

Variation de la susceptibilité magnétique avec la profondeur à Pamatai (Tahiti)

par

R. RÉMIOT *

Résumé

Il est généralement admis que les fortes susceptibilités massiques χ se rencontrent dans la couche tout à fait superficielle du sol. Cette étude révèle un maximum de ce paramètre à la profondeur de deux mètres qui correspond à un horizon bien connu en pédologie. D'autres maxima moins prononcés suivent. Une interprétation des phénomènes par le drainage oblique et la formation polyphasée du sol est suggérée.

Abstract

It is generally admitted that high values of soil specific susceptibility χ are found in the quite superficial layer. A maximum of this parameter occurs in this study at two meters under soil level. It corresponds to an accumulation level well known in pedology. Other less important maxima follow. An interpretation of phenomena by means of oblique drainage and polyphased formation of the soil is suggested.

I - GÉNÉRALITÉS

Cette étude a pu être entreprise sans frais particuliers grâce à l'ouverture d'un énorme bassin réservoir d'eau dans la commune de Faaa, subdivision administrative de l'île de Tahiti.

Le site d'échantillonnage des terres étudiées constitue le voisinage immédiat de l'observatoire géophysique ORSTOM de Pamatai (17° 34' S - 149° 34' W, 340 mètres au-dessus du niveau de la mer).

* Directeur de recherches de l'ORSTOM - Centre ORSTOM de Papeete.

Du point de vue de la géomorphologie, il fait partie d'une planèze, comme l'on en rencontre couramment dans ce type de relief, de forme triangulaire à pointe tournée vers le haut. La pente radiale est de l'ordre de 12%, tandis que la déclivité est nettement plus forte dans la direction perpendiculaire, en descendant vers la vallée de la rivière Tipaerui.

La couverture végétale de hauteur quasi uniforme d'une cinquantaine de centimètres est constituée de fougères (*Gleichenia dichotoma*) donnant des sols acides.

Sur le plan climatologique, les températures extrêmes sont de 18 et 28° C avec une moyenne estimée de 24° à l'altitude considérée. L'hygrométrie relative de l'air est rarement inférieure à 80%. Quant aux précipitations, la hauteur d'eau de pluie tombée à l'observatoire est voisine de deux mètres par an, valeur notablement plus forte que celles des stations côtières. Une étude antérieure faite à l'île de la Réunion conduit à admettre, compte-tenu des résultats précédents, une hauteur des précipitations de l'ordre de dix mètres au centre de l'île de Tahiti.

Selon les travaux de DENEUFBOURG (1), la planèze est formée de laves basaltiques d'épanchement principal. L'altération de ces épanchements, favorisée par le climat tropical très humide, suivant les processus pédologiques, donne naissance à des formations de latérites terreuses.

II - MODE D'ÉCHANTILLONNAGE

Un effort particulier a été déployé pour assurer aux résultats des échantillons étudiés le maximum de représentativité possible. A partir du niveau topographique, en deux points A et B distants de quinze mètres, des prélèvements ont été opérés tous les vingt centimètres suivant la verticale descendante (10,6 mètres de profondeur pour A et 9 mètres pour B de cote, au niveau topographique, plus faible que celle de A). A chaque niveau d'échantillonnage, deux à trois décimètres cubes de terre sont décapés de la paroi du trou sur une largeur d'environ quarante centimètres. Cette quantité de terre est recueillie dans un seau. Elle est ensuite broyée à la main et homogénéisée par brassage. On en retire une fraction de l'ordre de 250 broyée à la main et homogénéisée par brassage. On en retire une fraction de l'ordre de 250 grammes pour ensachage et étiquetage. Cette façon de procéder permet d'espérer l'élimination ou du moins l'atténuation des effets de concentration anormale de matériaux magnétiques en des points privilégiés à l'échelle du centimètre ou du décimètre.

III - MESURE DES ÉCHANTILLONS

Les études magnétiques ont été conduites en laboratoire à Bondy* et à Saint-Maur** - banlieue parisienne - avec des magnétomètres à induction du type THELLIER (8 et 9). Le champ inducteur utilisé a pour valeur un oersted, c'est-à-dire en gros le double du champ terrestre en latitude moyenne, moins de trois fois celui de Tahiti. Signalons que, dans des mesures analogues, on a coutume, surtout quand il s'agit de faible susceptibilité, de recourir à des champs beaucoup plus forts, ce qui place les conditions expérimentales très loin des

* Laboratoire de Géophysique des Services Scientifiques Centraux de l'ORSTOM.

**Laboratoire de Géomagnétisme du Professeur THELLIER de la Faculté des Sciences de Paris.

Tableau 1

SUSCEPTIBILITE MAGNETIQUE MASSIQUE χ EN 10^{-6} uém cgs

Echantillon	χ	Echantillon	χ	Echantillon	χ	Echantillon	χ
AV 1	1800	A 600	1140	BV 1	1400	B 600	1350
AV 2	1200	A 620	1090	BV 2	1500	B 620	1160
AV 3	1200	A 640	1230	BV 3	1400	B 640	1140
AV 4	1100	A 660	1280	BV 4	1600	B 660	1270
		A 680	1150			B 680	1290
A 00	840			B 00	890		
A 20	830	A 700	950	B 20	980	B 700	1430
A 40	920	A 720	1060	B 40	900	B 720	1210
A 60	950	A 740	900	B 60	1030	B 740	1320
A 80	1160	A 760	1020	B 80	1020	B 760	1340
		A 780	1030			B 780	1470
A 100	1530			B 100	1070		
A 120	1640	A 800	1000	B 120	1350	B 800	1240
A 140	1870	A 820	1160	B 140	1240	B 820	1350
A 160	2040	A 840	1020	B 160	1520	B 840	1380
A 180	2110	A 860	1100	B 180	1760	B 860	1230
		A 880	1240			B 880	1300
A 200	1990			B 200	2280		
A 220	2100	A 900	1080	B 220	2210	B 900	1110
A 240	2060	A 920	960	B 240	1800		
A 260	1950	A 940	990	B 260	1690		
A 280	1510	A 960	1040	B 280	1550		
		A 980	900				
A 300	1240			B 300	1610	CV 1	1900
A 320	1180	A 1000	1210	B 320	1460		
A 340	1300	A 1020	1120	B 340	1460	CV 2	1400
A 360	1270	A 1040	1230	B 360	1280		
A 380	1620	A 1060	1150	B 380	1130		
A 400	1860			B 400	1380		
A 420	1630			B 420	1640		
A 440	1120			B 440	1450		
A 460	1300			B 460	1270		
A 480	1010			B 480	1190		
A 500	870			B 500	1510		
A 520	1140			B 520	1310		
A 540	890			B 540	1400		
A 560	1160			B 560	1420		
A 580	1070			B 580	1200		

conditions naturelles dans lesquelles l'échantillon se trouve sur le terrain. Aucune précaution spéciale n'a été prise pour la température qui a été celle de l'air ambiant des caves où sont installés les appareils (17° C environ).

IV - RÉSULTATS DES MESURES

Le tableau 1 donne la susceptibilité massique χ en 10^{-6} uém cgs (l'unité électromagnétique cgs de susceptibilité massique est la susceptibilité d'un échantillon dont un gramme acquerrait, s'il était placé dans un champ d'un oersted*, un moment magnétique induit égal à 1 uém cgs de moment**). Le niveau zéro étant arbitrairement choisi comme celui qui est juste sous la terre végétale, chaque échantillon est repéré par une lettre A ou B suivie d'un groupe de chiffres, le nombre formé par ces derniers indique la profondeur en centimètres de l'échantillon. Quelques prélèvements de terre végétale effectués aux points A et B mêmes, aux quatre coins d'un carré de 50 centimètres de côté ont été également étudiés, ils portent les noms de AV ou BV suivis d'un chiffre. Leurs susceptibilités figurent en tête du tableau. De plus, deux autres échantillons CV 1 et CV 2 provenant de deux points distants de 10 mètres de A et de B ont été également mesurés.

V - INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

L'examen de l'ensemble des valeurs du tableau appelle une première remarque d'ordre général : c'est la valeur relativement forte de χ pour tous les échantillons étudiés. Ce fait ne doit pas nous surprendre. Les roches qui ont donné naissance à ces produits d'altération doivent être elles-mêmes très magnétiques.

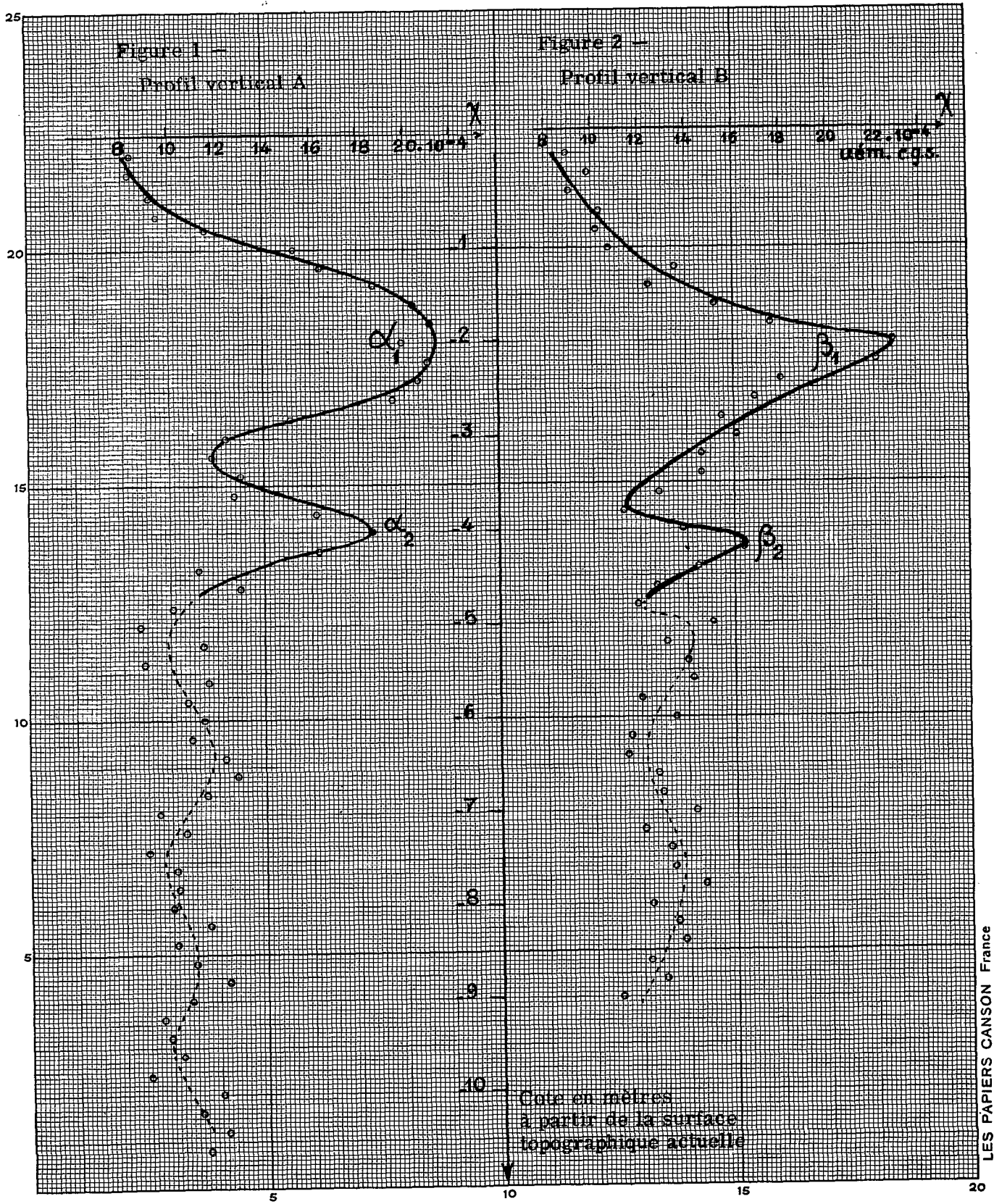
La comparaison des susceptibilités de la terre végétale et des couches sous-jacentes n'entraîne pas d'observations spéciales. Nous retrouvons les résultats connus des travaux de LE BORGNE E. (2) et des nôtres (5). Notons cependant que la terre végétale de Pamatai semble posséder une susceptibilité plus homogène que celle de Haute-Volta que nous avons étudiée jadis.

Les fortes valeurs de χ de la terre proprement dite que nous rencontrons dans la présente étude doivent leur origine aux transformations actives des minéraux par la matière organique qui préside au développement de la couverture végétale. De plus, on ne saurait oublier l'influence probable du feu (3) fréquent à Tahiti : des pans entiers de colline sont ravagés tous les ans par des incendies accidentels ou parfois provoqués, en vue de défrichage, par des maraîchers cultivant à flanc de montagne.

En reportant sur un diagramme cartésien les ensembles de nombres du tableau 1 et en traçant les graphes adoucis donnant la variation de χ en fonction de la profondeur (fig. 1 et 2), on voit que la susceptibilité croît de la surface jusqu'à environ deux mètres. L'existence des deux premiers "ventres" α_1 , β_1 , en empruntant ce terme aux pédologues, sur les deux

* Un oersted vaut $10^3/4\pi$ A/m

** 1 uém cgs de moment magnétique vaut $4\pi \cdot 10^{-10}$ A.m²



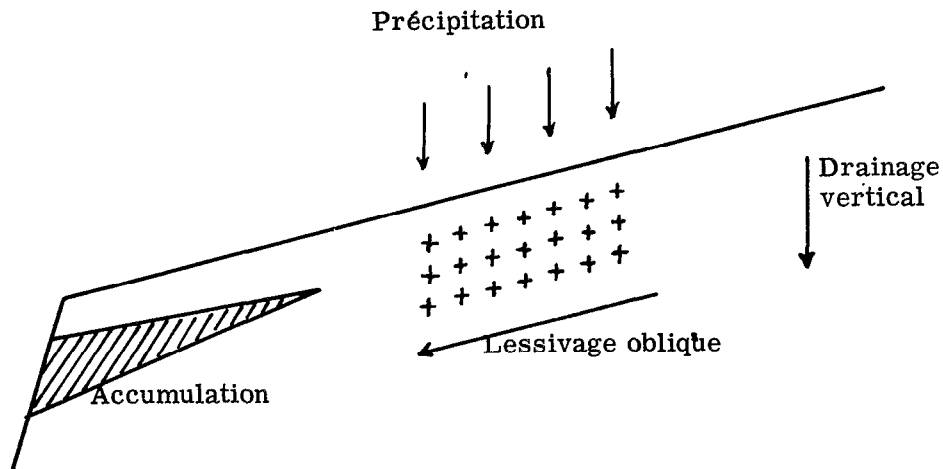
profils verticaux relatifs aux points A et B est assez inattendue quand on considère les résultats antérieurs, par exemple ceux de LE BORGNE sur les sols de France et, en particulier, sur les latérites d'Antonimena à Madagascar, et ceux que nous avons trouvés pour la Haute-Volta. Les susceptibilités rencontrées décroissent plutôt avec la profondeur. Certes, les deux exemples tropicaux ci-dessus ne correspondent pas rigoureusement au cas qui nous préoccupe. Ils portent sur des sols plus ou moins cuirassés. A Tahiti, aucune formation de surface de ce type n'est rencontrée.

C'est donc dans des processus pédologiques particuliers, liés à la température relativement peu élevée, à un régime de pluie abondant et aussi à la situation de petite île au milieu de l'océan, qu'il faudrait rechercher une explication au problème actuel.

On sait que le fer oxydé est précipité sur place. A Pamatai, avec une couverture végétale donnant un sol acide, les conditions sont propices pour un entraînement du fer. Par ailleurs, les pentes non négligeables contribuent à favoriser le drainage.

Plusieurs spécialistes de la pédologie tropicale de l'ORSTOM se sont penchés sur ces phénomènes de drainage. D'après les travaux de R. MAIGNIEN (4) en Guinée et de E. ROOSE (6) en Côte d'Ivoire, l'entraînement des produits sous forme soluble ou pseudo-soluble se fait en profondeur et en oblique. Il existe plusieurs causes qui limitent le drainage en profondeur et favorisent les mouvements obliques. La figure 3 schématise une coupe suivant la ligne de plus grande pente d'un sol soumis au lessivage oblique avec accumulation de matériaux magnétiques en biseau.

Figure 3



Un tel schéma permettrait d'expliquer non seulement l'existence des ventres α_1 et β_1 , mais aussi leur différence de forme, il suffirait de placer en surface aux endroits appropriés les points A et B par rapport à la pointe de la zone d'accumulation.

En descendant plus bas, nous observons sur les graphiques les ventres α_2 et β_2 qu'il serait difficile d'interpréter sans faire intervenir l'idée d'un sol polyphasé comme d'ailleurs l'a suggéré G. TERCINIER (7), pédologue qui a effectué plusieurs études sur Tahiti. Etant donné la géomorphologie de Tahiti d'une part, la forte pluviosité au centre de l'île d'autre

part, on peut admettre que les couches superficielles ont pu être recouvertes à une certaine époque par des produits de ruissellement des parties du relief venant de plus haut. Les ventres α_2 et β_2 correspondraient alors aux horizons d'accumulation avant ce recouvrement par des matériaux nouveaux qui, une fois en place, ont subi à leur tour les processus de lessivage décrits plus haut.

En ce qui concerne les petites ondulations dessinées en pointillé sur les deux graphes au-dessous du niveau -5 mètres, il apparaît difficile d'y attacher une signification physique quelconque, par exemple une succession de phases de recouvrement. L'examen du profil vertical du terrain au moment des prélèvements n'a révélé aucun indice qui permettrait d'émettre une telle hypothèse, de plus, les faibles écarts latéraux (graphiquement parlant) sont de l'ordre de grandeur des erreurs expérimentales dans les cas défavorables. Elles peuvent être tout simplement attribuées aux fluctuations aléatoires possibles.

Si on lissait davantage les courbes moyennes des figures 1 et 2, les ventres α_2 et β_2 disparaîtraient. On pourrait alors attribuer les fortes dispersions des valeurs de χ à ce niveau à la mise en place désordonnée des matériaux d'apport que nous avons supposée plus haut. Tandis que dans les couches superficielles soumises aux influences atmosphériques directes et indirectes, une certaine uniformisation des propriétés des matériaux s'est opérée, il n'en est pas de même pour l'horizon en question qui a échappé aux agents d'altération extérieurs.

Signalons enfin qu'au niveau le plus bas de l'échantillonnage, c'est-à-dire -10,6 mètres, la roche saine n'apparaît pas encore et rien n'indique qu'elle est proche. Nos moyens ne nous ont pas permis un forage plus profond en vue d'obtenir un échantillon non altéré dont la mesure de la susceptibilité aurait permis une intéressante comparaison.

VI - CONCLUSION

Il serait intéressant d'étendre cette étude à d'autres planètes pour vérifier si le phénomène observé peut être généralisé à toute l'île ou s'il est simplement un fait tout à fait local. Le large éventail de microclimats dont est doté Tahiti laisse présager l'existence de formations pédologiques très variées. Des compléments de travaux souhaités, il résulterait peut-être que le caractère d'interdépendance entre pédologie au sens courant du terme et "pédologie magnétique" ayant servi de base à nos diverses interprétations se trouverait confirmé et renforcé. On pourrait également espérer découvrir de nouvelles corrélations.

Bibliographie

- (1) DENEUFBOURG (G.) - 1965 - Carte géologique de Tahiti, B.R.G.M., Paris.
- (2) LE BORGNE (E.) - 1955 - Sur la susceptibilité magnétique du sol. Thèse Fac. Sc. Paris.
- (3) LE BORGNE (E.) - 1960 - Influence du feu sur les propriétés magnétiques du sol. *Annales de Géophysique*, t. 16, fasc. 2.

- (4) MAIGNIEN (R.) - 1958 - Le cuirassement des sols en Guinée - Afrique Occidentale. Thèse Fac. Sc. Strasbourg.
- (5) REMIOT (R.) - 1956 - Etude magnétique de latérites de la bande birrimienne d'Houndé (Haute-Volta). B. U. M. I. F. O. M.
- (6) ROOSE (E.) - avril 1968 - Erosion en nappe et lessivage oblique de quelques sols ferrallitiques de Côte d'Ivoire. Communication à la 6ème conférence biennale de la WASA/ASOA-Abidjan.
- (7) TERCINIER (G.) - 1969 - Modifications apportées par la préparation conventionnelle des échantillons de terre à leurs propriétés physiques et hydriques. *Cah. ORSTOM sér. Pédol.*, vol. VII, n° 4 (sous presse).
- (8) THELLIER (E.) - 1938 - Sur l'aimantation des terres cuites et ses applications géophysiques. *Ann. Inst. Phys. Globe, Univ. Paris, Bur. Central Magnétisme Terrestre*, t. 16, pp. 157-302.
- (9) THELLIER (E.) - 1967 - A "big sample" spinner magnetometer in Paleomagnetism, Elsevier Publishing Company, pp. 149-154.