qui est vraiment homologue par unité de mécanisme. Dans ce dernier cas, se trouve la néoformation des montmorillonites ferrières et nontronites des grands fonds.

Voici divers chantiers où vos travaux précèdent et éclairent ceux des géologues. On pourrait dire de même, pour rendre compte de la chimie des eaux des sources, des nappes, des lacs, des bassins évaporatoires, etc.

3. LES SYSTÈMES GÉOCHIMIQUES DE TRANSFORMATION

Vous nous avez fourni des modèles de transformation de la nature et de la structure de vos couvertures pédologiques, qui sont transposables à nos propres objets d'étude :

(1) Je pense aux modèles verticaux qui appartiennent à toute la tradition de votre discipline, avec l'organisation d'horizons, au sens étymologique du mot. Je pense aux modèles latéraux, reconstitués le long des versants et dont vous avez minutieusement décrit les étapes de transformation.

(2) Ici ne sont évoquées que les transformations dans l'espace. Mais vous avez pu les étudier dans le temps. Vous avez pu démontrer les systèmes de transformation « autorégulés », qui évoluent par leur jeu spontané, tandis que les conditions externes, climatiques, tectoniques ou autres restent constantes. Comme une forêt qui secrète elle-même les chemins de son extension ou de sa mort, le système évolue par lui-même. C'est le système biogéodynamique autonome. Mais il en est aussi qui sont assistés ou hâtés par le changement du milieu. Parmi ces derniers, vous avez décrit les déséquilibres pédobioclimatiques, engendrés par changement climatique ou tectonique ou hydrographique. Si tel ou tel des facteurs externes franchit un seuil, la couverture « tombe » en déséquilibre et change de nature, de structure et de dynamique.

(3) Plus généralement, dans les systèmes de transformations pédologiques, vous avez montré que marchent de pair, construction et destruction. On pourrait faire une analogie avec un organisme qui abrite constamment anabolisme et catabolisme. A chaque instant, minéraux ou structures se détruisent, mais nourrissent ici ou là, à toutes les échelles, minéraux et structures nouvelles. Et ainsi de suite. Et avec patience, vous reconstituez la suite ordonnée des organisations dans leur nature et leurs structures. Vous avez agi de même pour la matière organique et, aujourd'hui, pour les organisations organominérales. Quand les constructions l'emportent, profils, couvertures, cuirasses, systèmes s'édifient. Quand les destructions dominent, le système se dégrade et l'on peut en interpréter les reliques. Vous décrivez même des systèmes qui se dégradent à un bout ou à leur sommet et se construisent à l'autre bout ou à leur base, tout en sachant qu'un système qui se dégrade en élabore un autre. Vous parvenez à la reconstitution synchronique et diachronique des structures successives.

Tous ces raisonnements sont précieux pour nous qui travaillons, à plus grande profondeur, les altérations sous couverture ou diagenèses de nappe, la diagenèse en général, les altérations hydrothermales et nombre d'accumulations minérales.

4. NOUVEAU REGARD SUR LES ACCUMULATIONS MINÉRALES, EXOGÈNES OU MÉTÉORIQUES

Nous tendons ici la main à la Métallogénie. Vous avez tous les exemples à la pensée : cuirasses ferrugineuses, cuirasses bauxitiques, gisements de nickel, gisements de manganèse, croûtes calcaires dont certaines recèlent des terres rares, dalles siliceuses dont certaines sont métallifères. Vous fournissez aux géologues toute une série de modèles, où des métaux en petite quantité sont mobilisés pour aller se piéger ailleurs ou, au contraire, accumulés sur place, en raison de la mobilité plus grande des autres.

Aucun des progrès faits en France, en Métallogénie de surface n'aurait pu être accompli sans les progrès de votre discipline.

Nombre de systèmes d'accumulation privilégient un élément, sinon un minéral, plutôt que les autres. Peu à peu, le système soumis aux agents météoriques tend vers ce que j'appelle le statut monominéral. Plus il en est proche, plus riche est le gîte. Vous avez défini l'accumulation relative d'un élément par départ des autres constituants. Vous avez défini l'accumulation absolue par apport, mais on en a vu bientôt, au moins deux modalités. D'abord, l'accumulation absolue par remplissage de vides. Puis, vous avez permis d'illustrer le deuxième mécanisme, celui de l'épigénie, par remplacement isovolume. Et dans les systèmes météoriques, se multiplient les exemples : épigénies calcaires, épigénies ferrugineuses ou siliceuses, épigénies manganésifères ou nickélifères, etc.

Tous ces mécanismes sont applicables à nombre de gîtes météoriques, mais aussi à des gîtes sédimentaires nourris dans la diagenèse par circulation de fluides. Tout progrès dans une discipline a son écho dans sa voisine.

5. PRÉPARATION DE L'ÉROSION. FORMES DU RELIEF. APLANISSEMENTS

Les livres nous ont toujours dit que l'altération préparait l'érosion des continents. Oui, mais comment ? Vos travaux sur les couvertures pédologiques ou couvertures d'altération ont fait progresser ces questions. Je ne fais qu'énumérer. Ont été expliqués par vos systèmes, des dépressions au cœur de certains plateaux, la genèse d'un chevelu fluvial, le changement de pente d'un glacis, la dépression annulaire autour des inselbergs, la rectification des modelés cuirassés, la rectification des paysages encroûtés, l'abaissement des interfluves dans une pédiplaine, menant à la coalescence des glacis, les aplanissements généralisés, menant aux paysages de Sahel, puis de désert. Plusieurs chapitres de la genèse des formes du relief sont visités par vos travaux sur les évolutions internes, puis superficielles, des couvertures. On remarquera qu'au fur et à mesure qu'on marche des pays humides vers les pays arides, on favorise le latéral vis-à-vis du vertical, le superficiel vis-à-vis de l'interne, le particulière vis-à-vis de la dissolution, l'ablation mécanique de surface vis-à-vis des hydrolyses hypodermiques. Autant de vues fertiles qui s'offrent à nous.

6. GÉOLOGIE HISTORIQUE

Je terminerai par une vue plus générale encore : le rôle du progrès de la Pédologie en Géologie historique. Ici vient la compréhension meilleure des paléoaltérations et des paléosols, souvent inclus dans la colonne

stratigraphique. Certaines formations calcaires, siliceuses ou autres, prises pour des sédiments, se révèlent être d'anciennes accumulations pédologiques. On débouche sur la Paléoclimatologie, encore que les géologues doivent travailler avec prudence pour ne pas déduire d'une manière caricaturale un climat et un paysage à partir de modestes reliques, difficiles à interpréter. Mais le travail avance.

Je citerai une entreprise intéressante que certains d'entre vous appellent la « continentalisation » des couvertures sédimentaires. Quand une formation sédimentaire est altérée sur toute sa hauteur, elle devient méconnaissable. C'est ainsi que le Continental terminal, en maintes régions d'Afrique, a été pris pour un sidérolitique remanié, alors qu'on a pu montrer qu'il s'agissait de couches sédimentaires marines, intensément transformées sur place par les altérations et la Pédogenèse. Si l'on veut bien ne pas généraliser abusivement, un raisonnement nouveau est à notre disposition.

Enfin, j'évoquerai la semelle des grandes transgressions sédimentaires. Il est très fréquent que ces transgressions anciennes s'avancent sur d'immenses surfaces aplanies et, parfois, sans formations détritiques significatives à leur base. Il est clair que plusieurs origines peuvent expliquer de telles semelles aplanies sur de vastes espaces : origine glaciaire, surfaces structurales exondées, vastes complexes deltaïques, bassins d'accumulation continentaux, etc. Mais une nouvelle manière de voir nous est offerte, si nous pouvons montrer que certaines de ces semelles des transgressions sont le résultat d'aplanissements de type météorique et pédologique.

Conclusion

D'autres résonances seraient à entendre. Vous avez contribué et vous contribuez, dans les Sciences de la Terre, à éclairer les chapitres que j'ai évoqués : Altération, Sédimentation, Hydrochimie, Systèmes de transformation, Diagenèse, Métallogénie, Géomorphologie, Paléoclimatologie, Géologie historique, et cette liste pourrait se bigarrer. Cette contribution vient tout simplement de ce que vous avez « la garde » du pôle superficiel du cycle géochimique et que, si vous le comprenez mieux, vous nous éclairez.

Je vous en remercie au nom des Sciences de la Terre, où j'ai eu quelque responsabilité pendant 15 ans. Et c'est la raison pour laquelle les Sciences de la Terre, tout en se réjouissant de votre position frontière entre Géologie et Biologie, vous ont fermement reconnus et aidés.

Je remercie aussi M. Georges AUBERT qui fut votre chef pendant plusieurs décennies. Au cours de cette période, j'ai vu opérer cet homme infatigable. Et j'ai deux petites choses à ajouter sur son cas.

La première est que tout ce que cet homme a appris et trouvé, il l'a toujours distribué aux autres. Il n'a rien gardé pour lui. Nous lui avons souvent dit que nous regrettions qu'il ne rédige pas tel ouvrage d'ensemble que nous souhaitions. En effet, dans sa passion de voir, d'expliquer, de témoigner dans les réunions et congrès, de soigner la famille croissante qu'il dirigeait, il restait peu de temps pour le labeur bénédictin. Mais, par les tournées, par l'enseignement, par son prodigieux courrier nocturne, tout ce qu'il savait, il l'a donné. Et ce n'est pas rien.

Le deuxième trait est aussi précieux. Il était normal qu'au départ, le pédologue mis au travail disposât d'un code, d'un langage. C'est la classification AUBERT et DUCHAUFOUR, améliorée, au fil des ans, par votre contribution. C'était indispensable. En effet, on discute depuis des siècles sur le fonctionnement des sociétés : le rôle démocratique de la base, avec ses assemblées et ses majorités; le rôle exigeant des responsables, élus pour un temps. Et de l'équilibre de ces deux pouvoirs, dépendent l'équité et l'efficacité. Mais ce qui est trop souvent oublié, dans le tiraillement des originalités, c'est qu'aucune société ne peut vivre sans le secours de « contrats provisoires respectés de tous ».

Telle fut cette classification : votre « *contrat social* ».

Mais, dans le même temps où Georges AUBERT veillait, comme on l'a dit, sur ce contrat et en maintenant le respect, il respectait l'avenir et chacun de vous. Il a facilité et accepté, au fur et à mesure, avec une ouverture critique mais patiente dont j'ai été le témoin, tous les travaux analytiques et génétiques qui se préparaient à changer le contrat, ce qui se fit et se fait peu à peu. Convaincu de la nécessité de ces entreprises nouvelles, convaincu du respect nécessaire du code provisoire, Georges AUBERT a vécu sans discours cet équilibre entre ouverture et cohérence. Ce n'est pas facile et ce fut fait.

Tels sont les deux traits que je souligne à titre de cousin et de témoin, amical et reconnaissant. *J'ai dit.*