

Distribution d'un horizon à forte cohésion au sein d'une couverture de sol aride du Nord-Cameroun : apport d'une prospection électrique (Distribution of hardpan in soil cover of arid zones. Data from a geoelectrical survey in northern Cameroon)

Mathieu Lamotte, Ary Bruand, Michel Dabas, Paul Donfack, Germina Gabalda, Albert Hesse, François Xavier Humbel, Henri Robain

▶ **To cite this version:**

Mathieu Lamotte, Ary Bruand, Michel Dabas, Paul Donfack, Germina Gabalda, et al.. Distribution d'un horizon à forte cohésion au sein d'une couverture de sol aride du Nord-Cameroun : apport d'une prospection électrique (Distribution of hardpan in soil cover of arid zones. Data from a geoelectrical survey in northern Cameroon). Comptes Rendus de l'Academie des Sciences Serie II, 1994, 318, pp.961-968. hal-00122538

HAL Id: hal-00122538
https://insu.hal.science/hal-00122538

Submitted on 3 Jan 2007

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

7/24

B PB6/1
ISSN 0764-4450

GÉOSCIENCES DE SURFACE/SURFACE GEOSCIENCES
(PÉDOLOGIE/PEDOLOGY)

C.R. Acad. Sci. Paris,
t. 318, série II,
p. 961 à 968,
1994

Distribution d'un horizon à forte cohésion au sein d'une couverture de sol aride du Nord-Cameroun: apport d'une prospection électrique

Mathieu Lamotte, Ary Bruand, Michel Dabas, Paul Donfack, Germinal Gabalda, Albert Hesse, François-Xavier Humbel et Henri Robain

M. L. : Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération, ORSTOM, BP n° 11416, Niamey, Niger;

A. B. : Institut National de la Recherche Agronomique, 45160 Ardon, France;

M. D. et A. H. : Centre National de la Recherche Scientifique, Centre de Recherches Géophysiques, Garchy, 58150 Pouilly-sur-Loire, France;

G. G. et F.X. H. : Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération, ORSTOM, 72, route d'Aulnay, 93143 Bondy, France;

P. D. : Institut de la Recherche Agronomique, BP n° 33, Maroua, Cameroun;

H. R. : Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération, ORSTOM, BP n° 1857, Yaoundé, Cameroun.

Résumé L'étude d'une couverture de sol aride a été effectuée en associant une prospection électrique à des observations morphologiques ponctuelles. La principale différenciation concerne un horizon sableux à forte cohésion qui est électriquement conducteur. Sa répartition, bien décrite par la prospection électrique, est étroitement associée à la distribution de la végétation : il est continu et peu profond (< 1,5 m) dans les zones nues ou herbacées, absent ou profond (> 1,5 m) dans les zones arborées. En outre, il semble que la présence de cet horizon soit associée à un substrat argileux, et son absence ou son approfondissement à un substrat sableux.

Mots-clés : géophysique, résistivité, sol sableux, sol induré, sédiment, Cameroun.

Abstract **Distribution of hardpan in soil cover of arid zones. Data from a geoelectrical survey in northern Cameroon**

A study of arid-soil cover was carried out by resistivity survey and morphological observations. The main differentiation concerns a sandy hardpan that has a low resistivity. Its distribution is closely associated with differences in vegetation: it is (i) present and continuous at shallow depth (< 1.5 m) in bare or herbaceous zones and (ii) deeper than 1.5 m or absent in arboreous zones. It is also suggested that the presence of hardpan is related to a clayey substratum, whereas its absence or deepening is related to a sandy substratum.

Keywords : geophysics, resistivity, sandy soil, hardpan, sediment, Cameroon.

Abridged English Version

Many arid areas subjected to a sahel-type climate are abandoned by Man because of soil infertility and are bare with only a few trees. Desertification is commonly characterized by the development of hardpan at shallow depth, which reduces both the infiltration rate of water and biological activity (Brabant and Gavaud, 1985). Detailed work in northern Cameroon studied the relative distribution of sandy layers with low cohesion (SPC layer) and high cohesion (STC layer or hardpan). The presence of hardpan is an obstacle to the multiple excavations required for detailed study (Boulet *et al.*, 1982 *a*, *b*, *c*; Humbel, 1984). The purpose of this paper is to describe the distribution of hardpan with the help of a resistivity survey associated with morphological observation of soil profiles.

The study area is located near Maroua, in the southern plain of the Chad basin (**figure 1 a**). Without any topographical variation, differences are expressed by the distribution of vegetation which is highly contrasted: four types of zone are distinguished (Lamotte, 1993): arboreous, herbaceous, bare and marshy zones, where herb or tree species are specific for swampy areas (**figure 1 b**). For the resistivity mapping (Hesse, 1978; Bottraud *et al.*, 1984; Hesse *et al.*, 1986; Scollar *et al.*, 1990 and Telford *et al.*, 1990), a RCMA 3-Septa instrument was used with a Wenner array characterized by a constant spacing *a* between the electrodes. The survey area (50 × 300 m) was covered by a 4 × 4 m grid for measurements. The resistivity (ρ) for each array position was plotted against the centre of the elec-

Note

présentée par
Georges Pédro.
remise le 6 décembre 1993,
acceptée après révision
le 7 février 1994.

ORSTOM Documentation
010001471

0764-4450/94/03180961 • $ 2.00 © Académie des Sciences

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire
961 N° : 43494
Cote : B ex 1

trode array. Four types of Wenner electrode array (a = 1, 2, 4, 8 m) were employed successively, which resulted in four maps (**figure 2**).

The resistivity ranged from 7 to 10.000 Ω m (**figure 2**). The strongest resistivity variations were found with electrode spacings of 1 and 2 m (**figure 2 a** and **b**). The highest resistivities ($\rho \geq 1\,000$ Ω m) form large anomalies (10-50 m), called A, A′ and A" (**figures 2 a** and **b**), which are also seen on the maps obtained with electrode spacings of 4 and 8 m, although characterized by lower resistivities and smaller size (**figure 2 c** and **d**). Except for these anomalies, the maps obtained with a = 1 and 2 m show very large areas with low resistivity, among which two types are distinguished (**figure 2 a** and **b**): heterogeneous areas ($20 \leq \rho \leq 500$ Ω m), which include small anomalies (*e.g.* anomaly B where the highest resistivity is about 600 Ω m), and homogeneous zones ($\rho \leq 40$ Ω m).

Profiles and pseudo-sections based on soil observations and resistivity maps, respectively (**figure 3**) reveal that soils consist of an upper SPC layer (high resistivity and low cohesion) and underlying STC layer (low resistivity and high cohesion). The resistivity varies mainly with the depth of the boundary between SPC and STC layers. The study of anomaly A shows that the thickness of the upper SPC layer decreases from 3 m in the centre of the anomaly, to 0.5 m at its east or west boundaries (**figure 3 a**). The highest resistivity gradients are related to a lateral interruption of the STC layer, near the east boundary of anomaly A, and lower gradients correlate with an increase in the depth of the STC layer (from 0.5 to 3 m), near the west boundary (**figure 3 a**). By analogy with this result, anomalies A′ and A" would have a deep or absent STC layer, and an upper SPC layer that is about 3 m thick.

Elsewhere, profiles and pseudo-sections show that the STC layer forms a continuous layer and that thickness of the SPC layer ranges from 0.1 to 1.25 m (**figure 3**). On the map obtained with electrode spacings of 1 and 2 m (**figure 2 a** and **b**), resistivity variation and morphological observation of soils (**figure 3 b**) reveal that: (i) inside the heterogeneous areas ($20 \leq \rho \leq 500$ Ω m), the thickness of the upper SPC layer generally varies from 0.25 to 0.75 m (locally, in the centre of anomaly B, it can be as much as 1.25 m) and that (ii) inside the homogeneous areas ($\rho \leq 40$ Ω m) the SPC layer is less than 0.1 m thick.

The resistivity variation on the maps obtained with electrode spacings of 1, 2 and 4 m (**figure 2 a, b** and **c**) is consistent with the distribution of the SPC and STC layers, whereas the resistivity variation for an electrode spacing of 8 m (**figure 2 d**) appears to reflect characteristics of the substratum. The highest resistivities ($100 \leq \rho \leq 300$ Ω m) form a sinuous zone with a coarse sandy substratum and the lowest resistivities ($\rho \leq 30$ Ω m) form very large areas where a clayey substratum was observed (**figure 3 a**). The presence of an STC layer at shallow depth (about 0.1 to 1 m) would be related to the presence of a clayey substratum, whereas its deepening or absence would be related to the presence of a coarse sandy substratum. Our work also shows that the distribution of vegetation (**figure 1 b**) is closely related to the SPC layer thickness (**figure 3**): more than 1 m in arboreous zones (anomalies A, A′, A" and B), 0.25-0.75 m in herbaceous zones (heterogeneous area on the maps obtained with a = 1 and 2 m), and less than 0.1 m in bare zones (homogeneous area on the maps obtained with a = 1 and 2 m). Finally, although the topography is almost flat, the results show that soil differentiation and associated vegetation distribution are closely related to the nature of substratum. This illustrates the significance of substratum characteristics in hardpan development within the soil cover of arid zones.

I. INTRODUCTION

Dans les régions soumises à un climat sahélien ou soudano-sahélien, de grandes étendues de terre sont abandonnées par l'Homme à la suite d'une diminution de leur fertilité. Les sols y présentent généralement des propriétés physiques très dégradées : une très forte cohésion caractérise un horizon peu profond, épais d'un à plusieurs mètres,

sableux ou argileux, et ne présentant aucune concentration ferrugineuse ou carbonatée particulière (Brabant et Gavaud, 1985). La présence d'un horizon à forte cohésion constitue un obstacle à la pénétration de l'eau et limite les possibilités d'utilisation agricole des sols. Une étude détaillée de la distribution de cet horizon au sein de la couverture de sol est nécessaire pour une meilleure compréhension du fonctionnement hydrique et des processus de pédogenèse. La mise en oeuvre d'une telle analyse implique de procéder à de nombreuses observations morphologiques dans des fosses (Boulet *et al.*, 1982 *a*, *b*, *c*; Humbel, 1984). Or, les propriétés mécaniques de cet horizon restreignent considérablement les possibilités d'investigations par des sondages à la tarière ou par des creusements de fosses. L'objectif de cette Note est de présenter les résultats d'une cartographie de résistivité associée à un nombre restreint d'observations du sol.

II. PRÉSENTATION DU SITE

Le site étudié est une zone aride typique localisée dans la plaine méridionale du bassin tchadien à 50 km à l'ESE de Maroua (**figure 1 a**). Le socle granito-gneissique est situé à quelques mètres de profondeur. Parmi les sédiments qui le recouvrent, on distingue un matériau supérieur homogène, sablo-limoneux à sable fin, qui résulterait de dépôts éoliens, et un matériau inférieur hétérogène, sableux à argileux, à sable fin ou grossier, qui résulterait d'apports fluviatiles. En l'absence de variation topographique notable, la principale différenciation à la surface du sol concerne la distribution très contrastée de la végétation (Lamotte, 1993). Quatre types d'association végétale sont en effet reconnus (**figure 1 b**) :

– des « zones nues » à végétation herbacée absente ou saisonnière et peu dense (*Schoenefeldia gracilis* et *Sporobolus festivus*) avec, çà et là, quelques individus ligneux isolés (*Asparagus flagellaris, Balanites oegyptiaca* et *Lannea humilis* exclusivement) et qui s'étendent en continu sur plusieurs hectares ;

– des « zones herbacées » de forme allongée et irrégulière qui s'étendent sur plusieurs ares ou plusieurs hectares et qui présentent une végétation herbacée dominée par *Loudetia togoensis* et *Zornia glochidiata* et une végétation ligneuse peu abondante et regroupée en îlots peu diversifiés (*Asparagus flagellaris, Balanites oegyptiaca, Cissus cornifolia* et *Lannea humilis* exclusivement) ;

– des « zones arborées » de forme arrondie ou allongée, s'étendant sur quelques ares, où la végétation riche en espèces herbacées et ligneuses est nettement dominée par *Guiera senegalensis* ;

– des « zones de mares » dont la végétation herbacée et ligneuse est spécifique des milieux hydromorphes et qui s'étendent sur plusieurs ares dans des dépressions fermées de quelques décimètres de dénivelée.

Une étude préliminaire, réalisée en procédant à des sondages à la tarière, a montré que les sols comportent un horizon sableux peu cohérent (SPC) surmontant un horizon sableux très cohérent (STC), à l'exception des zones de mares qui présentent des sols argileux peu cohérents. En outre, cette étude a fait apparaître une correspondance entre les différentes associations végétales et la profondeur de l'horizon STC : moins de 0,1 m dans les zones nues, environ 0,5 m dans les zones herbacées et 3 à 4 m dans les zones arborées.

III. PRÉSENTATION DE LA MÉTHODE DE CARTOGRAPHIE DE RÉSISTIVITÉ

Afin d'étudier l'organisation de la couverture pédologique et de vérifier la correspondance avec la distribution de la végétation, une reconnaissance géophysique a été mise en œuvre dans un secteur de 50 × 300 m (**figure 1 b**). La méthode électrique a été choisie en raison de la facilité de sa mise en œuvre, mais surtout de l'existence d'un contraste marqué entre les horizons en présence. En effet, à la différence de l'horizon SPC électriquement résistant, une faible quantité d'argile hydratée, présente sous la forme de revêtements sur les grains de sable et de ponts entre ces derniers, rend l'horizon STC conducteur (Lamotte, 1993). En outre, la méthode électrique est particulièrement bien adaptée à une reconnaissance tridimensionnelle à faible profondeur sur une superficie

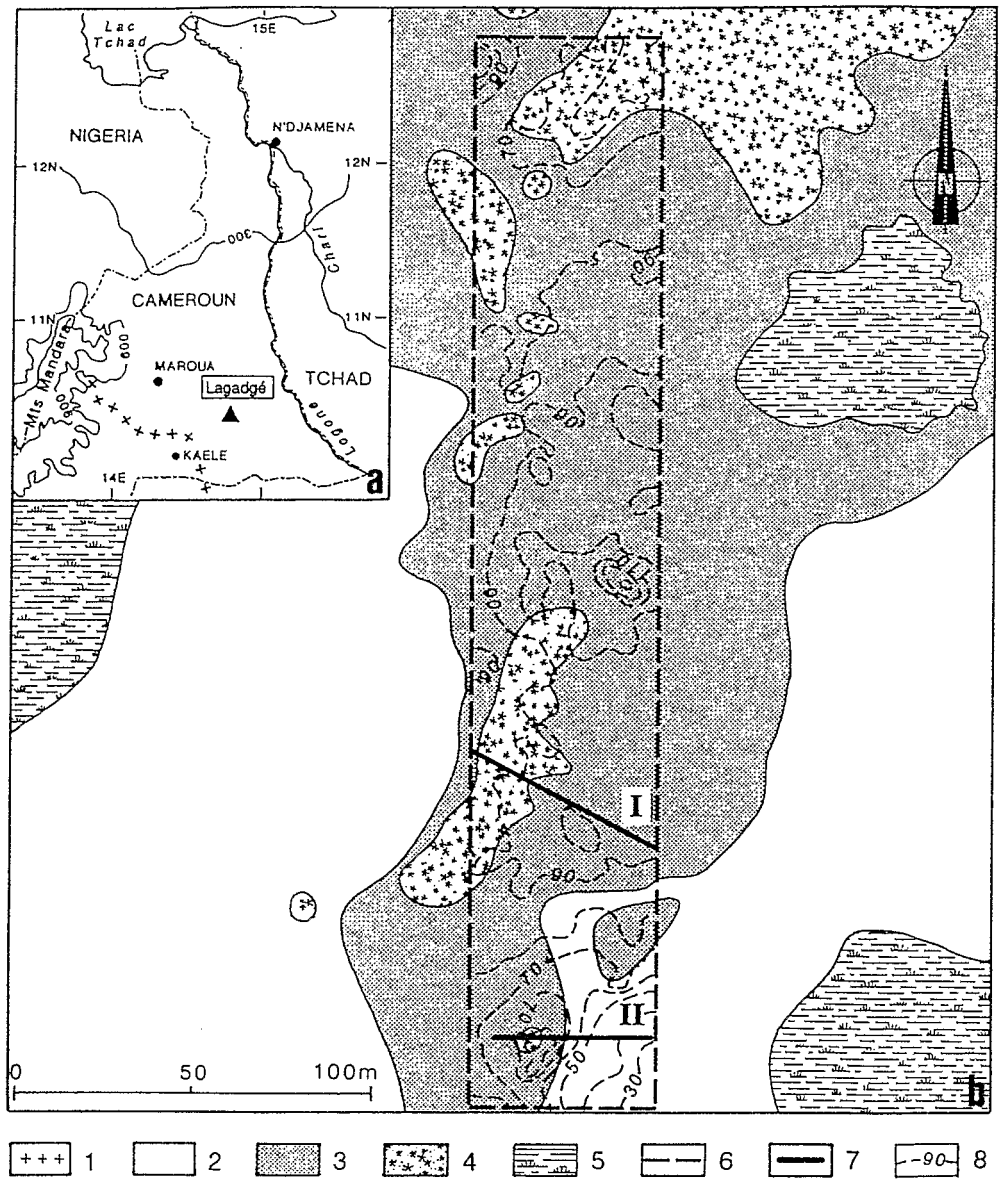


Figure 1 *a*. Localisation du site (*hardé Lagadgé*) et *b*. Carte de distribution de la végétation. 1. Ligne de partage des eaux (bassin du Tchad vers le Nord et bassin de la Benoue vers le Sud) ; 2 : Zone nue ; 3 : Zone herbacée ; 4 : Zone arborée ; 5 : Zone de mares ; 6 : Secteur principal de reconnaissance géophysique ; 7 : Localisation des coupes I et II, 8 : Courbe de niveau (cm).

a. Location of the site (*hardé Lagadgé*) and *b*. Map of vegetation. 1: Boundary between the Chad and Benoue watersheds; 2: Bare zone; 3: Herbaceous zone; 4: Arboreous zone; 5: Marshy zone; 6: Main area of geoelectrical survey; 7: Location of profiles I and II; 8: Contour lines (cm).

de l'ordre de quelques hectares (Hesse, 1978 ; Bottraud *et al.*, 1984 ; Hesse *et al.*, 1986 ; Scollar *et al.*, 1990 ; Telford *et al.*, 1990). Un quadripôle Wenner d'électrodes en contact avec le sol et un appareil RMCA 3 Septa, ont servi à mesurer la résistivité $\rho = 2\pi\, a\, \Delta V/I$ (I est l'intensité du courant injecté par deux des électrodes, ΔV la différence de potentiel qui apparaît entre les deux autres, et a la distance entre les électrodes). Afin d'atteindre des profondeurs d'investigation croissantes, quatre relevés de résistivité ont été effectués successivement avec un écartement a des électrodes de 1, 2, 4 et 8 m. Pour les trois premiers, les mesures ont été enregistrées sur un même maillage de 4×4 m ; pour le dernier (a = 8 m), les mesures sont deux fois moins denses, mais le même maillage a été rétabli par interpolation lors du tracé. Au cours de la prospection, des répétitions de mesure ont permis de s'assurer de l'absence d'une dérive climatique de la résistivité (Lamotte, 1993).

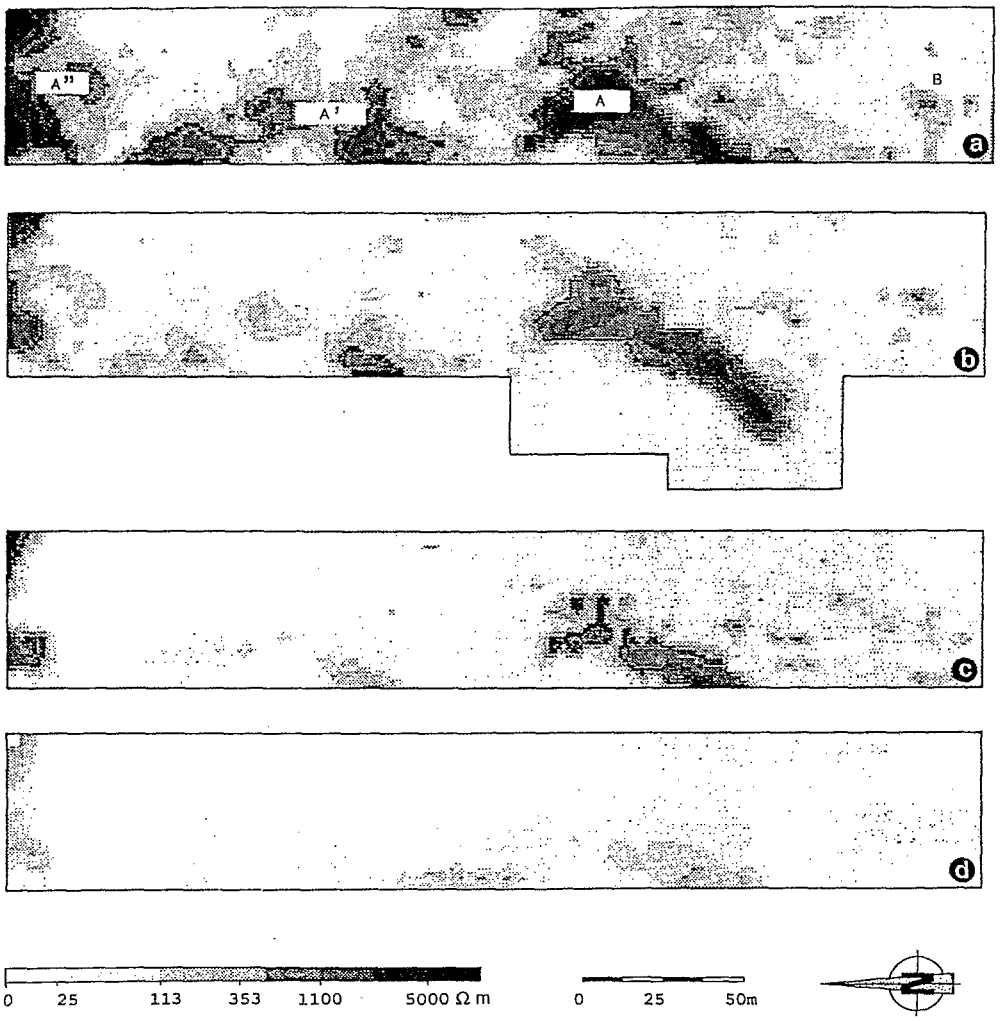


Figure 2 Cartes de résistivité obtenues avec une distance entre les électrodes : $a = 1$ m (a), 2 m (b), 4 m (c) et 8 m (d). Localisation des anomalies A, A', A" et B.

Resistivity maps obtained with electrode spacing $a = 1$ m (a), 2 m (b), 4 m (c) and 8 m (d). Location of the anomalies A, A', A" and B.

IV. PRÉSENTATION DES RÉSULTATS ET DISCUSSION

(1) Distribution spatiale des résistivités

La distribution est analysée en considérant l'ensemble des cartes obtenues et les pseudo-sections qui peuvent en être déduites (**figures 2 et 3**). Au préalable, il importe de rappeler que les mesures de résistivité concernent des horizons situés à une distance maximale de $3a/4$ à partir du centre du quadripôle. Cette remarque s'appliquant autant vers la profondeur que latéralement, les résistivités mesurées ne se réfèrent pas à un point pour une tranche de sol située à une profondeur déterminée, mais elles intègrent à partir de la surface du sol un volume d'autant plus profond et plus étendu que la valeur de a est grande.

Ceci étant, les cartes (**figure 2**) montrent que les résistivités s'échelonnent sur une très large gamme de valeurs (7 à 10 000 Ω m), plus étendue pour les faibles profondeurs que pour les grandes. Des anomalies résistantes s'individualisent au sein de plages conductrices relativement uniformes. La principale anomalie (anomalie A au centre du secteur) se caractérise par une forme allongée (20 à 30 m de large et 50 m de long sur la carte en 1 m), par de très fortes résistivités vers le centre (résistivités supérieures à 5 000 Ω m sur la carte en 1 m) et par de forts

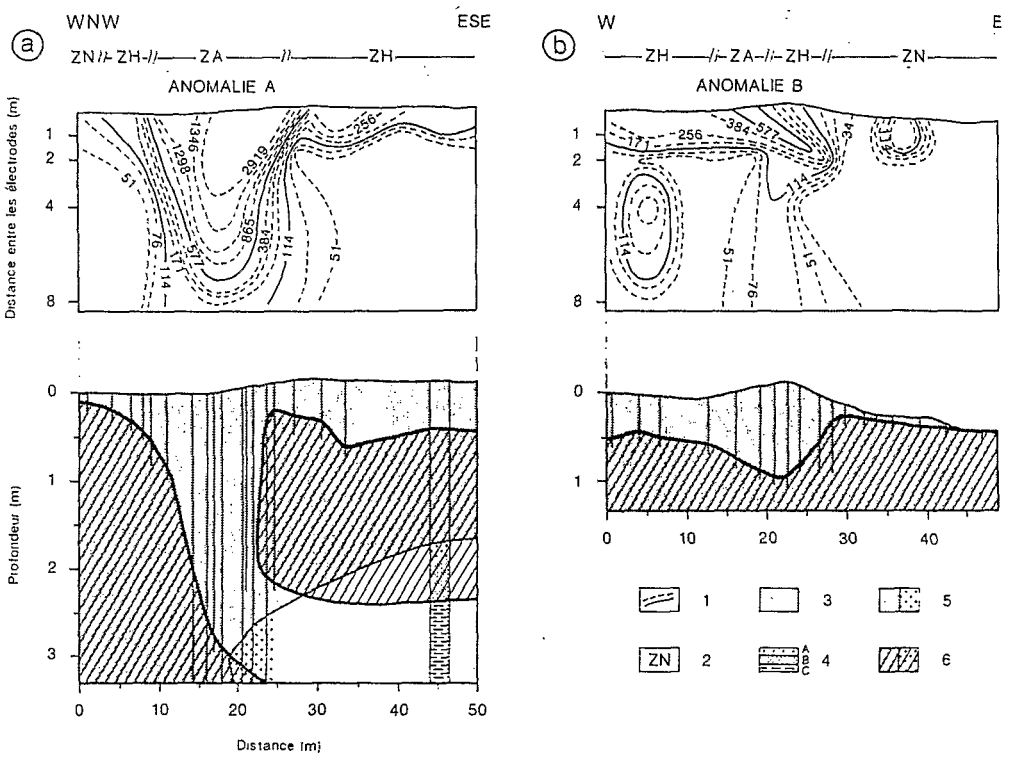


Figure 3 *a*. Séquence I : pseudo-section de l'anomalie A et coupe montrant l'organisation des horizons correspondante et *b*. Séquence II : pseudo-section de l'anomalie B et coupe montrant l'organisation des horizons correspondante. 1 : Courbe d'égale résistivité (Ω m) ; 2 : Zone nue (ZN), Zone herbacée (ZH), Zone arborée (ZA) ; 3 : Matériau supérieur homogène (sableux fin) ; 4 : Matériau inférieur hétérogène (A : sableux grossier, B : sableux fin, C : argileux) ; 5 : Horizon sableux peu cohérent ; 6 : Horizon sableux très cohérent.

a. Sequence I: pseudo-section and profile of anomaly A showing the corresponding organization of soil horizons; *b*. Sequence II: pseudo-section and profile of anomaly B showing the corresponding organization of soil horizons. 1: Isoresistivity curves (Ω m); 2: Bare zone (ZN), Herbaceous zone (ZH), Arboreous zone (ZA); 3: Homogeneous upper material (fine sand); 4: Heterogeneous lower material (A: coarse sand, B: fine sand, C: clay); 5: Sandy horizon with low cohesion; 6: Sandy horizon with high cohesion (hardpan).

gradients en certains points de sa périphérie (6 500 à 35 Ω m pour une distance de 10 m sur la carte en 1 m). La surface occupée par cette anomalie diminue de moitié entre la carte en 1 m et celle en 4 m. Sur la carte en 8 m, l'anomalie A se raccorde latéralement à l'anomalie A′ située au NW et peut-être aussi à l'anomalie A" située au Nord du secteur.

Dans les plages conductrices des cartes en 1 et 2 m, on peut distinguer des zones homogènes où la résistivité est de 40 Ω m environ et des zones hétérogènes où la résistivité varie de 20 à 500 Ω m. Au sein de ces dernières, de petites anomalies de taille décamétrique et de résistivité atteignant 600 Ω m au maximum sont présentes ; c'est le cas de l'anomalie B (**figure 2 a** et **b**). Sur les cartes en 4 et 8 m (**figure 2 c** et **d**), les zones de faible résistivité (inférieure à environ 90 Ω m) tendent à occuper toute la surface des cartes, excepté à l'aplomb des grandes anomalies. Les investigations les plus profondes ne révèlent, par conséquent, aucune nouvelle anomalie d'importance par rapport aux investigations superficielles (excepté dans le Nord de la carte en 4 m, où une zone de résistivités inférieures à 20 Ω m est intercalée entre des résistivités plus élevées sur les cartes en 2 et 8 m). De petites anomalies, non décelables en raison de l'effet intégrateur des grands quadripôles, pourraient exister en profondeur. En revanche, la décroissance d'amplitude et d'extension des anomalies A, A′ et A" est en faveur de la prolongation, plus étroite, vers le bas de la structure qui est responsable de ces anomalies (l'effet intégrateur s'exprimerait en sens contraire par une augmentation d'amplitude et d'extension des anomalies).

(2) Organisation du sol associée aux anomalies de résistivité

Afin d'interpréter les cartes de résistivité, deux plans de coupe verticaux sont étudiés dans des zones à fort gradient de résistivité (séquences I et II, **figure 3**).

La séquence I est orientée WNW-ESE, transversalement au plus grand axe de l'anomalie A (**figure 2**). Cette séquence est située dans une zone de transition entre un sol à horizon SPC épais de 3 m (au centre de l'anomalie) et un sol à horizon SPC épais d'environ 0,5 m (de part et d'autre de l'anomalie,

vers l'Est et vers l'Ouest). Vers le centre, les résistivités sont très élevées en surface (3 000 à 5 000 Ω m en 1 m et 2 000 Ω m en 4 m). A l'Ouest de l'anomalie, elles sont nettement plus faibles (50 à 500 Ω m en 1 m et 20 à 80 Ω m en 1, 2 et 4 m). La comparaison de la coupe et de la pseudo-section correspondante montre clairement que l'horizon SPC est associé à de très fortes résistivités et l'horizon STC à de très faibles résistivités. Sur la pseudo-section (**figure 3 a**), il apparaît que la largeur de l'anomalie diminue depuis les mesures en 1 m (largeur de 20 m) jusqu'aux mesures en 4 m (largeur de 12 m) et que les gradients latéraux de résistivité sont moins forts à l'Ouest qu'à l'Est. A l'Ouest de l'anomalie, les gradients et la forme convexe des courbes d'égale résistivité sont associés à un approfondissement de l'horizon STC (profondeur variant de 0,5 à 3 m). A l'Est de l'anomalie, les plus forts gradients et la forme concave des courbes d'égale résistivité sont liés à une interruption latérale de l'horizon STC (**figure 3 a**).

La séquence II, orientée E-W recoupe les plus forts gradients de l'anomalie B (**figure 2 a** et **b**). Au centre de l'anomalie B, l'épaisseur de l'horizon SPC atteint 1,25 m au maximum (**figure 3 b**). Les gradients de résistivité qui sont les plus élevés sur la limite à l'Est de l'anomalie B coïncident avec une pente élevée de la discontinuité entre les horizons SPC et STC (pente de 15% à l'Est et de 5% à l'Ouest). A l'Est de l'anomalie, l'épaisseur de l'horizon SPC est inférieure à 5 cm et l'horizon STC est très proche de la surface du sol. Les résistivités mesurées en 1, 2, 4 et 8 m sont alors généralement comprises entre 25 et 50 Ω m. Un épaississement local de l'horizon SPC (épaisseur de 0,20 m), associé à l'existence d'une anomalie mineure apparaissant dans les mesures en 1 m, démontre la fiabilité du relevé dans certains détails. A l'Ouest de l'anomalie, les résistivités en 1 et 2 m varient respectivement de 170 à 380 Ω m et de 30 à 80 Ω m, en relation avec la présence d'un horizon SPC épais de 0,5 m.

L'étude de ces deux séquences a montré que les anomalies de résistivité sont associées à une variation de la profondeur de la discontinuité entre les horizons SPC et STC. De plus, les différents gradients enregistrés sur le pourtour de ces anomalies rendent compte de la géométrie de l'horizon STC (approfondissement ou interruption latérale).

(3) Interprétation des cartes de résistivité

Les variations de résistivité les plus nettes sont observées sur les cartes en 1 et 2 m. Les grandes anomalies A′ et A" présentent les mêmes caractéristiques que l'anomalie A : extension latérale sur plusieurs décamètres, présence sur les quatre cartes, valeurs maximales dépassant 5 000 Ω m et très forts gradients sur le pourtour. Ces anomalies sont très vraisemblablement associées à des sols à horizon SPC épais de plusieurs mètres. Sur le secteur prospecté, ces sols s'étendraient ainsi dans une zone allongée en forme de boutonnière de 90 m de long et de 20 m de large (anomalie A), dans une autre de forme arquée, de 80 m de long et de 15 m de large (anomalie A′), et enfin dans une troisième non entièrement délimitée sur le secteur étudié (anomalie A"). Excepté ces grandes anomalies, la cartographie de résistivité indique que l'horizon STC s'étend en continu à faible profondeur sur l'ensemble de la surface prospectée et que cet horizon est disposé à la base d'un horizon SPC d'épaisseur variable. Les zones hétérogènes de résistivité comprise entre 20 et 500 Ω m et les zones homogènes de faible résistivité (40 Ω m) correspondent à des sols où la limite entre les horizons SPC et STC est située respectivement à quelques décimètres ou à quelques centimètres de profondeur.

Les cartes en 4 et 8 m présentent des variations plus faibles que celles en 1 et 2 m. Ceci tient au caractère intégrateur des grands dispositifs de mesure et à l'absence de nouvelle anomalie très contrastée en profondeur. Les cartes en 4 et 8 m montrent la continuité des anomalies A, A′ et A" en profondeur. Sur la carte en 8 m, les anomalies A et A′ se raccordent en constituant une forme allongée et sinueuse. A ce propos, il semble que les mesures en 1, 2 et 4 m rendent compte de l'organisation des horizons SPC et STC, tandis que les mesures en 8 m révèleraient des différences tenant à la nature du matériau sédimentaire inférieur. Les grandes

zones à faible résistivité (30 Ω m) seraient associées à une granulométrie argileuse de ce matériau et les anomalies (100 à 300 Ω m) seraient dues à une granulométrie sableuse (**figure 3 a**). Néanmoins, les caractéristiques de la couverture pédologique ne sont pas favorables à la mise en évidence de différences au sein des matériaux sédimentaires, du fait de l'absence de contraste de résistivité : le matériau inférieur argileux conducteur est situé à la base d'un horizon STC également conducteur et le matériau sableux résistant est situé à la base d'un horizon SPC également résistant.

La comparaison de la carte des associations végétales (**figure 1 b**) et des cartes de résistivité, en particulier celles en 1 ou 2 m (**figure 2 a** et **b**) montre que : les zones nues présentent un horizon STC très proche de la surface du sol (zones homogènes à faible résistivité), les zones herbacées correspondent généralement à des sols où l'horizon STC est situé entre 0,25 et 0,75 m de profondeur (zones hétérogènes à faible résistivité) et les zones arborées sont systématiquement associées à une profondeur de l'horizon STC supérieure à 1 m (anomalies résistantes A, A', A" et B).

V. CONCLUSION

La cartographie de résistivité associée à des observations morphologiques ponctuelles a permis de préciser la position de l'horizon sableux à forte cohésion pour l'ensemble du secteur étudié. Il a ainsi été montré que, sans aucune variation topographique associée, cet horizon constitue la principale différenciation au sein de la couverture de sol : il s'étend en continu et à faible profondeur sur la majeure partie du secteur. Une telle continuité n'est interrompue que localement (« boutonnières » d'extension décamétrique). Par ailleurs, les observations suggèrent que la présence d'un horizon à forte cohésion est associée à une nature argileuse du substratum. Les caractéristiques du substrat joueraient ainsi un rôle primordial pour le développement de l'horizon à forte cohésion.

Remerciements : Ce travail a été réalisé dans le cadre de l'Action Incitative Geohard (ORSTOM, Département TOA). Les auteurs remercient tout particulièrement Zache Boli et Lamine Seiny-Boukar (IRA, Cameroun), Philippe Mathieu, Christian Seignobos et Henry Tourneux (ORSTOM, Cameroun) pour leur soutien et leur aide matérielle.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BOTTRAUD, J. C., BORNAND, M. et SERVAT, E., 1984. Mesures de résistivité apparente appliquées à la cartographie en pédologie, *Science du Sol*, 4, p. 279-294.

BOULET, R., CHAUVEL, A., HUMBEL, F. X. et LUCAS, Y., 1982 *a*. Analyse structurale et cartographie en pédologie. I - Prise en compte de l'organisation bidimensionnelle de la couverture pédologique : les études de toposéquences et leurs principaux apports à la connaissance des sols, *Cah. ORSTOM*, sér. Pédol., XIX, 4, p. 309-321.

BOULET, R., HUMBEL, F. X. et LUCAS, Y., 1982 *b*. Analyse structurale et cartographie en pédologie. II - Une méthode d'analyse prenant en compte l'organisation tridimensionnelle des couvertures pédologiques, *Cah. ORSTOM*, sér. Pédol., XIX, 4, p. 323-339.

BOULET, R., HUMBEL, F. X. et LUCAS, Y., 1982 *c*. Analyse structurale et cartographie en pédologie. III - Passage de la phase analytique à une cartographie générale synthétique, *Cah. ORSTOM*, sér. pédol., XIX, 4, p. 341-351.

BRABANT, P. et GAVAUD, M., 1985. Les sols et les ressources en terres du Nord-Cameroun, Notice explicative, *ORSTOM*, Paris, 103, 285 p.

HESSE, A., 1978. Manuel de prospection appliquée à la reconnaissance archéologique, *Centre Rech. Techn. Gréco-romaines*, Université de Dijon, 8, 127 p.

HESSE, A., JOLIVET, A. et TABBAGH, A., 1986. New prospects in shallow depth electrical surveying for archaeological and pedological applications, *Geophysics*, 51, 3, p. 585-594.

HUMBEL, F. X., 1984. L'analyse structurale des couvertures de sol, une base pour la cartographie des sols en Guyane, *Livre Jubilaire du cinquantenaire de l'AFES*, AFES, Paris, p. 167-179.

LAMOTTE, M., 1993. Les sols sableux à forte cohésion des zones tropicales arides. Étude du hardé Lagadgé au Nord-Cameroun, *Thèse de Doctorat*, Université Paris VI, ORSTOM, Bondy, 315 p.

SCOLLAR, I., TABBAGH, A., HESSE, A. et HERZOG, I., 1990. Archaeological prospecting and remote sensing, *Topics on remote sensing*, Cambridge University Press, 674 p.

TELFORD, W. M., GELDART, L. P. et SHERIFF, P. E., 1990. *Applied geophysics*, Cambridge University Press, Cambridge, 770 p.