

L'ÉVOLUTION GÉOMORPHOLOGIQUE DE LA MAURITANIE MÉRIDIONALE ET CENTRALE

PROBLÈMES DES REVÊTEMENTS LATÉRITIQUES,
CUIRASSES FERRUGINEUSES ET CROÛTES CALCAIRES
L'INFLUENCE DES VARIATIONS DU CLIMAT

La plupart des études géomorphologiques en Mauritanie sont récentes. S. DAVEAU (1970) en a dressé un premier bilan pour le Quaternaire au sud-ouest du Sahara d'après ses travaux et ceux d'autres chercheurs. Les recherches sur le terrain et en laboratoire se sont poursuivies depuis lors, parfois en équipe. J'ai présenté une synthèse de mes recherches dans le bassin du fleuve Sénégal qui draine une partie de la Mauritanie méridionale (P. MICHEL, 1973). L. HÉBRARD (1973) a établi un bilan de ses recherches sur le littoral mauritanien. D. NAHON (1976) a étudié d'une façon très précise les altérations des roches et les indurations superficielles en quelques endroits entre Nouadhibou et Zouerat.

G. BEAUDET *et al.* (1976) ont repris les observations et les résultats concernant le Quaternaire récent (environ 100 000 ans B. P.) pour poser les problèmes stratigraphiques et paléoclimatiques du Sahara occidental pendant cette période relativement courte à l'échelle géologique. Je voudrais donner un aperçu de l'évolution géomorphologique de ce vaste ensemble, d'après nos connaissances actuelles encore très fragmentaires ⁽¹⁾. Les formations géochimiques de surface constituent des jalons importants de cette évolution et donnent des indications sur les milieux morphoclimatiques successifs.

⁽¹⁾ Cet article reprend une communication faite en allemand, au 2. Basler Geomethodischen Colloquium en novembre 1976 et publiée dans les *Mitteilungen der Basler Afrika Bibliographien*, vol. 19, 1977, p. 81-108.

I. LES PAYSAGES

Les régions méridionales et centrales de la Mauritanie sont un domaine de transition du Sahel au Sahara sud-occidental (fig. 1). Cette position se traduit dans le modelé. Mais le relief dépend en premier lieu de facteurs géologiques.

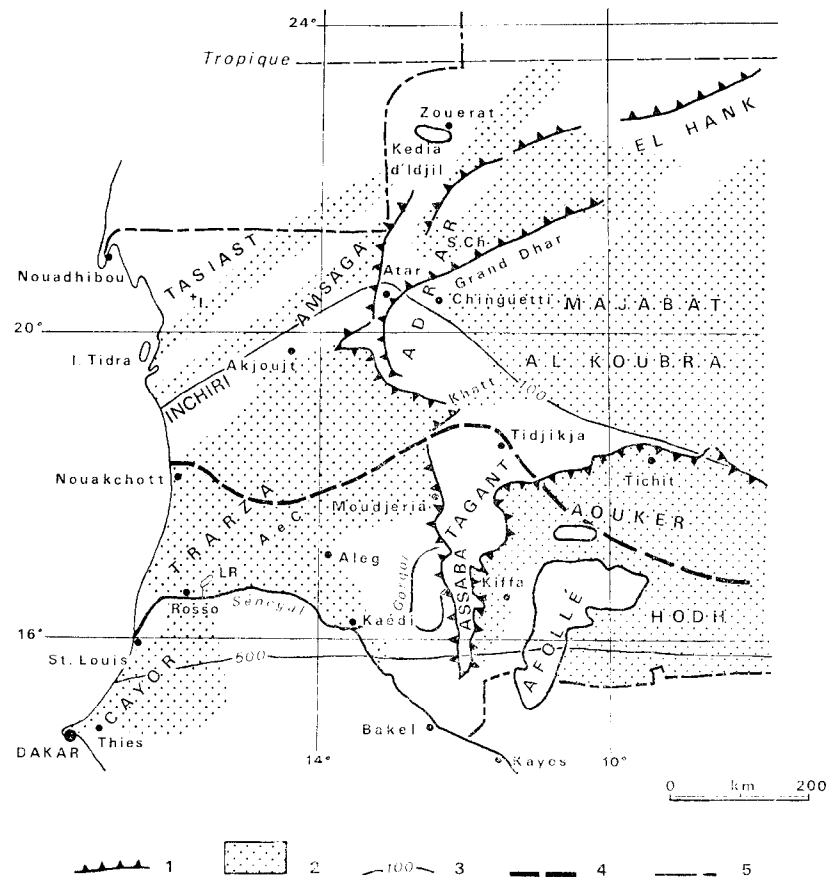


Fig. 1 — Relief et écologie de la Mauritanie méridionale et centrale. 1. Principales cuestas dans les séries du Paléozoïque inférieur et Précambrien supérieur; 2. grands ergs, à dunes souvent vives au Sahara et à dunes fixées dans le Sahel; 3. précipitations moyennes annuelles (isohyètes sur 30 ans); 4. limite septentrionale du Sahel; 5. frontière politique de la Mauritanie (avant 1975 pour le Rio de Oro). Abréviations: L. R.: lac Rkiz — A. e. C.: Aftout ech Chergui — S. Ch.: sebkha de Chemchane — + I.: Inkebdène.

Éléments de structure. — La Mauritanie est un socle *pré-cambrien*, formé principalement de granites et migmatites avec par endroits des roches basiques; des quartzites ferrugineux apparaissent dans la région de Zouerat, au Nord de l'Adrar. Une série plissée de quartzites et schistes a été charriée sur le socle à l'Ouest, dans la régions d'Akjoujt (fig. 4).

Le socle a été couvert en grande partie de *sédiments du Paléozoïque*. Les grès et calcaires de l'Infracambrien ou du Précambrien supérieur s'étendent dans l'Adrar, au Nord d'Atar, et dans l'Affolé (fig. 1). La série du Cambrien est constituée de calcaires, pélites et grès. Elle est recouverte par les différents grès ordoviciens dans l'Adrar, le Tagant et l'Assaba; ils sont coiffés par endroits de grès ferrugineux dévoniens (fig. 2). Toutes ces couches ont pris une position monoclinale lors des mouvements hercyniens. Elles forment la partie nord-ouest du *vaste bassin sédimentaire de Taoudéni* qui s'étend depuis le cours supérieur du Sénégal jusqu'au Sahara central. Des fracturations se sont produites au Tagant occidental (fig. 2).

Traits généraux du relief. — Les montagnes de l'Adrar et du Tagant en Mauritanie centrale sont un vaste relief tabulaire. Ces plateaux sont constitués principalement de grès cambro-ordoviciens et se terminent par de grandes cuestas (fig. 1). L'Adrar atteint une altitude de 800 m dans le Grand Dhar et le Tagant 600 m dans sa partie orientale (fig. 2). L'Assaba et l'Affolé, situés plus au Sud, sont moins hauts.

Ces reliefs tabulaires s'élèvent au-dessus des vastes surfaces du socle précambrien piquetées par quelques inselbergs. Les quartzites à hématite avec une épaisse brèche ferrugineuse forment le grand inselberge de la *Kédia d'Idjil* près de Zouerat (fig. 1), qui se dresse jusqu'à une hauteur de 900 m. De grands inselbergs apparaissent dans la série d'Akjoujt (fig. 4).

Les parties déprimées du socle et du grand bassin de Taoudéni ont été couvertes de *vastes ergs* (fig. 1). Ces dunes sont en partie mobiles dans la Majâbat al-Koubra, à l'Est de l'Adrar, alors qu'elles sont le plus souvent fixées par la steppe sahélienne dans le Trarza et le Hodh, en Mauritanie méridionale.

Mais la sécheresse qui a sévi au Sahel de 1970 à 1973 s'est manifestée dans le façonnement actuel de ces régions.

Ce relief s'est constitué progressivement au cours d'une longue évolution dont témoignent encore les restes perchés d'altérites et d'indurations superficielles.

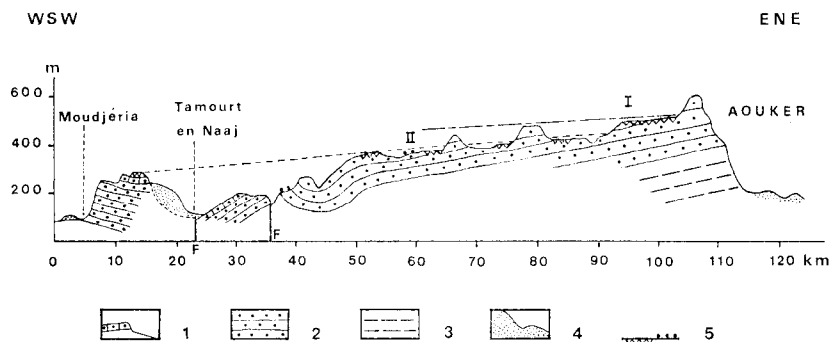


Fig. 2 — Coupe à travers les reliefs tabulaires du Tagant. 1. Grès ferrugineux du Dévonien; 2. différents grès de l'Ordovicien; 3. pélites du Cambrien; 4. recouvrement dunaire du Quaternaire récent; 5. Cuirasse et graviers latéritiques. I. Surface d'aplanissement supérieure; II. Deuxième surface d'aplanissement.

II. LES VIEILLES SURFACES A CUIRASSES LATÉRIQUES

Souvent les vastes surfaces ne sont pas déterminées par la structure, mais recourent les diverses couches. Ce sont des fragments de vieilles surfaces d'aplanissement, conservés sur les parties hautes des régions montagneuses. Les roches y ont été profondément décomposées par altération chimique et recouvertes d'une cuirasse latéritique.

Leur extension dans le Tagant. — Deux surfaces d'aplanissement avec manteaux d'altérites existent sur ces reliefs tabulaires; elles sont encore très étendues dans les parties orientale et méridionale du massif (S. DAVEAU, P. MICHEL, 1959).

La surface supérieure atteint l'altitude de 560 m au Sud de Tidjikja (fig. 1). Trois inselbergs la dominent près du sommet de la grande cuesta (fig. 2). Cette surface présente une pente de 2 à 3 p. 1000 en direction des axes de drainage.

Le terrain forme des croupes surbaissées, séparées par de larges vallées ensablées. La roche en place n'apparaît nulle part puisque les croupes sont couvertes d'une cuirasse ou de graviers latéritiques. Des lambeaux de cuirasse et des regs de graviers s'étendent sur le plateau gréseux du Dhar ou Senn à l'ESE de Tidjikja (Y. BRAVARD, 1976). Des buttes tabulaires sont les témoins de l'extension de cette surface vers l'aval, mais leur recouvrement latéritique a été érodé (fig. 2).

La deuxième surface s'est développée dans la surface supérieure sous forme de vastes bassins, entaillés d'environ 60 m (fig. 3). Cette surface a été aussi couverte d'un manteau latéritique; il est souvent disséqué et subsiste par petites buttes tabulaires qui présentent parfois de bonnes coupes (pl. I, A).

Le recouvrement d'altérites atteint généralement une épaisseur de dix mètres. Une cuirasse latéritique, compacte et dense, de couleur brun-noir, apparaît en surface⁽²⁾. Le matériel devient plus friable et plus argileux en profondeur. Des analyses chimiques montrent que cette argile blanc-violacé est du kaolin. Bien que les altérites se soient formées sur des roches surtout gréseuses, elles ne contiennent que quelques grains de quartz de petite taille. Un échantillon de cuirasse renferme des oolithes blanc-rose, probablement de gibbsite. Ces caractères prouvent que la roche a été complètement décomposée sous un climat tropical humide qui a duré très longtemps; la silice a été lessivée en dehors du profil, alors que le fer et l'alumine se sont accumulés sur place.

La base de cette surface d'aplanissement⁽³⁾ était très irrégulière (fig. 3); les roches les plus dures apparaissent parfois à la surface. Cette base a été partiellement dégagée par la lente ablation du manteau d'altérites au cours des phases ultérieures de l'évolution géomorphologique (pl. I, A).

Lorsqu'on s'éloigne du rebord de la surface supérieure, la deuxième surface s'étend très largement en une haute plaine

⁽²⁾ Voici le résultat de l'analyse chimique d'un échantillon: quartz 0,73 %, SiO₂ 19,42, Al₂O₃ 16,71, Fe₂O₃ 52,85.

⁽³⁾ C'est le niveau inférieur de la «doppelte Einebnungsfläche» de J. BÜDEL (1957).

sombre, piquetée de quelques chicots rocheux, qui s'incline progressivement jusqu'à 380-360 m. Puis cette surface a été profondément entaillée par les réseaux d'oueds, principalement dans la région de fractures du bassin de réception de la Tamourt en Naaj (fig. 2). Mais quelques témoins de la cuirasse latéritique subsistent sur les hauteurs qui entourent ce bassin, à une altitude de 300 à 270 m; elle est aussi compacte et pauvre en grains de quartz.

Des témoins dans l'Adrar et l'Assaba. — L'érosion a été plus forte dans ces deux massifs.

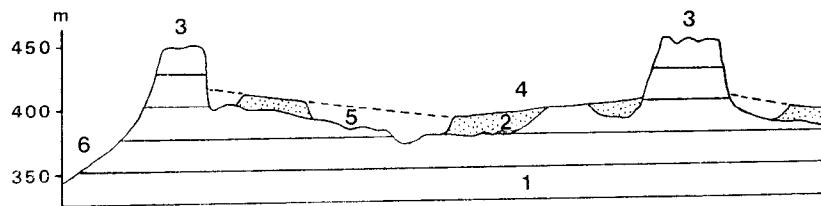


Fig. 3 -- Caractères de la deuxième surface dans le Tagant. 1. Grès variés ordoviciens; 2. manteau d'altérites à cuirasse latéritique au sommet; 3. témoin de la surface d'aplanissement supérieure; 4. deuxième surface d'aplanissement; 5. base de la surface, mise à jour par érosion des altérites; 6. entaille ultérieure (rajeunissement).

Dans la partie la plus élevée de l'Adrar on trouve encore sur le plateau du Grand Dhar, près de Chinguetti (fig. 1), une cuirasse ferrugineuse, brun foncé, dure et compacte, qui domine de plusieurs mètres un reg de déflation. Elle est probablement un témoin du manteau d'altérites de la surface supérieure (fig. 4). De petits fragments gréseux et des gravillons ferrugineux, légèrement cimentés par des oxydes de fer, apparaissent sous le reg (S. DAVEAU, 1967). Dans la région à l'Ouest et au Nord d'Atar, des graviers et pisolithes ferrugineux sont éparpillés par endroits devant la cuesta du Grand Dhar. Ce sont, semble-t-il, des restes du recouvrement d'altérites de la deuxième surface d'aplanissement; elle est située nettement plus bas à l'Ouest que sur le Grand Dhar (fig. 4), puisque le creusement vers l'océan Atlantique a été beaucoup plus important que celui vers le bassin endoréique de la Majâbat al-Koubrâ (fig. 1).

Le plateau de l'Assaba, plus bas et plus étroit, est situé entièrement dans le bassin du Sénégal (fig. 1). Il a été entaillé par ses affluents. Ainsi ne subsistent que quelques témoins d'un manteau d'altérites, à une altitude de 320 m à l'Ouest et de 400 m dans le Nord-Est, vers le Tagant (CH. TOUPET, 1966). La cuirasse latéritique est généralement fragmentée

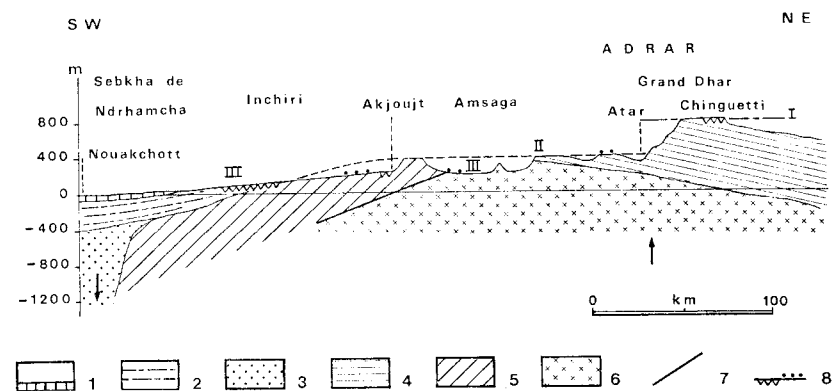


Fig. 4 -- Coupe de la côte atlantique au massif de l'Adrar (selon S. Daveau, 1967). 1. Dépôts du Quaternaire: calcaires et sables; 2. grès argileux tendres du Continental terminal (Tertiaire); 3. Sédiments marins du Crétacé et de l'Eocène; 4. couches monoclinales du Précambrien supérieur et Paléozoïque: surtout des grès, avec des calcaires et des pélites; 5. série plissée d'Akjoujt, principalement des quartzites et schistes; 6. socle du Précambrien inférieur et moyen: surtout des granites et migmatites, parfois des roches basiques; 7. surface de charriage de la série d'Akjoujt; 8. cuirasse et graviers ferrugineux. I. Surface d'aplanissement supérieure (Crétacé moyen); II. deuxième surface d'aplanissement (Eocène inférieur); III. surface d'érosion ou de remblaiement (Pliocène). Les flèches indiquent les tendances régionales au soulèvement ou à l'affaissement.

en blocs qui couvrent les argiles d'altération tendres (P. MICHEL, 1973). Ce sont probablement des témoins de la deuxième surface; la première aurait entièrement disparu par érosion.

Comparaisons avec le Fouta Djallon et le Plateau Mandingue. — Ces ensembles montagneux appartiennent aussi, en majeure partie, au bassin hydrographique du Sénégal et le Plateau Mandingue n'est pas très éloigné de l'Assaba. Ainsi des comparaisons sont-elles possibles.

Les vieilles surfaces d'aplanissement de la Mauritanie méridionale et centrale peuvent être comparées à la deuxième et la troisième surface du Fouta Djallon et du Plateau Mandingue. Elles y sont encore très étendues et couvertes de cuirasses latéritiques. La deuxième surface se trouve à une altitude de 800 à 950 m et s'est probablement développée au Crétacé moyen. La troisième surface a une altitude de 550-650 m, mais s'incline vers le Nord-Ouest en direction du grand bassin sédimentaire; aussi les témoins sur les inselbergs du Sénégal oriental ne se situent-ils qu'à 350-450 m. Elle s'est achevée pendant l'Eocène inférieur (P. MICHEL, 1973, 1977).

Mais les cuirasses latéritiques sont plus épaisses et mieux conservées dans le domaine soudanien qu'au Sahel et dans le Sahara. Leur teneur en alumine est aussi plus élevée et elles forment parfois des bauxites, surtout dans le Fouta Djallon oriental. Si le manteau d'altérites du Tagant ne contient guère de grains de quartz, ils sont encore abondants dans la cuirasse ferrugineuse de la surface supérieure de l'Adrar près de Chinguetti (⁴). Ainsi il faut admettre que l'altération dans les régions désertiques actuelles était alors déjà moins forte et qu'il existait une certaine zonation du Soudan vers le Sahara. Mais elle se manifestait toujours sous climat tropical humide ou semi-humide.

III. L'ÉVOLUTION PENDANT LE TERTIAIRE

Les reliefs tabulaires de l'Adrar, du Tagant et de l'Assaba connurent un nouveau soulèvement épeirogénique, tout comme les massifs du Fouta Djallon et du Plateau Mandingue.

Le façonnement et les dépôts. — Les manteaux d'altérites ont été en grande partie enlevés et les formations tendres ont été entaillées par l'érosion différentielle. Ainsi se sont formées les petites cuestas à l'Ouest d'Atar alors que l'ablation se manifestait surtout dans le socle précambrien de l'Amsaga (fig. 4). La deuxième surface d'aplanissement a été profon-

(⁴) Le résultat de l'analyse chimique d'un échantillon a été le suivant: quartz et SiO₂ 28,6 %, Al₂O₃ 13, Fe₂O₃ 48,8, TiO₂ 0,7 (in S. DAVEAU, 1967, p. 25).

dément disséquée dans la partie occidentale du Tagant, tandis que les cuestas du rebord se développaient (fig. 2).

Le matériel détritique s'est sédimenté à l'Ouest sur les couches marines du Crétacé et de l'Eocène (fig. 4). Ce sont les grès tendres du Continental terminal; ils contiennent aussi des niveaux d'argile kaolinique et parfois des lits de graviers. Ce matériel a été partiellement teinté par les oxydes de fer (grès bariolé ou bigarré). L'épaisseur des dépôts du Continental terminal augmente vers l'Ouest; ils ont une puissance de 216 m à Moutounsi, au Nord-Ouest de Nouakchott (P. ELOUARD, 1962).

Une nouvelle surface s'est formée au Pliocène: c'est une *surface d'érosion* dans le socle précambrien et dans la série d'Akjoujt, mais elle passe vers l'Ouest à une *surface de remblaiement* puisqu'elle correspond alors au niveau supérieur des sédiments du Continental terminal (fig. 4). Elle a été couverte, au moins partiellement, d'une cuirasse ferrugineuse, probablement vers la fin du Tertiaire, aussi bien dans le Sahel que dans la partie sud-ouest du Sahara.

Des restes de la cuirasse. — Dans la région de *Kaédi*, près de la vallée du Sénégal (fig. 1), le plateau du Continental terminal est recouvert d'une cuirasse ferrugineuse dure et compacte (fig. 5); elle renferme de nombreux grains de quartz (⁵). Le plateau a été découpé en une multitude de buttes tabulaires cuirassées lorsqu'on se rapproche du fleuve. La cuirasse protège aussi de petites buttes témoins près d'Aleg (fig. 1).

Au Nord-Est de Nouakchott, dans l'*Inchiri*, la cuirasse ferrugineuse s'est formée aussi bien sur le Continental terminal que sur les schistes de la série d'Akjoujt. Elle contient souvent des blocs d'une cuirasse plus ancienne au pied des grands inselbergs de quartzites ferrugineux; car ces reliefs à sommet plat semblent être des témoins de la deuxième surface d'aplanissement (fig. 4).

(⁵) Voici le résultat de l'analyse chimique d'un échantillon prélevé plus en aval, dans la région de Podor: quartz 27,03 %, SiO₂ 8,32, Al₂O₃ 7,01, Fe₂O₃ 49,34.

Même dans la région hyperaride de *Nouadhibou* ⁽⁶⁾, des buttes tabulaires, peu élevées, du Continental terminal sont

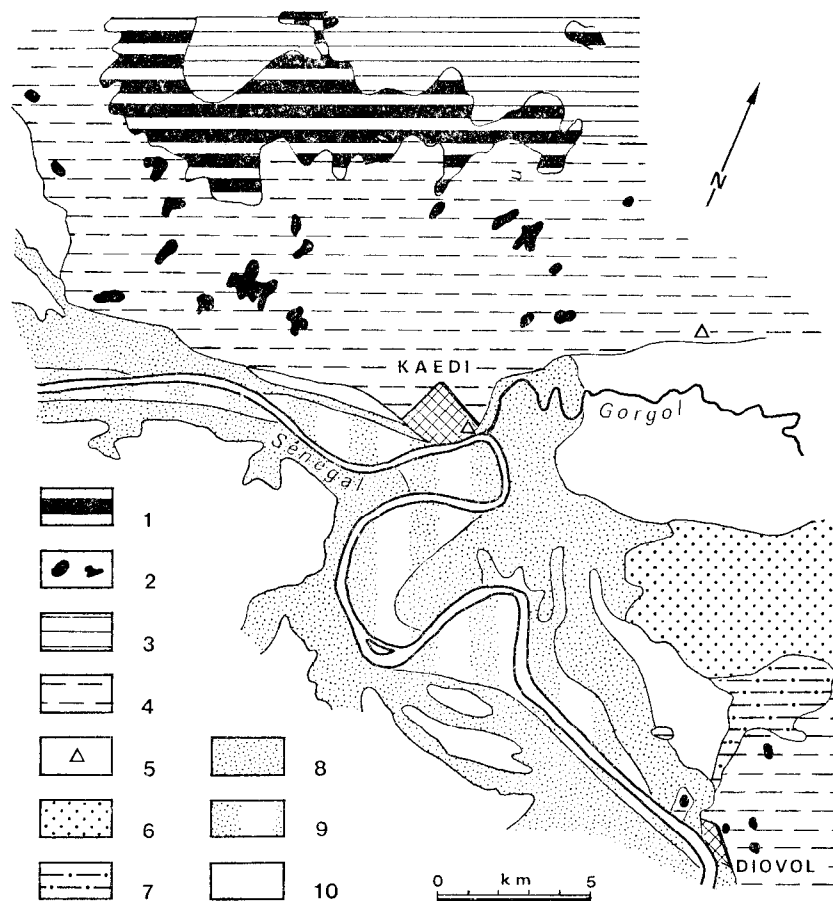


Fig. 5 — Croquis géomorphologique de la région de Kaédi. 1. Plateau du Continental terminal recouvert de cuirasse ferrugineuse; 2. buttes tabulaires à chapeau de cuirasse ferrugineuse; 3. haut glacis couvert d'une mince cuirasse ferrugineuse; 4. bas glacis à matériel sablo-argileux, recoupant les couches de l'Eocène; 5. témoin de la basse terrasse, dépôts de graviers et sable; 6. erg de l'Ogolien, dunes rouges longitudinales; 7. terrasse du premier remblai, sable argileux; 8. hautes levées post-nouakchottiennes, sable fin-limon; 9. levées subactuelles et actuelles plus basses, sable fin-limon-argile; 10. cuvettes argileuses du lit majeur.

⁽⁶⁾ Les précipitations annuelles moyennes de 1931 à 1960 n'ont été que de 36,3 mm!

couvertes d'une cuirasse ferrugineuse, généralement fragmentée par l'érosion en blocs et graviers. Sur le socle précambrien du *Tasiast*, près d'Inkebdène (fig. 1), une cuirasse ferrugineuse épaisse de 2 à 5 m (pl. I, B) recouvre des altérites kaoliniques, provenant de la décomposition de migmatite et de gneiss, sur de vieux glacis entourant de petits inselbergs de roches basiques (D. NAHON, 1976). Elle s'est probablement formée pendant la même période humide.

La surface d'érosion s'est développée dans l'*Assaba* sous forme de plusieurs dépressions déblayées entre les plateaux, comme celle de la passe de Soufa à une altitude de 200 m. Leur fond est jonché de blocs et graviers ferrugineux (P. MICHEL, 1973). Au *Tagant* occidental, l'érosion a creusé différents bassins dans les formations tendres; ils sont couverts d'une mince cuirasse ou de graviers ferrugineux (fig. 2). Cette cuirasse contient beaucoup plus de grains de quartz que le manteau latéritique de la deuxième surface d'aplanissement. Les bassins ont été entaillés au cours du Quaternaire (S. DAVEAU, P. MICHEL, 1969).

IV. MODIFICATIONS DU CLIMAT ET MORPHOGENÈSE AU QUATÉNAIRE

Les phases d'érosion dépendent surtout des changements climatiques, dans ce domaine de transition du Sahel au Sahara. Les dépôts chimiques se produisirent pendant des périodes de stabilité, le plus souvent dans des bassins intérieurs et au pied de plateaux et d'inselgebirge. Mais leur nature est variable.

La région de la basse vallée du Sénégal. — Le plateau du Continental terminal près de *Kaédi* a été entaillé pendant le Quaternaire ancien. L'érosion a façonné d'abord le haut glacis, revêtu ensuite d'une mince cuirasse ferrugineuse qui contient des débris de quartz (fig. 5). Ce mince niveau dur protégeait mal les grès friables. C'est pourquoi il a été rapidement disséqué et entièrement érodé le long de la vallée du Sénégal. Puis s'est développé le bas glacis qui n'est plus ferruginisé, mais couvert de dépôts sablo-argileux. Ce bas glacis recoupe les couches de grès et d'argile de l'Eocène moyen. Des dépôts de galets de quartz de la basse terrasse du Sénégal et de son

affluent, le Gorgol, apparaissent par endroits (P. MICHEL, 1968, 1973).

La majeure partie du Tagant et la partie méridionale de l'Adrar étaient drainées vers la basse vallée du Sénégal, au Quaternaire ancien, par la dépression allongée de l'*Aftout ech Chergui* qui travers l'erg du Trarza oriental selon une direction NE-SW; le lac Rkiz est situé à l'extrémité occidentale de cette dépression (fig. 8). Elle a été creusée dans les grès tendres et hétérométriques du Continental terminal. Dans la partie

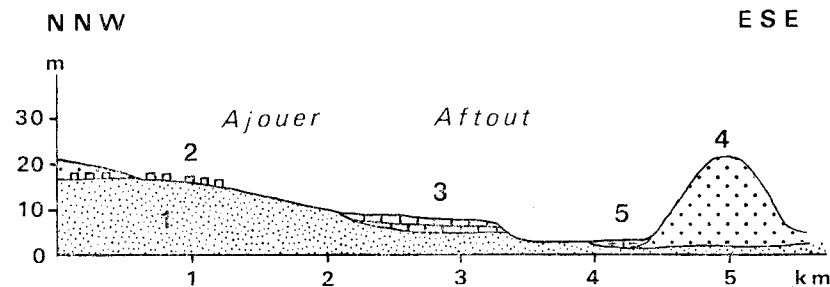


Fig. 6 — Coupe de la dépression de l'Aftout ech Chergui. 1. Grès hétérométrique du Continental terminal; 2. gravier de quartz et débris de cuirasse, partiellement cimentés; 3. calcaires lacustres, durs (calcaire du Rkiz); 4. cordon dunaire de l'Ogolien (dune rouge); 5. dépôts de calcaires argileux friables (calcaire des gouds).

occidentale de ce couloir, on remarque une nappe de graviers ferrugineux et de quartz, avec des débris de cuirasse, qui ont été partiellement cimentés par le fer en un conglomérat (fig. 6). On trouve par endroits des dépôts calcaires une dizaine de mètres plus bas: ce sont des calcaires lacustres, durs, appelés calcaires du Rkiz, qui contiennent des grains de quartz et des graviers ferrugineux (P. ELOUARD, P. MICHEL, 1958); ils ont été de nouveau entaillés. Les études en cours de J.-R. LAPARTIENT (1976) sur la bordure nord-ouest préciseront la nature et l'âge des divers dépôts. Ces observations montrent l'influence des variations de climat sur la morphogénèse. Les précipitations chimiques changèrent aussi. Des dépôts de carbonates succédèrent à la cimentation par des oxydes de fer. Les recherches récentes dans le Sahara sud-occidental montrent une évolution semblable.

Observations diverses en Mauritanie centrale. — D. NAHON (1976) a fait des études très détaillées dans la vallée de l'Achouil, située dans l'inselberg de la Kédia d'Idjil près de Zouérat (fig. 1). Elle est creusée dans un bassin de schistes précambriens, entouré de reliefs de quartzites à hématite et de brèches ferrugineuses (pl. II, A). Un ancien haut glacis est couvert d'une cuirasse ferrugineuse, dure, épaisse de 6 m,

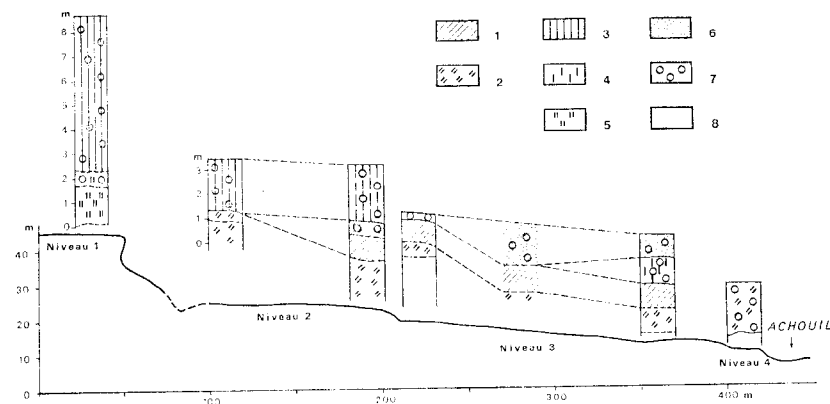


Fig. 7 — Les niveaux à cuirasses ferrugineuses et encroûtements calcaires de la vallée de l'Achouil (Kédia d'Idjil), selon D. Nahon (1976). 1. Croûte et encroûtement calcaire; 2. taches et nodules calcaires; 3. cuirasse ferrugineuse (niveau continu); 4. cuirasse ferrugineuse discontinue; 5. taches et nodules ferrugineux; 6. argile sableuse, beige cu rouge; 7. matériau caillouteux, colluvio-alluvionnaire; 8. schistes jaunes précambriens.

contenant des blocs de quartzites à hématite (fig. 7, niveau 1). Cette cuirasse s'est probablement formée pendant la période humide de la fin Tertiaire. Ce glacis s'étend encore largement (pl. II, A). Environ 25 m en contrebas, s'étirent des niveaux plus récents façonnés pendant le Quaternaire (glacis de substitution). Leur cuirasse ferrugineuse est plus mince et contient beaucoup de blocs détritiques (pl. II, B). Mais une croûte calcaire apparaît sous ces dépôts ferrugineux et des concrétions calcaires se sont formées dans les schistes altérés (fig. 7, niveaux 2 et 3). La croûte calcaire s'imbrique parfois dans la partie inférieure de la cuirasse ferrugineuse (pl. II, B). Le matériel de la terrasse récente ne montre que des taches et des nodules calcaires (fig. 7, niveau 4).

Dans le *Tasiast*, près d'Inkebdène (fig. 1), des glacis plus jeunes se sont formés en contrebas des lambeaux de vieux glaciis couverts de cuirasse ferrugineuse. Ils portent une croûte calcaire dure, recouverte de graviers ferrugineux et de sables argileux rouges (D. NAHON, 1976). Sur le niveau le plus récent s'est seulement formé un sol rubéfié à nodules calcaires; une croûte saline y apparaît par endroits.

Dans le massif de l'*Adrar*, deux glaciis se sont développés à la partie inférieure du front de la cuesta du Grand Dhar au Nord-Est d'Atar (fig. 1); ils sont jonchés de gros blocs de grès à patine ferrugineuse. S. DAVEAU (1967, 1970) a montré que des sables fins se sont déposés ensuite dans le bas-pays, au pied de la cuesta. Ces sables vert-jaune et blancs renferment des pièces de l'Acheuléen (P. BIBERSON, 1969). Ils sont couverts d'une croûte calcaire présentant au sommet un film ferrugineux. Ce dépôt de sables fins indique une période humide pendant laquelle les grands versants étaient stabilisés par le tapis végétal et ne fournissaient que du matériel fin qui se sédimentait dans des lacs. La croûte calcaire s'est probablement formée lorsque le climat devint plus sec. TH. MONOD (1958) avait déjà signalé ces dépôts de sable et de calcaire dans le grand bassin de la Majâbat al-Koubrâ à l'Est de l'Adrar. De grands ergs de dunes rouges s'élèvent au-dessus de ces sables fins lacustres, aussi bien dans l'Adrar que dans la Majâbat (fig. 1).

L'évolution récente. — Le climat est devenu très aride dans toute la Mauritanie centrale et méridionale, ainsi que dans le Nord du Sénégal, de 20 000 à 15 000 ans B. P. environ ⁽¹⁾, donc pendant la dernière grande régression qui correspond au Würm récent dans les latitudes septentrionales. Alors se sont formés les grands cordons dunaires de l'*Ogolien* (P. ELOUARD, 1962) qui sont souvent orientés NE-SW selon la direction des alizés (fig. 8). Les ergs se sont largement étendus dans le Trarza et le Cayor (J. TRICART, M. BROCHU, 1955) et vers l'Est dans la vaste dépression de l'Aouker et du Hodh (fig. 1). Ils ont barré progressivement la basse vallée du Sénégal jusqu'à Kaédi (fig. 8). Les premières ana-

(1) B. P. = before present, c'est-à-dire avant 1950.

lyses des sables (granulométrie, morphoscopie, minéraux lourds) montrent que c'est du vieux matériel d'origine colluviale et alluviale, remanié par le vent sur de très courtes distances. Les nouvelles études effectuées sur des lots de sable de la Mauritanie occidentale le confirment (C. BARBEY *et al.*, 1975).

Le Sénégal a entaillé les cordons dunaires successifs pour atteindre de nouveau l'océan lorsque le climat est redevenu plus humide (P. MICHEL, 1959, 1973). La savane et la steppe

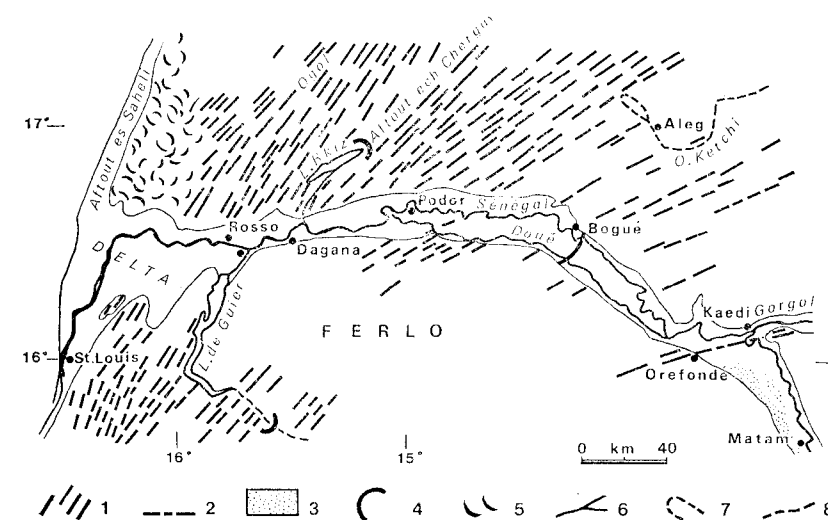


Fig. 8 — Les ergs ogoliens de part et d'autre de la vallée du Sénégal. 1. Cordons de dunes rouges longitudinales; 2. barrage dunaire principal de la vallée; 3. terrasse du premier remblai; 4. extrémités du golfe marin nouakchottien; 5. dunes rouges remaniées; 6. lac relié au Sénégal; 7. lac temporaire; 8. oued ou vallée morte.

ont fixé les ergs dans les domaines soudanien et sahélien. De 11 000 à 8000 ans B. P., le climat était nettement plus humide que de nos jours. Des sols rouges ou brun-rouge se sont alors formés sur les dunes ogolienncs, non seulement dans le Sud, mais aussi dans le domaine aride de la Mauritanie centrale. De nombreux lacs occupèrent des dépressions où des argiles et des diatomites se sédimentèrent. Ainsi un grand lac s'étendait-il dans la région de l'actuelle sebkha de Chemchane, au pied du Grand Dhar, dans l'Adrar (P. CHAMARD, 1970). La dépression du Khatt, entre l'Adrar et le Tagant

(fig. 1), était aussi occupée par des lacs (R. TROMPETTE, E. MANGUIN, 1968). Des calcaires argileux, friables (calcaire des gouds) se sont sédimentés au pied des dunes ogoliennes dans le Trarza et l'Aftout ech Chergui (fig. 6).

Mais le niveau marin monta et atteignit son niveau le plus élevé vers 5500 ans B. P.; ce fût le *Nouakchottien* (H. FAURE, P. ELOUARD, 1967; L. HÉBRARD, 1973). La mer formait alors un large golfe au Nord-Est de Nouakchott, dans la région de l'actuelle sebkha de Ndrhamcha (fig. 4), et occupait la basse vallée du Sénégal jusqu'à Bogué (fig. 8); des sables blancs s'y déposèrent sur des vases contenant des pollens de mangrove (P. MICHEL, P. ASSÉMIEN, 1969). Ils indiquent que le climat était alors assez humide⁽⁸⁾. Plusieurs cordons littoraux fermèrent progressivement la grande ria du Sénégal; le fleuve construisit les hautes levées post-nouakchottiennes formées de sable fin et de limon (fig. 5) et un delta très allongé en aval de Bogué. Un grand lac s'étirait encore vers 2900 ans B. P. au pied de la cuesta de Tichit qui ferme l'Aouker vers le Nord (fig. 1): il avait une largeur de 3 km et une profondeur de 15 m⁽⁹⁾. Mais, vers 2000 ans B. P., régnait un climat plus sec; les dunes rouges, le long de l'Aftout es Saheli, au Sud de Nouakchott, furent alors complètement remaniées par les alizés maritimes (fig. 8).

Le dessèchement a commencé plus tôt en Mauritanie centrale. Tous les lacs d'eau douce disparurent ou se transformèrent en sebkhas. Le grand golfe marin au Nord-Est de Nouakchott a été complètement fermé par des cordons littoraux; des couches de gypse et de sel se sédimentèrent alors dans la sebkha de Nrdhamcha (G. MAGLIONE, M. CARN, 1976).

V. CONCLUSIONS

Les diverses observations et recherches indiquent une évolution géomorphologique complexe pendant un très long laps de temps à l'échelle géologique, probablement du début

⁽⁸⁾ La mangrove atteignait aussi l'île de Tidra, située à 150 km au Sud de Nouadhibou (fig. 1).

⁽⁹⁾ D'après les recherches du préhistorien P. J. MUNSON, in P. ROGNON, 1976; G. HUGOT (1974) a aussi fait des études géomorphologiques et sédimentologiques dans cette région.

du Crétacé jusqu'à nos jours. Des phases d'activité alternèrent avec des phases de stabilité⁽¹⁰⁾, généralement conditionnées par des climats plus humides pendant lesquels la végétation couvrait le modelé, mais parfois sous climat assez aride, surtout au cours du Quaternaire récent et de l'Holocène.

Les traits fondamentaux de cette évolution peuvent être résumés en trois points:

1. Pendant les *phases d'activité* géomorphologique, les reliefs ont été entaillés et des glacis ou surfaces d'érosion se sont formées, probablement dans un milieu bioclimatique semi-aride à semi-humide. Le matériel détritique a été déplacé progressivement par le ruissellement et les oueds jusque dans les golfes marins ou les bassins intérieurs. Des sables marins se sont empilés ainsi pendant le Crétacé supérieur dans les golfes subsidents de Nouadhibou et de Nouakchott (fig. 4) et les sables du Continental intercalaire se sont sédimentés dans la Majâbat al-Koubrâ orientale. Puis les sables argileux du Continental terminal se sont déposés au cours du Tertiaire sur les argiles et calcaires marins de l'Eocène. Ils ont été recouverts pendant le Quaternaire par des sables alluviaux et colluviaux, modelés ensuite en dunes formant de vastes ergs, probablement lors de plusieurs phases, mais particulièrement à l'Ogolien (20 000 à 15 000 ans B. P.).

2. Au cours des *phases de stabilité* se produisirent surtout des précipitations chimiques, principalement sur les terrains plats, surfaces d'aplanissement et glacis ou surfaces de remblaiement. Mais leur nature et leurs caractères se sont modifiés au cours de l'évolution géomorphologique. Ils dépendaient étroitement des conditions bioclimatiques. Des manteaux latéritiques se sont formés sur les vieilles surfaces d'aplanissement du Tagant, de l'Adrar et de l'Assaba pendant de longues périodes à climat tropical humide, probablement au Crétacé moyen et à l'Eocène inférieur. Mais on remarque déjà une certaine zonation vers le Nord: l'altération a été moins profonde dans l'Adrar que dans le Tagant et l'Assaba. Une cuirasse ferrugineuse s'est constituée vers la fin du Tertiaire; elle est plus riche en quartz et silice que les vieilles cuirasses latéritiques. Un climat tropical assez contrasté régnait pro-

⁽¹⁰⁾ Selon le concept de H. ROHDENBURG (1970).

Dépôts indurés	Minéraux argileux	Modelé	Âge	Milieu bioclimatique
sel et gypse	attapulgite et montmorillonite	sebkhas	actuel ou récent	aride
croûtes calcaires	montmorillonite	terrasses et glacis jeunes	Quaternaire (selon la lithologie)	subaride à tropical sec
cuirasses ferrugineuses	kaolinite	vieux glacis, surface d'érosion ou de remblaiement	fin Tertiaire	tropical contrasté
manteaux latéritiques	kaolinite et gibbsite	vieilles surfaces d'aplanissement	Eocène et Crétacé	tropical humide

blement sur toute la Mauritanie méridionale et centrale à cette époque. Des différences apparaissent au cours du Quaternaire. Mais, dans l'ensemble, des croûtes et dépôts calcaires marquent les niveaux jeunes du modelé. Actuellement, des dépôts de gypse et de sel se produisent dans les dépressions de cette partie sud-ouest du Sahara. On peut ainsi déduire que depuis l'Eocène les périodes à prédominance de dépôts chimiques ont été de durée probablement plus courte et sont devenues successivement moins humides, jusqu'au climat subaride ou aride actuel.

3. Tandis que les vieilles cuirasses latéritiques et ferrugineuses couvrent n'importe quelle roche, les précipitations chimiques au cours du Quaternaire dépendent principalement de la *lithologie*, comme le montrent les études détaillées de D. NAHON (1976). Des cuirasses ferrugineuses se sont formées sur l'Inselgebirge de la Kédia d'Idjil constitué de quartzites à hématite et qui se situe déjà en plein Sahara; mais des dépôts de carbonates de calcium se produisirent aussi dans la vallée de l'Achouil par altération du substratum schisteux. Des croûtes calcaires apparaissent sur les migmatites ou les gneiss du socle du Tasiast. On ne trouve que des croûtes et dépôts calcaires sur les niveaux récents de l'Adrar, particulièrement au pied du Grand Dhar dont la série sédimentaire contient plusieurs couches de calcaire, mais pas de roches ferrugineuses.

Le tableau ci-contre montre les rapports entre les évolutions géochimique et géomorphologique et les changements de climat en Mauritanie méridionale et centrale.

PIERRE MICHEL

SUMMARY

The geomorphological evolution of southern and central Mauritania. Questions of lateritic mantle, ferruginous duricrusts, calcareous crusts; the influence of climatic variations. The Adrar and Tagant Massifs are tabular reliefs, consisting mainly of cambrian-ordovician sandstones. But their various strata are intersected by surfaces. These are remnants of old planation surfaces; the rocks had been deeply weathered by chemical alteration during a wet tropical climate and covered with a lateritic duricrust. Two planation surfaces widely extend in the

eastern and southern parts of the Tagant Massif, whereas only a few remnants can be seen in the Adrar Massif. The author has paralleled these surfaces along with the second and third planation surfaces formed during the Cretaceous period and early Eocene in the Fouta Djallon and the Mandingue plateau.

These massifs have been uplifted again during the Tertiary era and partly eroded. The detrital materials have accumulated towards the west (Continental terminal sandstones). Another surface was shaped during the Pliocene: a planation level in the precambrian shelf and an accumulation one at the top of the Continental terminal. It has been covered, at least partly, with a ferruginous duricrust.

During the Quaternary era, dry and humid periods have alternated in south-western Sahara. Glacis were formed in the depressions at the foot of the mountains. The Senegal river has incised a wide valley in the Continental terminal; the upper glacis is covered with a ferruginous crust in the outskirts of Kaedi. In the Kedia of Idjil hills, the older glacis has a thick ferruginous duricrust, whereas more recent ones show a calcareous crust under the ferruginous level. The large Ogolian ergs have been formed during the last arid period, between 20 000 and 15 000 BP, mainly in southern Mauritania and north-west Senegal.

BIBLIOGRAPHIE

- BARBEY, C., CARBONNEL, J. P., DUPLAIX, S., LE RIRAULT, L., TOURENQ, J. (1975) — «Etude sédimentologique de formations dunaires en Mauritanie occidentale», *Bull. Inst. fond. Afr. noire, A, Sénégal*, t. 37, n° 2, p. 255-281, fig., photos.
- BEAUDET, G., MICHEL, P., NAHON, D., OLIVA, P., RISER, J., RUELLAN, A. (1976) — «Formes, formations superficielles et variations climatiques récentes du Sahara occidental», *Rev. Géogr. phys. Géol. dyn., Fr.*, vol. 18, fasc. 2-3, p. 157-174, 4 fig. rés. fr., angl.
- BENSE, C. (1964) — «Les formations sédimentaires de Mauritanie méridionale et du Mali Nord-Occidental (Afrique de l'Ouest)» — thèse Nancy (1961), *Mém. Bur. Rech. géol. min., Paris*, n° 26, 270 p., 60 fig., 20 pl. photo., 2 cartes coul. h. t.
- BIBERSON, P. (1969) — «Etat des recherches sur le Pleistocène de l'Adrar mauritanien», *Bull. Assoc. Fr. Et. Quat.*, n° 1, p. 13-34.
- BRAVARD, Y. (1976) — «L'érosion dans le Dhar ou Senn (Mauritanie du S.-E.)», *Rev. Géogr. Alpine, Grenoble*, t. 64, n° 3, p. 311-326, 3 fig., 14 photo.
- BÜDEL, J. (1957) — «Die doppelten Einebnungsflächen in den feuchten Tropen», *Zeitschr. Geomorph., Dtsch.*, t. 1, p. 201-228.
- CHAMARD, P. (1970) — *Le bassin-versant de la Sebkhâ de Chemchane (Adrar de Mauritanie). Etude géomorphologique* (thèse 3° C. Dakar), 207 p. multigr., fig.

- DAVEAU, S. (1965) — «Dunes ravinées et dépôts du Quaternaire récent dans le Sahel mauritanien», *Rev. Géogr. Afr. occ., Dakar*, n° 1-2, p. 7-47, 7 fig., 6 pl. photo.
- (1967) — «Le relief du Baten d'Atar (Adrar mauritanien)», *Mém. et Doc., Centre nat. Rech. sci., Paris*, année 1966, vol. 2, 96 p., 26 fig., 2 tabl., 7 pl. photo.
- (1970) — «L'évolution géomorphologique quaternaire au sud-ouest du Sahara (Mauritanie)», *Ann. Géogr., Fr.*, n° 431, p. 20-38, 6 fig., rés. fr., angl.
- DAVEAU, S., MICHEL, P. (1969) — «Le relief du Tagant (Mauritanie)», *Rev. Géogr. phys. Géol. dyn., Fr. (2)*, vol. 11, n° 2, p. 189-210, 12 fig., 8 photo. rés. fr., angl.
- DAVEAU, S., MOUSINHO, R., TOUPET, CH. (1967) — «Les grandes dépressions fermées de l'Adrar mauritanien, Sebkhâ de Chemchane et Richât», *Bull. Inst. fond. Afr. noire, A, Sénégal*, t. 29, n° 2, p. 413-446, 5 fig., 11 photo.
- ELOUARD, P. (1962) — «Etude géologique et hydrogéologique des formations sédimentaires du Guebla mauritanien et de la vallée du Sénégal» — (thèse Paris 1959), *Mém. Bur. Rech. géol. min., Paris*, n° 7, 274 p., 31 fig., 8 pl. photo.
- (1975) — «Formations sédimentaires de Mauritanie atlantique», in *Notice Carte géol. Mauritanie au 1/1 000 000*, Bur. Rech. géol. min., Orléans, p. 171-233.
- ELOUARD, P., MICHEL, P. (1958) — «Le Quaternaire du lac Rkiz et de l'Aftout de Boutilimit (Mauritanie)», *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.*, n° 12, p. 245-247.
- FAURE, H. (1969) — «Lacs quaternaires du Sahara». — (International Symposium on Paleolimnology, Tihany — août 1967). *Mitt. internat. Verein. Limnol.*, n° 17, p. 131-146, 3 fig., rés. fr., angl.
- FAURE, H., ELOUARD, P. (1967) — «Schéma des variations du niveau de l'océan Atlantique sur la côte de l'Ouest de l'Afrique depuis 40 000 ans», *C. R. Acad. Sci., D, Fr.*, t. 265, p. 784-787, 2 fig.
- GROVE, A. T., WARREN, A. (1968) — «Quaternary landforms and climate on the south side of the Sahara», *Geogr. Journ., Londres*, t. 134, n° 2, p. 194-208, 5 fig., 3 pl. photo.
- HÉBRARD, L. (1973) — *Contribution à l'étude géologique du Quaternaire du littoral mauritanien entre Nouakchott et Nouadhibou, 18°-21° latitude Nord* (thèse Univ. Lyon), 3 tomes, 485 p. multigr., 59 fig.
- HUGOT, G. (1974) — *Un secteur du Quaternaire lacustre mauritanien: Tichit (Aouker). Eléments pour servir à une étude géomorphologique*. Thèse 3° Cycle, Grenoble, 198 p. multigr., fig. + 1 vol. planches photo.
- LAPPARTIENT, J.-R. (1976) — «Le Quaternaire continental de Mauritanie: bordure nord de l'Aftout ech chergui», in *Palaeoecology of Africa* éd. par E. M. VAN ZINDEREN BAKKER, vol. 9 (1972-74), p. 7.
- MAGLIONE, G., CARN, M. (1976) — «Données géochimiques préliminaires sur la sebkhâ de Ndhamcha (Mauritanie)», *Bull. Ass. sénég. Et. Quat. Ouest afr., Dakar*, n° 49, p. 27-39, 5 fig.

- MICHEL, P. (1959) — «L'évolution géomorphologique des bassins du Sénégal et de la Haute-Gambie. Ses rapports avec la prospection minière», *Rev. Géom. dyn., Fr.*, t. 10, n° 5-12, p. 117-143, 6 fig., rés. angl.
- (1968) — «Genèse et évolution de la vallée du Sénégal, de Bakel à l'embouchure (Afrique occidentale)», *Zeitschr. Geomorph., Dtsch.*, t. 12, n° 3, p. 318-349, 6 fig., 11 photo., 1 tabl., rés. all., angl.
- (1973) — «Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie. Etude géomorphologique» — (thèse Strasbourg 1970), *Mém. Off. Rech. sci. tech. O.-mer, Fr.*, n° 63, 3 tomes, 752 p., 170 fig., 39 tabl., 91 photo., 9 pl. et 6 cartes coul. h. t., rés. fr., angl.
- (1977) — «Cuirasses bauxitiques et ferrugineuses d'Afrique occidentale, aperçu chronologique», *Trav. Doc. Géogr. tropic., Bordeaux* (sous presse).
- MICHEL, P., ASSÉMIEN, P. (1969) — «Etude sédimentologique et palynologique des sondages de Bogué (basse vallée du Sénégal) et leur interprétation morphoclimatique», *Rev. Géom. dyn., Fr.*, t. 19, n° 3, p. 97-113, 7 fig., 5 photo.
- MONOD, TH. (1958) — «Majâbat al-Koubrâ. Contribution à l'étude de l'Empty Quarter ouest-saharien», *Mém. Inst. fr., Afr. noire, Sénégal*, n° 52, 407 p., 135 fig., 81 pl. photo.
- NAHON, D. (1976) — «Cuirasses ferrugineuses et encroûtements calcaires au Sénégal occidental et en Mauritanie. Systèmes évolutifs: géochimie, structures, relais et coexistence» (thèse Marseille, 1976), *Science Géol., Strasbourg, Mém.*, n° 44, 232 p., 60 fig., 31 photo.
- NAHON, D., RUELLAN, A. (1972) — «Encroûtements calcaires et cuirasses ferrugineuses dans l'Ouest du Sénégal et de la Mauritanie», *C. R. Acad. Sci., D, Fr.*, t. 274, p. 509-512.
- NAHON, D., RUELLAN, A., MILLOT, G. (1973) — «Accumulations calcaires et ferrugineuses dans la marge occidentale du Sénégal, de la Mauritanie et du Maroc. Rapport de la mission multidisciplinaire de janvier 1973», *Bull. Ass. sénég. Et. Quat. Ouest afr., Dakar*, n° 39, p. 43-56.
- ROGNON, P. (1976) — «Essai d'interprétation des variations climatiques au Sahara depuis 40 000 ans», *Rev. Géogr. phys. Géol. dyn., Fr.*, vol. 18, fasc. 2-3, p. 251-282, 8 fig., rés. fr., angl.
- ROHDENBURG, H. (1970) — «Morphodynamische Aktivitäts- und Stabilitätszeiten statt Pluvial- und Interpluvialzeiten», *Eiszeitalter Gegenwart, Dtsch.*, t. 21, p. 81-96.
- RUELLAN, A. (1968) — «Excursion dans l'Adrar mauritanien: quelques observations», *Bull. Ass. sénég. Et. Quat. Ouest afr., Dakar*, n° 19-20, p. 27-34, 1 fig.
- SOUCY, J. (1969) — «Grandes lignes structurales de la chaîne des Mauritanides et de son avant-pays (Socle précambrien et sa couverture infracambrienne et paléozoïque), Afrique de l'Ouest», *Bull. Soc. géol. Fr.* (7), t. 11, n° 2, p. 133-149, 5 fig., rés. fr.
- TOUPET, CH. (1966) — «Etude du milieu physique du massif de l'Assaba (Mauritanie)». Initiations et Et. afric. n° 20, *Inst. fond. Afr. noire, Sénégal*, 152 p., 32 fig., 18 photo., 1 carte dpl. h. t.



PL. I, A — La deuxième surface d'aplatissement dans le Tagant oriental; vieille piste de Moudjéria à Tidjikja (altitude 400 m). Le manteau latéritique, épais de dix mètres, a été disséqué et en partie déblayé. Les buttes tabulaires allongées correspondent au sommet de la surface. La cuirasse sombre, souvent fragmentée, couvre les altérites argileuses. La base est mise à jour par une lente érosion; ainsi un chicot de grès apparaît-il sur la gauche.



PL. I, B — Cuirasse ferrugineuse dans le Tasiast près d'Inkebdène. C'est une cuirasse dure et compacte, partiellement découpée en blocs par l'érosion mécanique. Elle s'est formée sur un vieux glaciais, probablement au cours de la période humide de la fin du Tertiaire. Cette cuirasse recouvre les altérites kaoliniques de migmatites qui sont généralement masquées par des sables éoliens, comme sur cette photographie.



PL. II, A — Les glacis de la vallée de l'Achouil dans la Kédia d'Içuil. Les reliefs sont constitués de quartzites à hématite et de brèches ferrugineuses. Au pied s'étend un vieux haut glacis, couvert d'une cuirasse ferrugineuse épaisse et dure; quelques blocs sont éboulés sur le versant de l'entaille. Un glacis de substitution s'étire au premier plan; une cuirasse ferrugineuse plus mince et une croûte calcaire y recouvrent les schistes précambriens.

PL. II, B — Coupe d'un glacis de substitution de la vallée de l'Achouil. Cette vue de détail montre de bas en haut: 1. les schistes précambriens, partiellement altérés, présentant des nodules calcaires; 2. la croûte calcaire avec quelques blocs de quartzite à hématite; 3. la cuirasse ferrugineuse contenant beaucoup de blocs des mêmes quartzites et de la cuirasse ferrugineuse du haut glacis. Cuirasse ferrugineuse et croûte calcaire sont en partie imbriquées.



- (1976) — «L'évolution du climat de la Mauritanie du Moyen Age jusqu'à nos jours», in *Colloque Nouakchott sur la désertification du Sud du Sahara (1973)*, Nouv. Edit. afric., Dakar, p. 56-63, 2 fig.
- TOUPET, CH., PITTE, J.-R. (1977) — *La Mauritanie*. Coll. Que sais-je? Presses univ. Fr., Paris, 128 p., 8 fig.
- TRICART, J., BROCHU, M. (1955) — «Le grand erg ancien du Trarza et du Cayor (Sud-Ouest de la Mauritanie et Nord du Sénégal)», *Rev. Géom. dyn., Fr.*, t. 6, n° 4, p. 145-176, 9 fig., rés. angl.
- TROMPETTE, R. (1973) — *Le Précambrien et le Paléozoïque inférieur de l'Adrar de Mauritanie (bordure occidentale du bassin de Taoudeni, Afrique de l'Ouest)*. Un exemple de sédimentation de craton. *Etude stratigraphique et sédimentologique* (thèse Marseille). Trav. Lab. Sci. Terr. B, Marseille St. Jérôme, 702 p. multigr., fig.
- TROMPETTE, R. MANGUIN, E. (1968) — «Nouvelles observations sur le Quaternaire lacustre de l'extrémité sud-est de l'Adrar de Mauritanie», *Ann. Fac. Sci. Univ. Dakar*, t. 22, sér. Sci. de la Terre, n° 2, p. 151-162, 4 fig., 1 pl. photo., rés. fr., angl.