

L'importance des recherches coloniales, en particulier à Madagascar, dans le développement de la pédologie française¹

C. Feller⁽¹⁾, E. Blanchart⁽¹⁾, A. Herbillon⁽²⁾, J.C. Leprun⁽³⁾ et R. Poss⁽⁴⁾

- (1) Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UR 179 SeqBio, ENSAM, 2 Place Viala, 34060 Montpellier cedex 1, France
- (2) Université Catholique de Louvain, Unité des Sciences du Sol, Place Croix du Sud, 2/10, B. 1348 Louvain-la-Neuve, Belgique
- (3) ex-pédologue de l'ORSOM-IRD, Académie d'Agriculture de France, 17 rue de Bellechasse, 75007 Paris
- (4) Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UR 176 Solutions, SupAgro, 2 Place Viala, 34060 Montpellier cedex 1, France

RÉSUMÉ

Dès 1900, une très importante et systématique campagne de prélèvements de sols est organisée à Madagascar et 500 échantillons de sols seront analysés à Paris par le fameux chimiste Müntz et son collègue Rousseaux, un événement unique pour l'époque. Ceci fonde en quelque sorte la naissance de la pédologie coloniale française, mais est aussi exemplaire par rapport à l'ensemble de la science du sol métropolitaine de la fin du 19^e siècle. Mais avant, en 1881, un planteur de la Martinique, O. Hayot, avait publié, à compte d'auteur, un écrit passé absolument inaperçu dans l'histoire de la pédologie française où il compare les altérations en milieu tropical et en milieu tempéré, et où il montre que les sols qui en résultent sont bien différents. Le premier Traité de Pédologie français sera écrit seulement en 1935 par H. Erhart, mais il est fondé sur sa thèse de 1926 qui portait sur les sols de Madagascar. Il sera suivi, en 1936, d'un autre traité par Agafonoff à partir de son expérience des sols de Tunisie. Pour ce qui est de la connaissance des processus d'altération et de la minéralogie des sols, la pédologie française doit aussi beaucoup à A. Lacroix et à ses nombreux travaux dans les territoires d'outre-mer. Enfin, juste avant puis après la deuxième guerre mondiale, l'une des grandes figures de la pédologie française, G. Aubert, sera un pédologue oeuvrant dans les colonies et qui fondera la section de Pédologie de l'ORSTOM. Nous retraçons aussi brièvement sa carrière et son influence, avec ses élèves de l'ORSTOM, sur la pédologie au niveau national et international.

Mots clés

Pédologie, Histoire, Territoires français d'Outre-Mer, Madagascar, Müntz, Hayot, Erhart, Aubert, ORSTOM.

1 : Cet article reprend partiellement et complète deux communications orales présentées au 18^e Congrès International de Science du Sol en juillet 2006 à Philadelphie (USA) et aux 9^{es} Journées Nationales d'Etude des Sols à Angers (France) en avril 2007.

SUMMARY**IMPORTANCE OF FRENCH COLONIAL RESEARCH, ESPECIALLY IN MADAGASCAR, IN THE DEVELOPMENT OF PEDOLOGY**

Between 1897 and 1900, an important all but complete soil survey was accomplished in Madagascar and about 500 soil samples were analysed in Paris by the famous chemist Müntz and his colleague Rousseaux. This major event marks the beginning of the French colonial pedology. But even before, in 1881, a planter from Martinique, O. Hayot, published at his own expense a book which went unnoticed in the history of French pedology in spite of its interest. In this book, Hayot compared alterations in tropical and temperate regions and observed that under different climates the soils developed from similar substrates were different. The first treatise on French pedology was published by H. Erhart in 1935 ; this was based on his own work on soils from Madagascar issued in 1926. This treatise was followed in 1936 by that of Agafonoff, based on his experience on the soils from Tunisia. Concerning alteration processes and soil mineralogy, French pedology owes much to A. Lacroix and his numerous works in overseas territories. At last, just after World War II, the most astounding French pedologist was G. Aubert who studied tropical soils and founded the ORSTOM pedology section. His career and the influence of his works on pedology, soil survey and classification are briefly described.

Key-words

Pedology, History, French Overseas Territories, Madagascar, Müntz, Hayot, Erhart, Aubert, ORSTOM.

RESUMEN**LA IMPORTANCIA DE LAS INVESTIGACIONES COLONIALES, EN PARTICULAR EN MADAGASCAR, EN EL DESARROLLO DE LA PEDOLOGÍA FRANCESA**

Desde 1900, una muy importante y sistemática campaña de muestreos de suelos fue organizada en Madagascar y 500 muestras de suelos fueron analizadas en París por el famoso químico Müntz y su colega Rousseaux, un evento único por la época. Esto funda, hasta cierto punto, el nacimiento de la pedología colonial francesa, pero también esta además ejemplar en relación al conjunto de la ciencia del suelo metropolitana del fin del siglo XIX. Pero antes, en 1881, un plantador de Martinica, O. Hayot, publicó, a cuenta de autor, un escrito que paso absolutamente inadvertido en la historia de la pedología francesa donde compara las intemperizaciones en medio tropical y en medio templado, y donde muestra que los suelos que resultan son bien diferentes. El primer tratado de pedología francesa será escrito solamente en 1935 por H. Erhart, pero se funde sobre su tesis de 1926 que trataba de los suelos de Madagascar. Será seguido, en 1936, por otro tratado de Agafonoff a partir de su experiencia de los suelos de Túnez. Por lo que se refiere al conocimiento de los procesos de intemperización y de la mineralogía de los suelos, la pedología francesa debe mucho también a A. Lacroix y a sus numerosos trabajos en los territorios de ultramar. Finalmente, justo antes y luego de la segunda guerra mundial, una de las grandes figuras de la pedología francesa, G. Aubert, será un pedólogo que obró en las colonias y quien creó la sección de pedología del ORSTOM. Traemos a la memoria brevemente su carrera y su influencia, con sus alumnos de ORSTOM, sobre la pedología al nivel nacional e internacional.

Palabras clave

Pedología, historia, territorios franceses de Ultramar, Madagascar, Müntz, Hayot, Erhart, Aubert, ORSTOM

LA SCIENCE DU SOL ET LA PÉDOLOGIE DANS LE MONDE AVANT 1900

Le premier profil de sol publié l'a été par Darwin en 1838 suite à une communication faite en 1837 à la Société Géologique Royale de Londres en 1837. Darwin y montre un profil relativement détaillé de sol, avec divers horizons, pour expliquer l'importance jouée par les vers de terre dans l'enfouissement en profondeur dans le sol d'objets initialement situés à leur surface, et leur rôle sur la formation de la « terre végétale ». Mais ce travail est passé longtemps inaperçu. Cette première publication de quelques pages sera suivie 44 ans plus tard par un livre complet sur le même sujet, dans lequel figurent de très nombreux profils de sol (Feller *et al.*, 2003).

Dans la deuxième moitié du 19^e siècle, la science du sol française est dominée par la chimie agricole, et la notion de profil pédologique est encore très faiblement développée. Les sols sont décrits comme une simple succession de « sol de surface » ou « terre végétale » (la partie travaillée) et de « sous-sol » (la partie non travaillée).

Un début d'approche pédologique apparaît toutefois avec Gasparin (1843), qui décrit le sol comme une succession de 3 niveaux :

- le « sol » formé (i) du « sol actif » (couche labourée) et (ii) du « sol inerte » qui est la couche non labourée mais de même composition minérale que le « sol actif » ;
- le « sous-sol » correspondant aux horizons plus profonds mais de composition minérale différente du « sol » ;
- la « couche imperméable ».

En 1862, le terme « Pédologie » est créé par Fallou, un juriste allemand passionné d'agronomie qui, selon Asio (2005), aurait développé la notion de profil de sol. On considère aussi que le précurseur américain de la pédologie est Hilgard avec son « Report on the geology and agriculture of the state of Mississippi » (1860). Il publiera en 1906 un ouvrage qui deviendra un classique (« Soils »), mais qui ne contient pas beaucoup de profils de sol.

En fait, on doit attendre les étonnantes descriptions de profils de sols ainsi qu'une analyse très détaillée des principaux processus pédogénétiques existant dans les régions froides et tempérées (brunification, lessivage, podzolisation) du forestier suédois P.E. Müller dans ses « Formes naturelles de l'Humus » (traduction française en 1889 de deux mémoires en danois de 1879 et 1884) pour être face à un véritable traité de pédologie. Avec cet ouvrage, Müller peut être considéré comme le plus grand des précurseurs, voire le co-fondateur de la pédologie avec Dokuchaev (Feller *et al.*, 2005), dont le « Chernozem russe » est publié en 1883. La modernité incroyable de Müller passe pratiquement inaperçue à l'époque, et l'histoire ne retiendra que Dokuchaev et ses élèves.

Finalement, au cours des années 1870-80, les deux approches en science du sol seront principalement la « chimie agricole » pour l'étude des propriétés et de la fertilité des sols et la « géologie agricole » pour la cartographie des terres agricoles.

QUELQUES PRÉCURSEURS FRANÇAIS EN PÉDOLOGIE TROPICALE AVANT 1900

En 1881, Octave Hayot, un grand propriétaire de La Martinique (Antilles françaises) publie un ouvrage intitulé « Matériaux pour l'histoire agricole de La Martinique ». Ce travail est absolument inconnu des actuels historiens de la science du sol. Hayot compare d'abord l'altération d'un basalte à La Martinique, donc sous climat tropical, à un basalte de composition identique en France sous climat tempéré (pp. 32-33). Il conclue pour la roche altérée (lithoreliques) que : (i) les oxydes de fer et d'aluminium s'accumulent au cours du processus d'altération, (ii) l'accumulation des oxydes et la disparition du calcium sont beaucoup plus élevées en milieu tropical, (iii) les sols qui en résultent sont aussi très différents : une « terre légère » en France, un « sol ocre » argileux à La Martinique.

Il étudie aussi différentes propriétés physiques et chimiques de divers types de sols de La Martinique (incluant les Andisols) et conclue qu'il est impossible d'interpréter les caractéristiques des sols des régions tropicales à partir du référentiel établi pour les régions tempérées, en particulier, les plus fameuses, celles de Gasparin (différentes éditions entre 1843-1860). Après avoir rappelé (p.27) que selon Gasparin les meilleures terres sont les « silico-argileuses » lorsqu'elles ont plus de 30 % de sables et de 2 à 5 % de carbonate de chaux pour des pluies n'excédant pas 70 cm d'eau par an, il écrit (p. 28) :

« Et nous cultivons, sans les drainer, des sols où l'impalpable (argile dispersable) dépasse 70 %, où la chaux manque absolument, où le sous-sol est pure argile, où les sesquioxides de fer et d'aluminium hydratés dépassent toutes les prévisions agrologiques. Et nous cultivons ces sols sous un climat de pluies perpétuelles sous 7,40 m souvent, sous 3 mètres d'eau toujours ». Et plus loin (p. 39) : « Partant des principes vrais, MM. Mazure et de Gasparin se sont arrêtés à une classification qui n'a qu'une importance locale, parce que leur vue a été bornée à un horizon trop limité et n'a pas embrassé les différents climats. L'adaptation du sol arable aux circonstances du climat, du sous-sol, et de la plante intervient à son tour. »

Il dénonce aussi certaines techniques agricoles importées des pays tempérés et que l'on a appliquées à grand frais en milieu tropical avec des résultats médiocres (p. 54). Il cite Payen disant en 1850 que :

« Le drainage est l'une des plus grandes améliorations contemporaines, et peut-être, l'une des plus belles inventions de l'agriculture ». Et de continuer : « Mais, me dira-t-on, le drainage ! nous l'avons subi. Les primes ont été le budget, Gauthier a été le prêtre, nous-mêmes avons été les prosélytes, de cette idole. A qui le dites-vous ! Les hangars de la Poterie des Trois-Ilets couvrent un assortiment inutile de machines à fabriquer les tuyaux de drainage. Mais nos drainages appliqués tous dans les argiles du Sud, n'ont été qu'une assimilation trompeuse de notre climat et de nos terres aux terres et aux climats d'Europe ».

Et plus loin, à propos du labour profond (pp. 59-60) :

« Une autre erreur est de s'imaginer que nous ayons à lire, comme

écrits pour notre édification, les longs éloges des labours profonds des terres fortes...Il faut plusieurs années à une terre lacustre, surprise par les grandes pluies après un labour en plein profond, pour chasser, en se retassant à nouveau, l'eau stagnante assise dans les vides du labour. Et la récolte est ruineuse d'avance, que l'on s'obstinerait à obtenir sur cette base fluide qu'il faut, d'urgence, délaissier ».

De 1897 à 1900 (Müntz, 1897), une très importante étude des sols de Madagascar est effectuée avec la participation de diverses institutions coloniales. Une collecte de 500 échantillons de sols est réalisée dans l' "Ile Rouge" et ils sont analysés à Paris par le fameux chimiste Müntz et son collègue Rousseaux (Müntz & Rousseaux, 1900). L'histoire de cet impressionnant travail est décrit en détail par Sourdat (1996). Sur la base de ce travail, la notice d'une carte agricole de Madagascar sera présentée à l'Exposition Internationale de 1900 à Paris (Müntz, 1900). L'auteur distingue les ocres ou terres rouges, les terres jaunes, les terres violacées et les terres sableuses.

Toutefois, selon les propres écrits de Müntz, les résultats furent un peu décevants, et l'on pourrait dire de nos jours que ceci est dû à une approche non pédologique et systématique : échantillons mal localisés, prélevés sans règles bien précises à différentes profondeurs, etc. Mais la conclusion la plus importante pour l'époque est que, très clairement, la composition des sols tropicaux est complètement différente de celle des sols tempérés. Néanmoins, les auteurs appliqueront aux sols de Madagascar les critères d'évaluation qu'ils appliquent à ceux de France, si bien que certains sols considérés aujourd'hui comme très fertiles seront qualifiés de très pauvres, quasi stériles, et ne pouvant être aucunement cultivés !

On peut considérer que ces deux travaux sur La Martinique et Madagascar ne sont pas seulement précurseurs de la pédologie tropicale française, mais qu'ils participent à l'émergence de la pédologie française dans sa généralité.

LA PÉDOLOGIE FRANÇAISE TROPICALE DE 1900 À 1940 : LE CAS DE MADAGASCAR

La pédologie comme science nouvelle émerge lentement en France au début du 20^e siècle à partir des travaux de Dokuchaev et de ses élèves et les études de Lacroix sur l'altération des roches, notamment en milieu tropical (Lacroix, 1914a,b).

Alfred François Antoine Lacroix (1863-1948)

Lacroix fut un célèbre géologue et minéralogiste français qui a dirigé la chaire du Museum National d'Histoire Naturelle pendant 43 ans. Il se qualifiait lui-même de « naturaliste très attiré par les recherches coloniales ». Son traité de « Minéralogie de la France et de ses colonies » (1893-1913) fut très célèbre. A côté de ses études à La Martinique, en Indochine et en Guinée, il étudia l'altération des

roches à Madagascar. Selon Aubert (1941), ses premières études sur les sols latéritiques de Madagascar datent de 1902 et il définit la « latérite » comme :

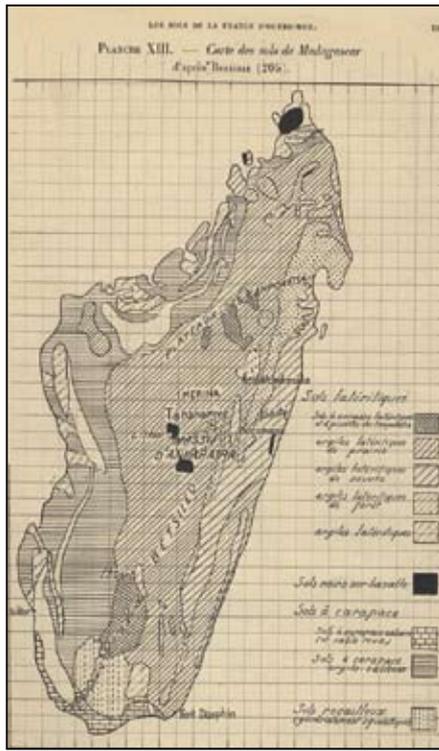
« le produit de décomposition de toutes les roches silicatées aluminées, caractérisé au point de vue chimique par la prédominance des hydroxydes d'aluminium et de fer, avec, généralement de l'oxyde de titane après élimination plus ou moins complète des autres éléments de la roche fraîche : alcalis, chaux, magnésie et silice ».

Au-dessus de la roche, Lacroix (citation Aubert, 1941) distingue deux « zones » (horizons) dans les latérites : la « zone de départ » qui a conservé la structure initiale de la roche mais avec un début d'altération minérale, et la « zone de concrétion », où les phénomènes se complètent provoquant une individualisation des hydrates de fer et d'aluminium et un enrichissement en produits, en même temps que se termine l'élimination des éléments alcalins et alcalino-terreux et de la silice latéritiques. Dans certains cas, le processus de « concrétionnement » va jusqu'à l'apparition d'une véritable cuirasse ferrugineuse. Lacroix observe qu'à Madagascar, à la différence de la Guinée ou du Soudan, les cuirasses ferrugineuses sont rarement présentes, et il suggère de nommer ces sols des « argiles latéritiques » plutôt que des « latérites s.s. ». Dans tous les cas, la transformation de la roche primitive en sol rouge ou latérite est très progressive et peut se développer sur de très grandes épaisseurs (Lacroix, 1902, 1905, 1913, 1914a,b).

Henri Besairie et Raymond Decary (1926 à 1935)

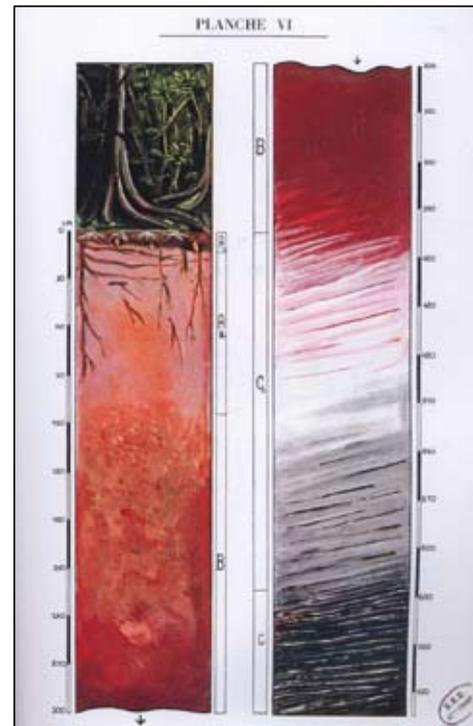
Entre 1926 et 1939, Besairie (1934, 1935a,b,c,d ; 1937a,b ; 1939) et Decary (1926) étudient les différents types de sol de Madagascar, leurs propriétés et leurs distributions. Ils observent : des latérites et des argiles latéritiques sur les roches cristallines, des sols argileux, des sols noirs, des latérites sur les roches volcaniques, des sols sableux et argileux sur les produits de décalcification des roches calcaires altérées. Besairie distingue quatre régions géographiques avec des caractéristiques pédobioclimatiques bien différentes : l'Est, le Centre, l'Ouest et le Sud. Il dessine la première « esquisse » d'une carte des sols (*figure 1*) à Madagascar (Besairie, 1937c). La classification des sols de cette carte est déjà, mais en partie seulement, pédogénétique :

- les sols « latéritiques » sont divisés en :
 - sols latéritiques (avec cuirasse ferrugineuse),
 - sols latéritiques de prairie,
 - sols latéritiques de savoka,
 - argiles latéritiques,
- les sols noirs basaltiques,
- les sols avec horizons indurés (carapace),
 - sols avec horizon carbonaté induré et sable rouge,
 - sols avec un horizon induré sablo-argileux,
- les sols rocheux (généralement squelettiques).

Figure 1 - Carte des sols de Madagascar par Besairie (1937c).**Figure 1** - Besairie's soil map of Madagascar (1937c).

Henri Erhart, Madagascar et le premier traité français de pédologie

Un jeune géologue français, Henri Erhart, présente sa thèse en 1926 sur « L'influence de l'origine géologique et des facteurs extérieurs sur la formation et la valeur agricole des sols latéritiques de l'est de Madagascar » (Erhart, 1926a). La même année, il avait publié quelques notes pédologiques (Erhart, 1926b,c) sur les sols de Madagascar. La thèse est suivie par des applications pratiques de ses recherches (Erhart, 1927), puis par un travail plus important d'inventaire des sols (Erhart, 1929a,b). Et quelques années plus tard (Erhart, 1935, 1937), il publiera le premier traité français de « Pédologie » en 2 volumes, le premier (1935) intitulé « Pédologie Générale », le second (1937) « Pédologie agricole ». Dans le premier volume, les sols de Madagascar sont discutés : au chapitre III pour les processus d'altération chimique, au chapitre IV pour les différents types de sols tropicaux, et au chapitre V à propos du climax et du caractère réversible ou non de la formation des latérites sous prairies. Les principaux types de sol sont illustrés par huit jolies peintures à l'huile (montrant le profil de sol et le paysage correspondant), les illustrations 6 et 7 représentant des sols latéritiques sous forêt (*figure 2*) et sous prairie. Dans le second volume, « Pédologie agricole », la partie 1 concerne « La pédologie appliquée aux pays

Figure 2 - Profil de sol latéritique sous forêt décrit et dessiné par Erhart (1935).**Figure 2** - Lateritic soil profile under forest described and drawn by Erhart (1935).

neufs » avec un chapitre 1 sur « Les sols de Madagascar » (51 p.) avec une carte des sols très schématisée (5 unités pédologiques) inspirée de celle de Besairie.

Dans la description du sol forestier latéritique (*figure 2*) Erhart décrit de la profondeur vers la surface, au-dessus de la roche-mère non altérée (nommée C), une « zone de départ » de plusieurs mètres d'épaisseur (C₀) finissant par une « zone tachetée », puis, au-dessus une « zone rouge » (B) correspondant à un horizon rouge, homogène et argileux avec disparition complète, de la structure de la roche, puis une « zone podzolique » lavée et rose (A₂) et, finalement la terre végétale sous forme d'un horizon A₀. Même si les dénominations ne sont plus utilisées maintenant, cette description du profil de sol est déjà excellente. Erhart signale aussi que la morphologie du profil peut refléter des processus pédologiques passés et pas uniquement les actuels. C'était alors un concept tout à fait nouveau pour les sols tropicaux.

Bien évidemment, d'autres recherches sur les sols étaient menées dans d'autres colonies françaises. Pour mémoire, il faut citer Valérien Agafonoff et ses travaux sur la Tunisie. Si Erhart (1925, « Etude des sols tunisiens ») et Malycheff (1927, « Sur les sols podzoliques du nord-ouest de la Tunisie ») avaient publié quelques études locales sur ce pays, c'est Agafonoff qui démarrera vraiment la connaissance pédologique de la Tunisie. Agafonoff

était un émigrant russe qui connaissait très bien les travaux de Dokuchaev et de ses élèves. Dès 1929, il publie un petit article général sur « La Pédologie » avec quelques profils peints en couleur (figure 3), puis, après quelques courtes notes entre 1934 et 1936 (Agafonoff et Jouravsky, 1934 ; Agafonoff et al., 1935 ; Agafonoff et al., 1936a,c,d,e), il publiera en 1936 un ouvrage remarquable intitulé « Sols types de Tunisie » (Agafonoff, 1935-1936), le premier traité français sur les sols méditerranéens. La même année, il publie, juste après Erhart, le deuxième traité de pédologie française « Les sols France du point de vue pédologique » (Agafonoff, 1936b). A la même période, les aspects agropédologiques des sols de Tunisie étaient étudiés en détail par Yankovitch (1935-1936).

De 1926 à 1936, de nombreuses études pédologiques seront publiées dans d'autres territoires coloniaux français (cf. Aubert, 1941).

Autour de 1937, l'idée émerge de l'intérêt de la création d'un institut scientifique spécialisé pour la « mise en valeur » de l'empire colonial.

GEORGES AUBERT, LA CRÉATION DE L'ORSTOM ET LE DÉVELOPPEMENT DE LA PÉDOLOGIE FRANÇAISE DANS LES RÉGIONS MÉDITERRANÉENNES ET TROPICALES

En 1937, se tient à Paris une exposition internationale incluant un congrès sur « La recherche Scientifique dans les territoires d'outre-mer ». Un jeune « pédologue » de 24 ans, Georges Aubert, présente une courte communication de quatre pages (passée relativement inaperçue) sur les recherches pédologiques qu'il serait bon d'entreprendre dans les colonies françaises (Aubert, 1938, pp. 256-259). Il est essentiel de donner quelques extraits de ce papier :

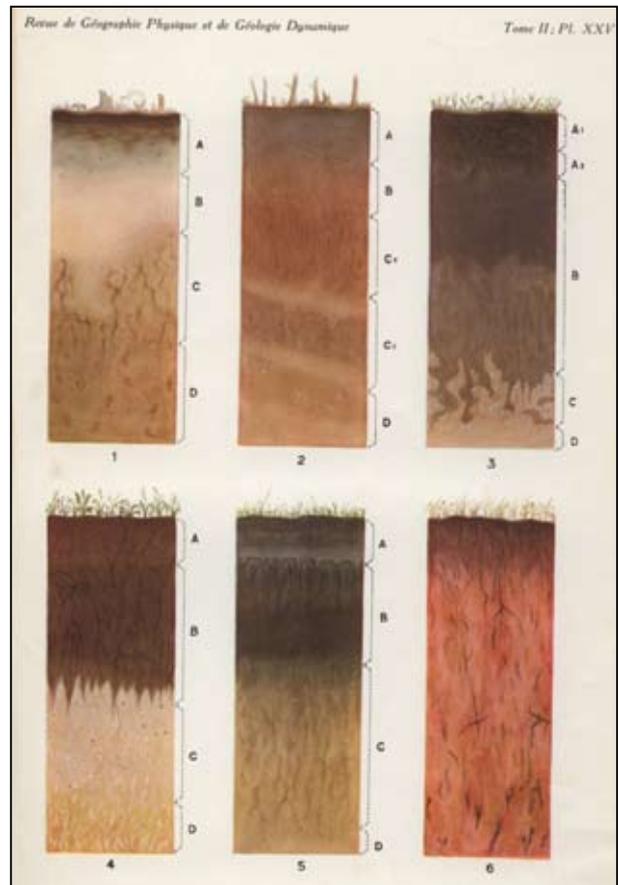
« *Entreprendre l'étude pédologique de nos colonies, c'est vouloir compléter leur étude géologique, qui a déjà donné si souvent des résultats intéressants, par une connaissance approfondie de l'histoire de leurs sols : leur formation, leur évolution, leur état actuel et le sens de leur évolution future. Cette étude, purement scientifique, pourra servir de fondement pour des recherches agronomiques. Nous chercherons alors à connaître l'effet sur chaque sol des traitements que nous pourrions lui faire subir, et ainsi les méthodes de culture qui lui sont le mieux adaptées... Pour conserver à l'ensemble de ces recherches une unité, il faudra toujours, quelle que soit la région envisagée, partir des mêmes principes ; il faudra adopter pour les sols de toutes nos colonies une même classification... Deux séries d'études sont à prévoir : une cartographie des sols à grande échelle – au moins 1/1.000.000 – et à échelle beaucoup plus fine – au plus 1/50.000.* »

A côté des aspects scientifiques et techniques, G. Aubert signale aussi l'importance des points suivants :

- La nécessité d'une recherche permanente et *in situ* des sols

Figure 3 - Profils de sols décrits et dessinés par V. Agafonoff (1929). Légende : 1. Podzol argileux, 2. Sol gris podzologique forestier, 3. Tchernoziom argileux, 4. Sol châtain, 5. Sol alcalin « en colonnes », 6. Latérite.

Figure 3 - Soil profiles described and drawn by V. Agafonoff (1929).



d'outre-mer, et avec une présence permanente de pédologues spécialisés,

- La nécessité d'un laboratoire central en France, moderne et bien équipé, mais aussi de laboratoires outre-mer répartis dans différentes zones climatiques méditerranéennes et intertropicales,

- La nécessité de développer un important système de formation à l'étude des sols des régions chaudes pour des étudiants français et étrangers.

Un impressionnant programme de recherche pour plusieurs générations futures !

Qu'est-il arrivé finalement ?

En 1941, G. Aubert publie une extraordinaire synthèse sur « Les Sols de la France d'Outre-Mer », un ouvrage de 90 pages, analysant environ 240 références.

A la fin de 1943, le gouvernement français décide la création d'un « Office de la Recherche Scientifique Coloniale » (ORSC) qui deviendra « Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer » (ORSTOM) dix ans plus tard (1953), puis « Institut de Recherche pour le Développement » (IRD) en 1998. Il est alors proposé à G. Aubert de créer la section de Pédologie : celle-ci naîtra en 1944 et G. Aubert en sera le directeur jusqu'en 1975. Il prendra finalement sa retraite, sur le papier, en 1980 car il était encore de toutes les réunions des pédologues jusque vers l'année 2000. Il décèdera en 2006, à 93 ans.

En 1974, l'ORSTOM édite, à l'occasion du trentième anniversaire de la Pédologie ORSTOM, un petit livret - « 30 ans de Pédologie » - qui est la plus belle illustration que le projet de G. Aubert de 1937 était pratiquement accompli 30 ans plus tard :

- une classification française des sols (C.P.C.S., 1967) très détaillée pour les sols tropicaux ;
- plus de 1000 cartes de sols couvrant 4.500.000 km² des régions méditerranéennes et tropicales (figure 4) ;
- plus de 300 pédologues français et étrangers (35 pays) formés par l'ORSTOM durant ces 30 années (figure 5).

Enfin, en 1981, un numéro spécial des « Cahiers ORSTOM, série Pédologie » (1980-1981) est dédié à G. Aubert avec une intéressante contribution de J. Boulaine.

CONTRIBUTION DE LA PÉDOLOGIE TROPICALE FRANÇAISE (ORSTOM-IRD) À LA PÉDOLOGIE GÉNÉRALE ET INTERNATIONALE

La pédologie française tropicale, et spécialement les recherches menées par l'ORSTOM, a joué un rôle important pour une meilleure connaissance de la pédologie en général. C'est particulièrement vrai pour les études de pédogenèse, de classification des sols, mais aussi pour les processus liés aux dynamiques actuelles comme l'érosion, la dynamique des matières organiques, le fonctionnement biologique, la salinisation, etc. Nous ne donnerons ici que quelques exemples centrés sur la pédogenèse, la classification et la cartographie des sols.

Processus de pédogenèse à différentes échelles

Formation des cuirasses ferrugineuses

Maignien, un des premiers élèves d'Aubert, étudia très tôt le processus de formation et la distribution des cuirasses ferrugineuses, spécialement en Guinée Française, et il soutint sa thèse sur le sujet en 1958 (Maignien, 1958). Il conclut finalement que la formation de ces cuirasses était d'origine pédologique et non

Figure 4 - Cartes pédologiques de l'Afrique et de Madagascar établies par l'ORSTOM de 1945 à 1974 (ORSTOM, 1974).

Figure 4 - African and Madagascar soil maps issued by ORSTOM from 1945 to 1974 (ORSTOM, 1974).

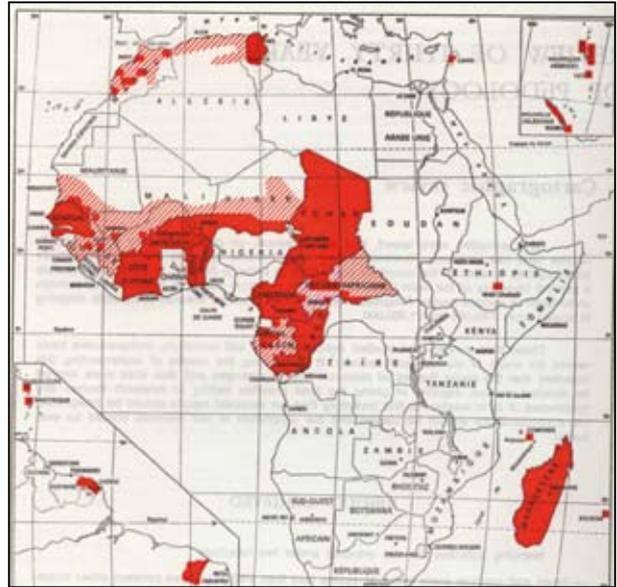


Figure 5 - Elèves pédologues de l'ORSTOM au travail en Casamance au Sénégal, 1953 (fonds R. Fauck, Base « Indigo » de l'IRD).

Figure 5 - ORSTOM's students at work in Casamance (Senegal) in 1953 (R. Fauck collection, Illustration database "Indigo" from IRD).



géologique. Il fut alors contacté par l'UNESCO pour écrire un livre fondamental sur les sols latéritiques (Maignien, 1965). D'autres travaux furent ensuite menés par l'ORSTOM dont ceux de Grandin (1976) et Leprun (1979). Leprun développa une théorie de type autochtone, selon laquelle le processus de concentration des sesquioxides dans les sols des régions sahélo-soudaniennes est dû à leur accumulation relative par suite de la perte de silice et de bases, plutôt qu'une accumulation absolue par solubilisation des oxyhydroxydes suivie de leur précipitation (théorie allochtone). Tous ces travaux permirent à Sombroek en 1994 de proposer les « Plinthosols » comme un groupe majeur, ce qui fut accepté dans le « World Reference Base » en 1998.

« Lessivage » (ou illuviation) versus « appauvrissement »

L'ORSTOM fut un précurseur dans la reconnaissance du processus d'appauvrissement en éléments fins (argile et limon) des horizons de surface, particulièrement actif dans les régions tropicales, des sols tropicaux, et dans la nécessité de distinguer ce processus de ceux d'illuviation et d'accumulation absolue d'argile dans les horizons B. Les premiers travaux sur le sujet furent publiés par Maignien (1958) et poursuivis par de nombreux auteurs, Fauck (1973) en particulier. La démonstration directe de ce processus a été faite par Roose (1970). Beaucoup de sols précédemment classés comme « lessivés » se sont ensuite avérés être des sols « appauvris ». Il est surprenant que ce processus n'ait pas été pris plus tôt en considération dans les classifications américaines et FAO, même s'il est connu que l'horizon « kandic » (Soil Survey Staff, 1999) ou « argic » (FAO, 1990) n'est pas seulement dû au lessivage et à l'accumulation d'argile, mais aussi à l'appauvrissement en argile des horizons de surface.

Minéralogie du sol

Segalen fut aussi l'un des premiers élèves d'Aubert. Parmi son champ d'activité très large sur les sols ferrallitiques et les sols qui leur sont associés (Segalen, 1994-1995), il publia 2 livres sur le fer (Segalen, 1964) et l'aluminium (Segalen, 1973) dans les sols. Il a été un des pionniers sur les causes minéralogiques de la couleur rouge et jaune des sols tropicaux (Segalen, 1969).

Sols volcaniques

Colmet-Daage, pédologue de l'ORSTOM, fut un précurseur très célèbre pour l'étude des sols volcaniques tropicaux. Quand Smith, le père de l'actuelle classification américaine, rendit visite à Colmet-Daage dans les Antilles Françaises, il fut très impressionné par ses travaux (Colmet-Daage, 1965), ce qui conduisit à une collaboration entre les deux chercheurs. Ainsi, il contribua largement avec Smith à l'émergence et à la reconnaissance du nouvel ordre des Andisols (Leamy *et al.*, 1980) dans la « Soil Taxonomy ». Gautheyrou, le chimiste associé à Colmet-Daage aux Antilles, développa de très nombreuses méthodes spécifiques à l'étude des sols volcaniques

et édita une impressionnante base bibliographique sur le thème des sols volcaniques (Gautheyrou et Gautheyrou, 1976). A côté de Colmet-Daage, il faut citer Quantin, un autre chercheur de l'IRD, qui obtint une audience internationale à travers ses très nombreuses publications (Quantin, 1972, 1986) sur les sols volcaniques et les méthodes chimiques d'extraction pour caractériser et quantifier leur minéralogie, mais aussi pour sa participation au chapitre « Andosols » du système WRB (Quantin, 1994).

Du pédon au système de sol

Bien que Milne développa la notion de « catena » dès les années 30 à partir d'études en Afrique de l'Est (Milne, 1935a,b), l'approche pédologique à l'échelle du pédon dans une perception verticale a persisté (et persiste encore) pendant très longtemps. La formation et le fonctionnement de la catena ou des toposéquences, pris comme un tout, n'ont pas été réellement étudiés en détail avant les années 70. Le précurseur de cette nouvelle vision du fonctionnement du sol dans le paysage a été un chercheur de l'ORSTOM, Bocquier, avec l'étude détaillée de 2 catenas au Tchad montrant le passage des Sols ferrugineux aux Vertisols (Bocquier, 1973). Se basant sur des traits morphologiques et des données géochimiques, il démontra que la différenciation de différents types de sols ne pouvait être étudiée isolément mais nécessitait une approche globale en toposéquence – le « système de sol » faisant intervenir la notion de « fronts de transformation ». Cette nouvelle vision fut poursuivie et approfondie par Chauvel (1977) dans l'explication des toposéquences « Sols rouges – Sols jaunes » en milieu soudano-sahélien. C'est Boulet (1978) qui, ensuite, développa la notion d'« analyse structurale » de la couverture pédologique dans les trois dimensions tandis que le fonctionnement hydrodynamique à ces nouvelles échelles des systèmes de sol était approfondie par Fritsch (1994, 1998).

Cartographie et classification des sols

Nombre des chercheurs mentionnés ci-dessus furent impliqués dans la cartographie de différentes régions tropicales et dans le développement ou la révision des classifications de sol.

Dès 1937, Aubert insista sur la nécessité urgente de classifications pour les sols tropicaux. Il fut lui-même un célèbre et important acteur de la classification française des sols, en association avec le non moins célèbre pédologue français Ducloux. Le premier projet français de classification des sols dans une perspective mondiale fut présenté par Aubert et Ducloux en 1956. Ceci n'aurait pu avoir lieu sans les recherches outre-mer de l'ORSTOM. Une révision de la classification des sols ferrallitiques a ensuite été publiée par Aubert et Segalen en 1966, suivie, l'année suivante, par la première classification française des sols (C.P.C.S., 1967) prenant en compte l'ensemble des sols du monde. A la même époque, Aubert et ses collègues de l'ORSTOM furent très fortement impliqués dans des projets de classification et cartographie internationaux comme la Carte des Sols d'Afrique présentée en

1960 au Congrès International de Science du Sol à Madison (USA). De même, ils intervinrent dans de nombreux congrès et symposiums inter-africains (Goma 1948, Léopoldville 1954, Dalaba 1959) pour présenter leurs travaux sur la genèse, la classification et la géographie des sols des régions intertropicales. La Carte des Sols du Monde, sous les auspices de la FAO et de l'UNESCO (1974), fut aussi un autre projet très important dans lequel Aubert et Duchaufour furent très impliqués. Pour terminer, signalons le remarquable article de Tavernier (1980-1981) consacré au rôle international joué par Aubert dans les classifications des sols.

CONCLUSIONS

La pédologie française coloniale a démarré au début du 20^e siècle sur les traces des premiers précurseurs de la pédologie comme Dokuchaev, Müller et Hilgard. Toutefois quelques travaux totalement passés inaperçus datent déjà de la fin du 19^e siècle, comme ceux de Hayot qui (i) compare l'altération sous climat tempéré et tropical pour conclure à des différences considérables liées au climat, (ii) souligne que la fertilité des sols en milieu tropical ne peut absolument pas être évaluée selon les critères utilisés à l'époque pour les sols des régions tempérées (Hayot, 1881).

La recherche tropicale a apporté une contribution majeure à la pédologie française avec le premier Traité de Pédologie, écrit par un scientifique tropicaliste, Erhart (1935, 1937), même s'il concerne aussi bien les sols des régions tempérées que tropicales.

Comme illustré dans cet article, la formation des cuirasses ferrugineuses, l'émergence de la notion de processus pédogénétique d'« appauvrissement », l'approfondissement des connaissances sur la minéralogie des sols, sur la caractérisation des sols volcaniques, sur l'identification de « fronts de transformation » dans l'approche en systèmes de sols par une « analyse (tri-dimensionnelle) structurale » de la couverture pédologique, et la prise en compte du temps long dans les processus de pédogenèse sont des apports très importants de l'ORSTOM à la pédologie mondiale. Cette contribution ne fut pas moindre dans d'autres aspects de la pédologie tropicale touchant plus au fonctionnement actuel des sols et à la gestion des terres, comme les recherches par des scientifiques de l'ORSTOM et de l'IRD sur la salinité, l'érosion, la matière organique et les cycles biogéochimiques associés, la faune du sol, etc. Mais ils n'ont pas été développés ici ayant fait le choix de restreindre cet article aux questions de pédologie.

BIBLIOGRAPHIE

- Agafonoff V., 1929 - La Pédologie. Revue de Géographie Physique et de Géologie Dynamique, Vol. 2, Fasc. 3, pp. 185-214.
- Agafonoff V. et Jouravsky G., 1934 - Analyse thermique des sols de Tunisie. Comptes Rendus Académie des Sciences, tome CXCVIII (4 avril), pp. 1356-1358, 1 fig.
- Agafonoff V., 1935-1936 - Sols types de Tunisie. Annales du Service Botanique et Agronomique de Tunisie, tomes 12-13, pp. 41-414 + 5 cartes, Maury ed., Tunis, 1936, 413 p.
- Agafonoff V., Jouravsky G., Malycheff Mlle V., 1935 - Etude pédologique d'une coupe de sol en Tunisie. Rev. Géographie Physique et Géologie Dynamique, tome VIII, n° 1, pp. 105-107.
- Agafonoff V., 1936a - Les sols types de Tunisie. Comptes Rendus Académie des Sciences, tome CCII (15 juin), pp. 2000-2002
- Agafonoff V., 1936b - Les sols de France au point de vue pédologique. Dunod ed., Paris, 156 p. + 1 carte.
- Agafonoff V., 1936c - Les sols de Tunisie au point de vue pédologique. (Conférence donnée au Museum Nat. Hist. Nat., Paris, 23 janvier 1936). Bureau Études Géologiques et Minières Coloniales, n° 12. Etude des altérations superficielles, Paris 1939, 5 cartes, 4 planche, 1 figure, pp. 17-38.
- Agafonoff V., 1936d - Quelques mots sur les sols de Tunisie. Transactions of the Third International Congress of Soil Science, 1935, Oxford, Londres, Thomas Murby, tome III, pp. 137-138.
- Agafonoff V., 1936e - Les sols bruns et rouges à croûte carbonatée en Tunisie. Comptes Rendus Académie des Sciences, tome CCII (1936, 11 mai), pp. 1597-1599
- Asio V.B., 2005 - Comments on "Historical development of soil and weathering profile concepts from Europe to the United States of America". Soil Science Society America Journal 69, pp. 571-572.
- Aubert G., 1938 - La Pédologie dans la France d'Outre Mer. Comptes Rendus du Congrès de la Recherche Scientifique dans les Territoires d'Outre Mer (Paris, septembre 1937). Exposition Internationale de Paris, 1937. Paris, Association Colonies-Sciences, pp. 256-259.
- Aubert G., 1941 - Les sols de la France d'Outre-Mer. Imprimerie Nationale, 90 p.
- Aubert G., Duchaufour Ph., 1956 - Projet de classification des sols. Comptes Rendus Congrès International du Sol 6 (1), Paris, D, pp. 597-604.
- Aubert G., Segalen P., 1966 - Projet de classification des sols ferrallitiques. Cahiers ORSTOM, série Pédologie, VI (4) : pp. 97-112.
- Besairie H., 1934 - Cartes géologiques de reconnaissance (Ihosal Nord, Bealanana, Ambanja) Tananarive. (Cité par Aubert 1941).
- Besairie H., 1935a - L'étude des sols à Madagascar. Bulletin Economique Gouvernement Général Madagascar et dépendances (Nouvelle Série), n° 4, 4^e trimestre, pp. 296-297.
- Besairie H., 1935b - Principaux types de sols de Madagascar. Congrès des Mines et de Géologie Appliquée, Paris, tome II, pp. 621-627.
- Besairie H., 1935c - Les sols de la Basse Menarandra. Annales Géologiques du Service des Mines Madagascar, fasc. 5, Tananarive. (Cité par Aubert 1941).
- Besairie H., 1935d - Les sols de la région d'Ampotaka. Annales Géologiques du Service des Mines Madagascar, fasc. 5, Tananarive. (Cité par Aubert 1941).
- Besairie H., 1937a - Contribution à l'étude des sols de Madagascar. Annales Géologiques du Service des Mines Madagascar, fasc. 7, Tananarive. (Cité par Aubert 1941).
- Besairie H., 1937b - Altération des roches et formations des sols de Madagascar. Bulletin Association Française pour l'Etude du Sol, tome III, 1937, pp. 15-20.
- Besairie H., 1937c - Les sols de Madagascar - Recherches sur le sol. Supplément aux Comptes Rendus de l'Association Internationale de Science du Sol, tome V, n° 3, pp. 200-221, 5 cartes.

- Besairie H., 1939 - L'altération des roches et la formation des sols de Madagascar. In « Etude des altérations superficielles, pp. 75-104 ». Bureau Etudes Géologiques et Minières Coloniales, n° 12., 4 cartes, Paris, 112 pages.
- Bocquier G., 1973 - Genèse et évolution de deux toposéquences de sols tropicaux du Tchad. Interprétation biogéodynamique. Mémoire ORSTOM n° 62, ORSTOM, Paris, 350 p.
- Boulaine J., 1980-81 - La contribution de Georges Aubert et de la section de Pédologie de l'ORSTOM à l'orientation de la Pédologie Française. Cahiers ORSTOM, série Pédologie 18 : pp. 163-171.
- Boulet R., 1978 - Toposéquences de sols tropicaux en Haute-Volta. Equilibre et déséquilibre pédobioclimatique. Mémoire ORSTOM n° 85, ORSTOM, Paris, 272 p.
- Chauvel A., 1977 - Recherche sur la transformation des sols ferrallitiques dans la zone tropicale à saisons contrastées. Evolution et réorganisation des sols rouges de Moyenne Casamance (Sénégal). Thèse Univ. Strasbourg. ORSTOM, Travaux et Documents n° 62, 532 p.
- Colmet-Daage F., Lagache F., 1965 - Caractéristiques de quelques groupes de sols dérivés des roches volcaniques aux Antilles Françaises. Cahiers ORSTOM, série Pédologie 3 : pp. 91-122.
- C.P.C.S., 1967 - Classification des sols. Travaux C.P.C.S. 1963-1967. Rapp. Mult., 96 p.
- Darwin C., 1838 - On the formation of mould. Proceedings of the Geological Society of London 2, pp. 574-576.
- Darwin C., 1881 - The formation of vegetable mould through the action of worms with some observations on their habits. John Murray, London, 298 p.
- Decary R., 1926 - Les roches éruptives post-liasiques dans les régions de Maromandia et de l'Ankaizina. (Contribution à l'étude des sols). Bulletin Economique de Madagascar, 26^e année, 1926, 2^e semestre, pp. 73-76.
- Dokuchaev V.V., 1883 - Russian Chernozem. In Selected Works of V.V. Dokuchaev, vol. 1, pp. 14-419. Moscow, 1948. Israel Program for Scientific Translations Ltd. (for USDA-NSF), S. Monson, Jerusalem, 1967. (Translated from Russian into English by N. Kander).
- Erhart H., 1925 - Contribution à l'étude des sols de Tunisie. Annales du service Botanique et Agronomique de la Tunisie, tome III, pp. 241-275.
- Erhart H., 1926a - Étude agrolologique des sols de Madagascar. L'influence de l'origine géologique et des facteurs extérieurs sur la formation et la valeur culturale des terres latéritiques de l'Est de Madagascar. Libr. Larose, Paris, 112 p.
- Erhart H., 1926b - Note préliminaire sur les sols de l'Itasy. Bull. Econ. Madagascar, 23^e année, n°2 (deuxième semestre), pp. 69-72.
- Erhart H., 1926c - Concentrations en ions H+ dans quelques terres latéritiques de Madagascar. Revue de Botanique Appliquée et d'Agriculture Tropicale, tome VI, n° 54 (28 février), pp. 88-92.
- Erhart H., 1927 - Sur les possibilités d'amélioration des terrains latéritiques de Madagascar des sols de Madagascar. Bulletin de Académie Malgache, Nouvelle série, Tome 10, pp 26-28 (imprimé en 1928).
- Erhart H., 1929a - Rapport préliminaire sur une mission à Madagascar. Actes et Comptes rendus Association Colonies-Sciences, 5^e année, 1929, n° 54, pp. 21-31.
- Erhart H., 1929b - Sur la nature et l'origine géologique des sols de Madagascar. Comptes Rendus Académie des Sciences 188 : pp. 1561-1563.
- Erhart H., 1935 - Traité de Pédologie. T.1 : Pédologie générale. Strasbourg, Institut Pédologique, 260 p.
- Erhart H., 1937 - Traité de Pédologie. T.2 : Pédologie agricole. Strasbourg, Institut Pédologique, 203 p.
- Erhart H., 1939 - Altération des roches et mode de formation des principaux types de sols. (Conférence donnée au Muséum Nat. Hist. Nat., Paris, 16 janvier 1936). Bureau Etudes Géologiques et Minières Coloniales, n° 12, Etude des Altérations superficielles, pp. 1-16, Paris, 5 cartes.
- FAO-UNESCO, 1974 - Carte mondiale des sols au 1/5.000.000. Légende. Rome, 62 p.
- FAO, 1990 - FAO-UNESCO Soil map of the World. Revised legend. Soils Bulletin 60. FAO, Rome, 119 p.
- Fallou F.A., 1862 - Pedologie oder allgemeine und besondere Bodenkunde. G. Schönfeld's Buchhandlung, Dresden, 487 p. + figures.
- Fauck R., 1973 - Les sols rouges sur sables et sur grès d'Afrique occidentale. Contribution à l'étude des sols des régions tropicales. Mémoire ORSTOM 61, ORSTOM, Paris, 258 p.
- Feller C., Brown G.G., Blanchart E., Deleporte P., Chernyanskii S.S., 2003 - Charles Darwin, earthworms and the natural sciences : various lessons from past to future. Agriculture, Ecosystems and Environment 99, pp. 29-49.
- Feller C., Blanchart E., Jabiol B., Greve M.H., 2005 - Quand l'humus est à l'origine de la pédologie. 1. Les travaux du forestier danois P.E. Müller (1840-1926). In Feller C., Legros J.P. (eds), n° Spécial «Histoires d'Hommes et de Concepts en Science du Sol», Etude et Gestion des Sols, 12 : pp. 101-122.
- Fritsch E., Fitzpatrick R.W., 1994 - Interpretation of soil features produced by ancient and modern processes in degraded landscapes. I. A new method for constructing conceptual soil-water-landscape models. Australian Journal of Soil Research, 32 : pp. 909-913.
- Fritsch E., Fitzpatrick R.W., Melfi A.J., Herbillon A.J., Boulet R., 1998 - Soil features at toposequence scale for identifying structures, water flows and processes either past or present. In Congrès Mondial de la Science du Sol : Actes. World Congress of Soil Science : Proceedings. Montpellier, ORSTOM, pp. 20-26.
- Gasparin A. de (Comte), 1843 - Cours d'agriculture. Maison Rustique ed., 5 vol. (732, 561, 807, 787, 638 p.), Paris.
- Gautheyrou J, Gautheyrou M., 1976 - Chronobibliographie des sols à allophane (1809-1972). Rapport multigraphié, ORSTOM-Antilles.
- Grandin G., 1976 - Aplissements cuirassés et enrichissement des gisements de manganèse dans quelques régions d'Afrique de l'Ouest. Mémoires ORSTOM n° 82, ORSTOM, Paris 276 p.
- Hayot O., 1881 - Matériaux pour l'histoire de la Martinique agricole. Réimpression (1938) en un seul volume des 2 fascicules de l'ouvrage de M. Octave Hayot publié en 1881. Imprimerie du Gouvernement, Fort de France.
- Hilgard, E.W. 1860 - Geology and agriculture of the State of Mississippi. E. Barksdale, State Printer, 391 pp.
- Hilgard, E.W. 1906 - Soils : their formation, properties, composition, and relations to climate and plant growth in the humid and arid regions. Mac Millan Co, 593 pp.
- Lacroix A., 1893-1913 - Minéralogie de la France et de ses colonies. Paris, Libr. Polytechnique Béranger, 5 vol, tome III, 345 p.
- Lacroix A., 1902 - Minéralogie. In « Madagascar au début du XX^e siècle », Paris Société Edit. Scient. et Litt. 465 pages, pp. 72-73, pp. 100.
- Lacroix A., 1905 - Les syénites néphéliniques des îles de Los (Guinée Française). C.R. Acad. Sc., tome CXXI, pp. 984-988.
- Lacroix A., 1913 - Les latérites de la Guinée et les produits d'altération qui leur sont associés. Nouvelles Archives du Muséum, 5^e série, tome V, pp. 255-356.
- Lacroix A., 1914a - Les latérites de la Guinée. Comptes Rendus Académie des Sciences, tome CLVIII, (23 mars), pp.835-838.
- Lacroix A., 1914b - Les produits d'altération des roches silicatées alumineuses et en particulier les latérites de Madagascar. Comptes Rendus Académie des Sciences, tome CLIX, pp. 617-622.
- Leamy M.L., Smith G.D., Colmet-Daage F., Ottawa M., 1980 - The morphological characteristics of Andisols. In B.K.G. Theng ed. "Soils with variable charge", New Zealand Society Soil Science, Lower Hutt, pp. 17-34.
- Leprun J.C., 1979 - Les cuirasses ferrugineuses des pays cristallins de l'Afrique Occidentale sèche. Genèse. Transformation, Dégradation. Thèse Sci. Sciences Géologiques Mémoire n° 58. Strasbourg, 224 p. + pl. et annexes.

- Maignien R. 1958 - Contribution à l'étude du cuirassement des sols en Guinée. Mémoires du Service de la Carte Géologique d'Alsace et de Lorraine Mémoire n° 16, 240 p.
- Maignien R., 1965 - Compte-Rendu de Recherches sur les Latérites. Unesco, Recherches sur les Ressources Naturelles, 4, Paris, 155 p. (Also quoted in 1966 under the title «Review of Research on Laterites, Natural Resources Research, UNESCO, 4»).
- Malycheff Mlle V., 1927 - Sur les sols podzoliques du Nord-Ouest de la Tunisie. Comptes Rendus Académie des Sciences, tome 184, (21 février), pp. 466-468.
- Milne G., 1935a - Some suggested units of classification and mapping, particularly for East African soils. Soil Research, 4 : pp. 183-198.
- Milne G., 1935b - A soil reconnaissance journey through parts of Tanganika territory. Journal of Ecology 35 : pp. 192-269.
- Müller P.E., 1879 - Studier over Skovjord, som Bidrag til Skovdyrkningens Teori. Om Bøgemuld og Bøgemor paa Sand og Ler. Tidsskrift for Skovbrug, 3, pp. 1-124.
- Müller P.E., 1884 - Studier over Skovjord, som Bidrag til Skovdyrkningens Teori. Om Muld og Mor i Egeskove og paa Heder. Tidsskrift for Skovbrug, 7, pp 1-232.
- Müller P.E., 1889 - Recherches sur les formes naturelles de l'humus et leur influence sur la végétation et le sol. Berger-Levrault et Cie, Paris-Nancy, 351 p.
- Müntz A., 1897 - Analyse des terres des environs de Tananarive. Journal officiel de Madagascar, 27 mai 1897.
- Müntz A., 1900 - Carte agronomique de Madagascar. Notice Exposition Universelle, Paris, 1900 et Bulletin Economique Madagascar et Dépendances, tome III, 1903, n° 3 (3^e trimestre), pp. 251-285.
- Müntz A., Rousseaux E., 1900 - Etude de la valeur agricole des terres de Madagascar. Bulletin Ministère Agriculture, 19^e année, n° 5, p 910-1123, 479 éch. anl., 1 carte h.t. Paris, 216 p. et Annales Sciences Agronomiques 2^e série, 17^e année, 1901, tome I, p. 1-98 ; pp. 152-253 ; pp. 296-398.
- ORSC, 1943 - Création de l'Office de la Recherche Scientifique Coloniale par Arrêté du 4 novembre 1943 (J.O. du 5 novembre 1943). ORSC became ORSTOM in 1960 and IRD in 1998.
- ORSTOM, 1974 - 30 years of Pedology 1944-1974. Scientific ed. : R. Maignien, ORSTOM, Paris, 46 p.
- ORSTOM, 1980-81 - Journées Georges Aubert, 11 septembre 1980. Cahiers ORSTOM, série Pédologie, 13 (3-4) : 322 p.
- Quantin P., 1972 - Les Andosols. Revue bibliographique des connaissances actuelles. Cahiers ORSTOM, série Pédologie, 10 (3) : pp. 273-301.
- Quantin P., 1986 - Taxinomie de quelques sols volcaniques du Chili et de l'Equateur. Cahiers ORSTOM, série Pédologie 22 (11) : pp. 109-111.
- Quantin P., 1994 - Andosols. In :World reference Base for Soil Resources (draft), O. Spaargaren (Ed.), Wageningen, Rome. pp. 15-17.
- Roose E., 1970 - Importance relative de l'érosion, du drainage oblique et vertical dans la pédogenèse actuelle d'un sol ferrallitique de moyenne Côte d'Ivoire. Cahiers ORSTOM, série Pédologie 8 (4) : pp. 469-482.
- Segalen P., 1964 - Le fer dans les sols. ORSTOM, série Initiations, Documentations Techniques, 4, 152 p.
- Segalen P., 1969 - Contribution à la connaissance de la couleur des sols à hydroxydes de la zone intertropicale : sols jaunes et sols rouges. Cahiers ORSTOM, série Pédologie 7 (2) : pp. 225-236.
- Segalen P., 1973 - L'aluminium dans les sols. ORSTOM, série Initiations, Documentations Techniques, 22, 281 p.
- Segalen P., 1994-1995 - Les sols ferrallitiques et leur répartition géographique. Tome 1 : Introduction générale. Les sols ferrallitiques, leur identification et environnement immédiat (1994, 198 p.). Tome 2 : Les facteurs de formation et les sols ferrallitiques en Amérique (1995, 170 p.). Tome 3 : Les sols ferrallitiques, en Afrique et en Extrême-Orient, Australie, Océanie. Conclusions générales (1995, 204 p.). Etudes et Thèses, ORSTOM, Paris.
- Soil Survey Staff, 1999 - Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Agricultural Handbook n° 436. USDA-NRCS, Washington, DC., 869 p.
- Sombroek, W.G., 1994 - Sesquisols. In Spaargaren O.C. (Ed). World Reference Base for Soil Resources. Draft. Wageningen, Rome, pp. 77-79.
- Sourdat M., 1996 - Une évaluation agronomique des terres de Madagascar – 1897-1900. L'étude d'A. Müntz et sa correspondance avec A. Grandidier. Etude et Gestion des Sols 3 : pp. 207-214.
- Tavernier R., 1980-81 - Georges Aubert et son rôle international. Cahiers ORSTOM, série Pédologie, 18 (3-4) : pp. 183-185.
- Yankovitch L., 1935-1936 - Etude pédo-agrologique de la Tunisie. Annales du Service Botanique et Agronomique de Tunisie, Tomes 12-13, pp. 416-459.

