

ÉROSION ET SÉDIMENTATION DANS LE MASSIF DE L'AÏR (SAHARA MÉRIDIONAL) : ESSAI D'INTERPRÉTATION PALÉOCLIMATIQUE DE LA MOYENNE TERRASSE (1)

Alain MOREL

Département de Géographie, Université de Niamey, Niger

RÉSUMÉ

Emboîtée dans deux anciennes terrasses, la terrasse moyenne de l'Air présente en coupe, au-dessus du socle alléré, une succession assez complexe de dépôts réalisés après une période importante de creusement ; à la base, un conglomérat assez grossier, surmonté de dépôts plus fins et mieux classés, sables, graviers et limons argilo-silleux avec parfois un paléosol rubéfié ; au sommet un nouveau dépôt sableux, fréquemment coiffé par les lambeaux d'un encroûtement ferrugineux. Il n'est pas rare qu'une des séquences manque, car phases de dépôt et phases d'ablation ont alterné, et ces dernières semblent avoir été assez actives dans l'Air.

D'après les datations obtenues, les premiers dépôts seraient antérieurs à 30 000 ans B.P. Ils se seraient poursuivis jusqu'à l'Holocène moyen. L'édification de cette terrasse ne correspond donc pas à un seul épisode climatique, mais à une succession de phases tantôt plus humides, tantôt plus arides, ainsi qu'en témoignent les alternances érosion-sédimentation, et les différents types de dépôts. Cependant le résultat des analyses sédimentologiques et polliniques permettent d'affirmer qu'il n'y a pas eu, depuis le grand creusement initial, de changements climatiques majeurs, mais plutôt des oscillations relativement minimales.

ABSTRACT

EROSION AND SEDIMENTATION IN THE AÏR MASSIF (SOUTHERN SAHARA): PALÉOCLIMATIC INTERPRETATION OF THE MIDDLE TERRACE

Found between two high terraces, the middle terrace of the Air presents in cross section, above the basement, a fairly complex succession of deposits which occurred after an important period of entrenchment : at its base, a relatively coarse conglomerate, surmounted by finer and better sorted deposits, sands, gravels and clay silt, with sometimes a reddish palaeosoil ; at the top, a new sand deposit, frequently topped by the remains of a ferruginous crust. It is not unusual for one of these sequences to be missing, as deposit and erosion phases have alternated, and the erosion phases appear to have been rather active in the Air.

According to the dating obtained, the first deposits would date back to before 30 000 years B.P. They would have continued until the Middle Holocene. The construction of this terrace does not therefore correspond to one single climatic episode, but to a succession of phases, sometimes more humid, sometimes more arid, as evidenced by the alternation erosion-sedimentation, and by the different types of deposits. Nevertheless, the results of sedimentological and pollinic analyses permit us to affirm that since the great entrenchment that preceded the alluviation of this terrace, there have been no major climatic changes, only relatively minor fluctuations.

(1) Cette étude a fait l'objet d'une communication au XI^e Congrès International de l'I.N.Q.U.A., Moscou, août 1983.

РЕЗЮМЕ

ЭРОЗИЯ И ОСАДКОНАКОПЛЕНИЕ В АИРСКОМ МАССИВЕ (ЮЖНАЯ САХАРА) : ПОПЫТКА ПАЛЕОКЛИМАТИЧЕСКОГО ИСТОЛКОВАНИЯ СРЕДИННОЙ ТЕРРАСЫ

Разрез срединной аирской террасы — заключенной в двух древних террасах — над измененными коренными породами показывает довольно сложную последовательность отложений, накопленных после периода активного размыва; на основе находится разве грубый конгломерат с надлежащими более тонкими и лучше сортированными отложениями песка, гравия и пылеватого тяжелого суглинка, иногда с окрасенной ископаемой почвой; на кровле находится другое песковое отложение, часто покрытое остатками железистых инкрустаций. Одна из единиц нередко отсутствует, так, как периоды седиментации и размыва нередко чередовались и, по-видимому, последние были довольно активными в аирском массиве.

Кажется, по рассчитанным датированьям, что древнейшие отложения накопились более 30 000 лет до н.э. Они вероятно продолжались до среднего голоцена. Таким образом, строительство этой террасы не соответствует лишь одному климатическому эпизоду, а последовательности то более влажных, то более сухих фаз, как показывают чередования эрозии и седиментации, так же, как и разнообразные отложения. Однако, по результатам седиментологических и пылецевых анализов, можно утверждать, что, с великого начального размыва, не проявились крупные климатические изменения, а скорее сравнительно незначительные колебания.

Il est possible de distinguer, dans la partie centrale du massif de l'Air (fig. 1 et 2), six niveaux étagés de glacis et de terrasses. La terrasse moyenne, qui constitue un des éléments majeurs du paysage, doit son nom à sa position intermédiaire entre deux niveaux de terrasses anciennes et deux basses terrasses (fig. 3). Son originalité vient de ce qu'elle se présente généralement comme une terrasse de remblaiement, alors que les deux hautes terrasses sont des terrasses d'ablation parfois couvertes qui recourent le socle altéré. Il s'agit d'une forme facile à reconnaître, sorte de gradin à sommet plat ou légèrement incliné et à rebord abrupt. Les dépôts de ce remblaiement présentent une disposition relativement complexe, ainsi que nous allons pouvoir le constater sur les coupes. Leur intérêt vient de ce qu'ils sont les témoins de l'histoire géomorphologique et par suite paléoclimatique du Quaternaire récent. Ils correspondent à une succession de phases de décapage et d'alluvionnement. Par ailleurs cette terrasse présente des analogies avec la terrasse graveleuse décrite par P. ROGNON dans l'Atakor, et avec la terrasse moyenne étudiée par J. GRUNERT, D. JAKEL et les géographes allemands dans le Tibesti. Il sera donc possible de tenter d'établir des corrélations entre les terrasses moyennes de ces massifs du Sahara central et méridional.

DESCRIPTION DES COUPES

Au premier abord, ces dépôts paraissent assez disparates d'un point à l'autre de l'Air; disparates quant à leur épaisseur qui peut varier de 2 mètres,

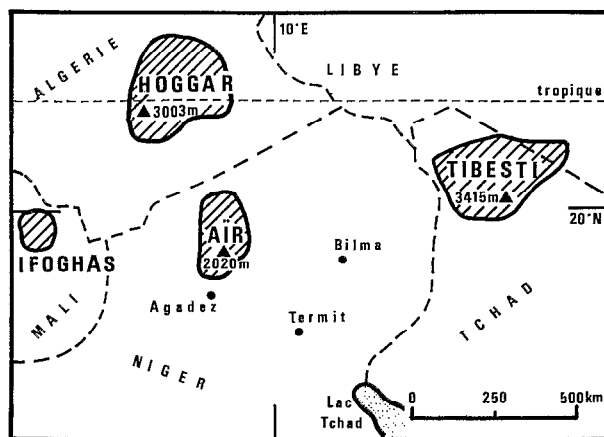


FIG. 1. — L'Air, parmi les massifs sahariens

au nord du Tamgak, à 14 m dans le kori Agamgam (fig. 2), disparates quant à leur nature sédimentologique, tantôt conglomérats hétérométriques, tantôt sables grossiers, tantôt limons argilo-silteux, disparates enfin quant à leur succession de la base vers le sommet (fig. 4 et 5). Les facteurs qui interviennent sont parfois d'ordre topographique, selon que l'on se trouve dans les hauts massifs, sur leurs piémonts, ou dans de hautes plaines, parfois d'ordre lithologique; il est certain que la fourniture de matériaux détritiques n'est pas la même selon que l'on a affaire au socle métamorphique, aux massifs granitiques ou ignimbritiques, ou encore au fossé de grès crétaqués du Téfidet ou à la bordure du massif molassique du Takolokouzet. L'import-

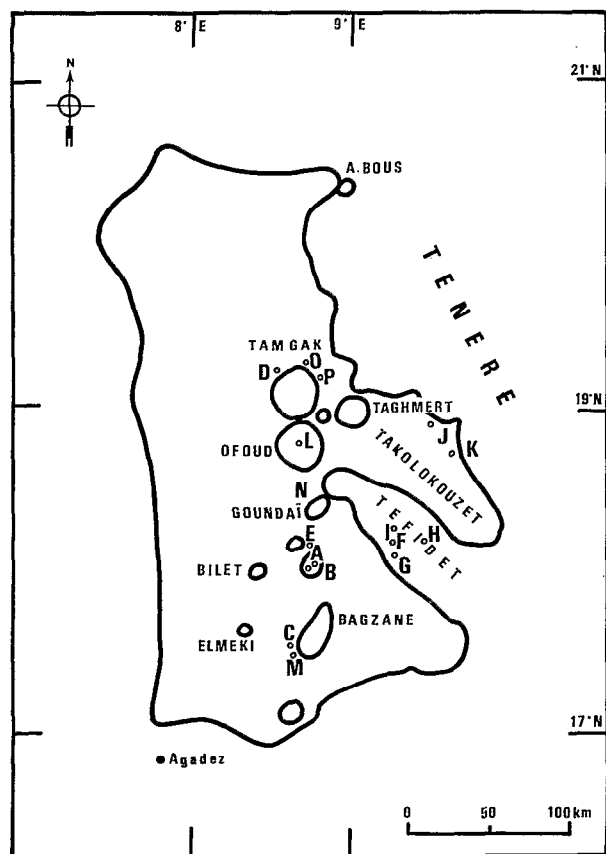


FIG. 2. — Le massif de l'Aïr : croquis de localisation ; emplacement des diverses coupes des figures 4 et 5

tance des bassins-versants, le caractère du profil en long des vallées, la position du site observé, en amont ou en aval, la nature même du lit des oueds, dénommés ici koris, expliquent en partie les nuances observées. Néanmoins, un certain nombre de points communs se dégagent de l'étude des coupes.

Le creusement antérieur aux dépôts

L'histoire de cette terrasse débute après une période importante de creusement qui a entaillé les niveaux anciens et atteint généralement le socle. L'enfoncement par rapport au niveau 3 (fig. 3), peut être de l'ordre d'une vingtaine de mètres, par exemple dans la vallée du kori Zakat, à l'intérieur du mont Tamgak. Deux facteurs ont favorisé cette entaille : d'une part les matériaux meubles que constituent les roches altérées du socle ont offert une faible résistance à l'ablation ; et il arrive que les hauts glacis aient totalement disparu au pied de certains massifs du sud-ouest de l'Aïr, au pied des monts Guissat ou Elméki, par exemple (fig. 2). D'autre part, cet enfoncement des koris a pu tout simplement retrouver un niveau très ancien lié à un creusement Plio-Quaternaire. C'est ainsi que sur la bordure sud du mont Bagzane, une coulée basaltique a envoyé une ancienne vallée du kori Atkaki ; une datation de la lave faite par H. BELLON avec la méthode potassium-argon, a donné $2,57 \pm 0,25$ M.A., preuve que l'enfoncement des koris, au début du Quaternaire pouvait être dans certains cas, au moins aussi important que l'enfoncement

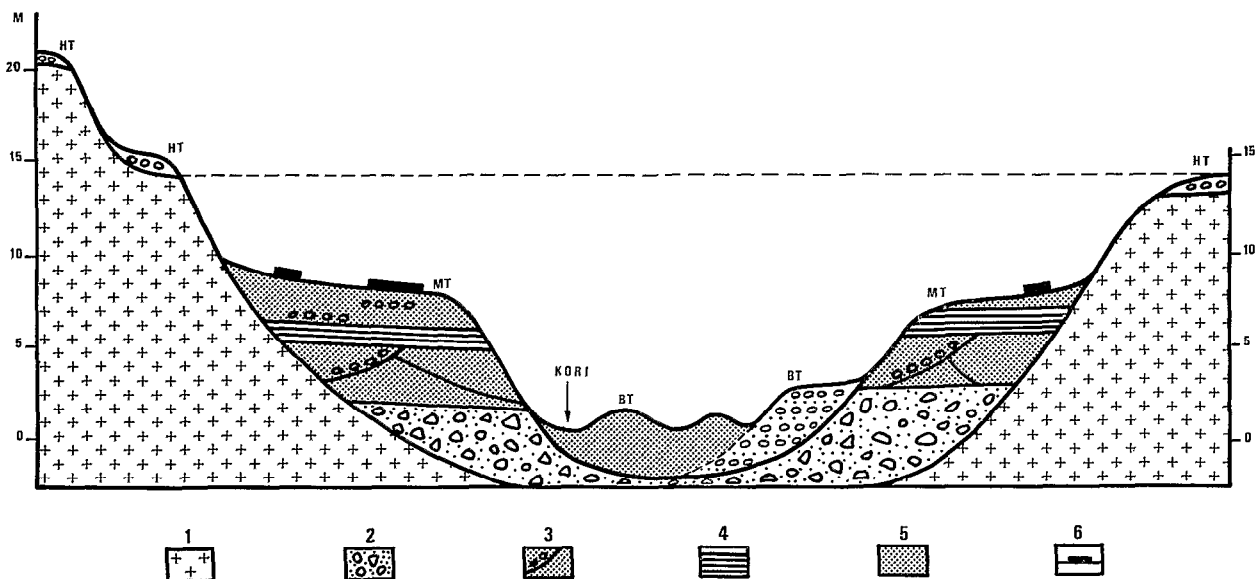


FIG. 3. — Coupe schématique des terrasses de l'Aïr. HT : haute terrasse, MT : moyenne terrasse, BT : basse terrasse ; 1 : socle, 2 : conglomérat, 3 : sables et graviers, 4 : limons argilo-silteux, 5 : sables fluviaux, 6 : encroûtement ferrugineux

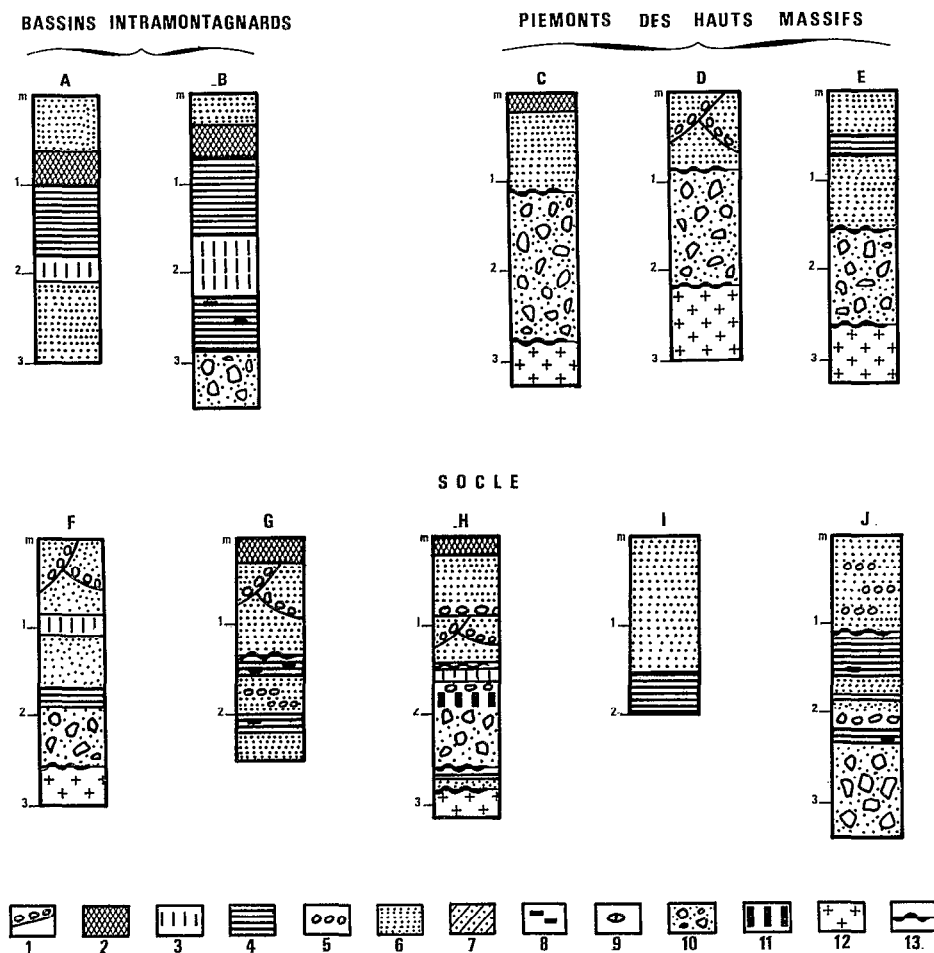


FIG. 4. — Coupes dans différentes régions de l'Air central. Bassins intramontagnards : A : Edekel n'Gefat (Mt Aroyau), B : Guijé-Sud (Mt Iskou) ; Piémonts des hauts massifs : C : kori Tokadi (Ouest Bagzane), D : kori Tadek (Nord Tamgak), E : kori Emachtar (Est Egalah) Socle : F : kori Tabertakat (Ofoud), G : kori Abardak (SW Bagzane), H : kori Ekouloulef (Nord Goundai), I : Nord Tamgak, J : kori Tezirzek (Est Tamgak)

actuel. A cette phase de creusement, succède un ennoyage généralisé des vallées.

Le terme I

C'est toujours à la base de la coupe, au-dessus du socle altéré que l'on trouve des dépôts grossiers comprenant des blocs de 20 à 80 cm de diamètre, mêlés à des éléments plus fins ; dans le kori Tokadi, à l'ouest du mont Bagzane (fig. 4-G), ce dépôt peut avoir 2,50 m d'épaisseur ; dans le kori Tadek, au nord du Tamgak, plus de 2 mètres. La taille des éléments diminue lorsqu'on s'éloigne des hauts sommets. A Ekouloulef, à quinze kilomètres du pied du mont Goundai, le dépôt reste toujours très hétérométrique, mais comporte moins de gros

galets (fig. 4-H). Au nord du kori Agamgam, sur la bordure est de l'Air, donc loin des hauts massifs, on retrouve la même formation d'éléments grossiers anguleux et mal classés (A. DURAND *et al.*, 1983), de même que dans le kori Manaouyet, au cœur du fossé du Téfidet (fig. 5-K).

Le terme II

Les dépôts suivants sont assez différents, plus fins et mieux classés et semblent liés à des conditions de sédimentation différentes. On trouve une alternance de bancs de sables ou de graviers et de bancs argilo-silteux. Ces derniers ont une épaisseur variable, plus d'un mètre dans la plaine d'Edekel in Taberama ou encore dans la vallée de Tezirzek à l'est du

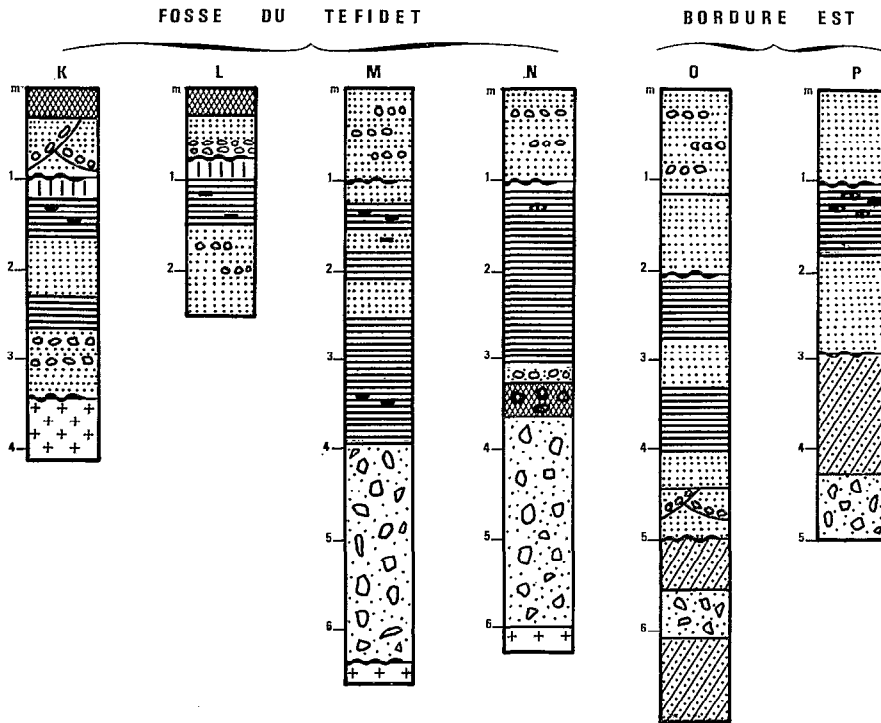


FIG. 5. — Coupes dans le fossé du Téfidet, et sur la bordure est de l'Aïr. Fossé du Téfidet : K : kori Manaouyat, L : kori Tchirozr n, M : kori Narimet (d'après M. Servant), N : kori Erip. Bordure Est : O : kori Agamgam, P : kori Tagueit
 Légende des figures 4 et 5 : 1 : reg., 2 : encroûtement ferrugineux, 3 : paléosol, 4 : limons argilo-silteux, 5 : graviers et galets, 6 : sables fluviaux, 7 : sables éoliens, 8 : passées ferrugineuses, 9 : nodules calcaires, 10 : conglomérat, 11 : travertin, 12 : socle, 13 : surface de ravinement

Tamgak (fig. 4-J), deux mètres dans le kori Manaouyat (fig. 5-K). Ils sont toujours plus épais dans l'est de l'Aïr. Ils se décomposent parfois en deux ou trois strates. Un horizon de sol rubéfié apparaît dans certaines coupes, comme dans le kori Tabertakat où il est bien développé, ou dans le sud de la haute plaine de Guijé, dans le massif d'Iskou (fig. 4-B). Des lentilles plus oxydées, des passées ferrugineuses s'intercalent dans ces dépôts de sables et de limons. On y remarque la présence de concrétions autour de racines, ou encore de petits nodules calcaires dans certaines vallées du Téfidet ou de la bordure est. Enfin on y trouve parfois des éclats paléolithiques remaniés par les eaux, comme par exemple à Agamgam Nord ou à Ekouloulef (J. P. ROSEY, à paraître). Les bancs argilo-silteux témoignent de conditions de sédimentation très différentes des conditions actuelles. On peut se demander aussi, si le cadre topographique n'a pas favorisé le dépôt de ces sédiments fins à faciès palustre. C'est en effet dans des sites particuliers que l'on trouve les bancs argileux les plus épais, par exemple dans les bassins intra-montagnards ou sur la bordure orientale.

Ces dépôts ont pu se réaliser à l'arrière de barrages constitués par les éboulis venus obstruer l'exutoire des alvéoles que constituent les hautes plaines des massifs, ou encore à l'est de l'Aïr, à l'arrière de cordons éoliens aujourd'hui disparus parce que déblayés par les eaux courantes.

Le terme III

Au-dessus des formations argilo-silteuses, se superpose un dépôt sableux, relativement grossier, plus ou moins graveleux et qui marque un des derniers épisodes de la sédimentation de cette terrasse. C'est lui qui affleure le plus souvent et qui donne à la terrasse moyenne sa physionomie de terrasse graveleuse rose. De fines intercalations de limons noirâtres, riches en matière organique l'interrompent parfois. Ainsi, dans le kori Zakat, on a pu observer trois minces lits de 7 à 8 centimètres d'épaisseur séparés par 20 cm de sable. Le sommet du dépôt est presque toujours induré par un encroûtement ferrugineux de 50 à 60 cm d'épaisseur, d'aspect tantôt nodulaire, tantôt tubulaire, montrant une grande porosité

vacuolaire. Relativement démantelé, on en retrouve des lambeaux aussi bien à l'amont des glaciers que sur le rebord de la terrasse, preuve de son extension sur l'ensemble de la terrasse moyenne. Il moule très souvent des racines, ce qui lui donne son aspect.

Dans l'ensemble, tous ces dépôts sont composés d'un matériel peu altéré; peu de cortex sur les blocs et les galets; dans les arènes, les feldspaths (orthoses) sont assez bien conservés. Les analyses minéralogiques et géochimiques qui ont été faites dans les échantillons de cette terrasse (P. SOUGUÉ, 1981; J. TRICHET *et al.*, 1982), montrent qu'aucune altération intense n'a affecté les matériaux. Seule la rubéfaction qui affecte le terme III rappelle les effets d'une phase climatique temporairement plus hydrolysante que celles qui l'ont encadrée.

En résumé, il semble que l'on puisse identifier dans le massif de l'Air trois épisodes principaux de sédimentation ayant contribué à l'édification de la terrasse moyenne. Ils se manifestent par les trois termes que nous avons observés dans les coupes. Ces différents faciès témoignent d'écoulements et donc de climats relativement différents les uns des autres: ainsi l'histoire du remblaiement de cette terrasse paraît-il relativement complexe; phases de dépôt et phases d'ablation se sont succédées. Il est possible, en faisant la synthèse des diverses coupes, de reconstituer un certain nombre de cycles érosion-sédimentation, correspondant aux fluctuations climatiques du Pléistocène supérieur et de l'Holocène.

DATATIONS ET INTERPRÉTATIONS

Les géographes allemands ont daté la terrasse moyenne du Tibesti entre 16 000 et 7 000 ans B.P. En revanche, P. ROGNON pense que l'histoire de la terrasse graveleuse de l'Atakor remonte à un Pluvial de type tropical correspondant à un interstade Wurm ou peut-être même à l'interglaciaire Riss-Wurm. Nous ne disposons pour l'instant que de deux datations au C. 14, faites sur les carbonates liés à des venues hydrothermales que cimentent le conglomérat grossier de base à Ekouloulef. La première dans une veine de calcite de la base de la formation donne un âge supérieur à 34 500 ans B.P., la seconde, faite dans le travertin qui fige au sommet du dépôt des éclats atériens, donne 18 600 ± 400 ans B.P.

Le creusement précédant les dépôts de la terrasse moyenne est lié à des écoulements abondants qui ont taillé de profondes vallées et érodé les manteaux d'altération et les alluvions anciennes jusqu'à la roche en place. Puis l'ennoyage généralisé des vallées traduit le passage progressif à des conditions climatiques différentes.

TABLEAU I

Les phases érosion-sédimentation dans le massif de l'Air au Pléistocène supérieur et à l'Holocène; corrélations avec le bassin du lac Tchad

Subdivisions	Oscillations climatiques	Milles-années BP	Dépôts du bassin du lac Tchad (d'après M. Servant, A. Durand et P. Mathieu)	Massif de l'Air Erosion-Sédimentation
NIGERO-TCHADIEN	HOLOCÈNE	aride	dépôts fluviolacustres	entaille de la terrasse égyptienne
		humide	maximum lacustre	engrèvement ferrugineux
		aride		dépôt sableux
		humide		érosion
KANÉMIEN	HOLOCÈNE	aride	dépôts fluviodeltaïques	rubéfaction
		humide		dépôt argilo-silteux
		aride	dépôts fluviodeltaïques	dépôts fluviatiles sableux
		humide		(dépôts éoliens de la bordure Est)
GHAZALIEN	PLÉISTOCÈNE SUPÉRIEUR	aride	remaniements éoliens	érosion
		humide	maximum lacustre	oxydation du fer
		aride	dépôts fluviodeltaïques	dépôts limoneux ?
		humide		dépôt conglomérat
GHAZALIEN	PLÉISTOCÈNE SUPÉRIEUR	aride	érosion et dépôts éoliens	(dépôts éoliens de la bordure Est)
		humide		entaille du niveau 3.
		aride		érosion
		humide	maximum lacustre	

Le terme I

Les dépôts détritiques grossiers témoignent d'une saison des pluies encore bien marquée provoquant des écoulements torrentiels capables d'entraîner par roulement ces matériaux grossiers. Cette période pourrait correspondre à la phase de dépôts fluviodeltaïques observés par A. DURAND et P. MATHIEU (1979, 1980) sur la bordure sud du lac Tchad au cours du Ghazalien (tabl. I). Ce terme I peut encore être rapproché du niveau inférieur A, décrit par M. SERVANT (1973) dans les vallées de l'Air oriental, formé de sédiments grossiers parfois conglomératiques. Les éclats atériens trouvés à Ekouloulef dans cette formation sont une preuve supplémentaire de son âge anté-Kanémien. Cela coïncide en effet avec ce que nous savons actuellement de la civilisation atérienne, dont on s'accorde à penser qu'elle est contemporaine de la période humide du Ghazalien supérieur qui s'étend entre 30 000 et 20 000 ans B.P. (Th. TILLET, 1981).

Le terme II

Après une phase de ravinement qui provoque le décapage partiel du terme I, phase qui pourrait

correspondre au Pluvial de 22 000 ans B.P. (tabl. I), l'alluvionnement reprend. La base des dépôts du terme II témoigne d'écoulements superficiels et d'une sédimentation fluvio-torrentielle avec des crues sans doute semblables à celles qui se produisent de nos jours, trois ou quatre fois par an. Les géographes allemands font remonter de semblables dépôts de la terrasse moyenne du Tibesti un peu au-delà de 16 000 ans (D. JAKEL, 1979).

Puis les bancs argilo-silteux, dépourvus d'éléments grossiers montrent une évolution vers un climat peut-être pas plus humide, mais avec une meilleure répartition des pluies, et surtout des précipitations fines et régulières, favorisant des écoulements lents. Il est possible, comme le suggère M. SERVANT (1973), que ces pluies fines aient été des pluies de printemps, comme il en existe encore aujourd'hui, très rarement (« pluie des mangues »). Ces sédiments fins à faciès palustre se sont mis en place pendant la phase humide post-kanémienne (10 000 à 8 000 ans B.P.), qui connaît un maximum lacustre du lac Tchad. C'est l'époque où se forment des vertisols dans lequel l'engorgement des profils est de règle une partie de l'année.

Le terme III

Après 8 000 ans B.P., les conditions climatiques redeviennent plus contrastées. Les pluies, à caractère orageux, sont liées aux lignes de grains. Ce sont des pluies de saison chaude. Le ruissellement redevient plus agressif, la charge des cours d'eau plus grossière. Cette phase correspond à un nouveau ravinement qui, dans certains cas, peut décaper une grande partie, sinon la totalité des dépôts argilo-silteux. Des sols ferrugineux tropicaux se développent. Avec l'assèchement du climat, c'est le retour à une nouvelle sédimentation fluvio-torrentielle sous un climat comparable au climat actuel. Ce terme III de la terrasse moyenne se retrouve au Tibesti où D. JAKEL et J. GRUNERT (1975) ont obtenu des datations comprises entre 8 000 et 7 000 ans B.P. Enfin l'encroûtement ferrugineux traduit une phase à nouveau plus humide et un engorgement des dépôts par la nappe phréatique. Il est en tous points comparable à la cuirasse vacuolaire à éléments radiciformes décrite à Termit, à 300 km au sud-est de l'Aïr (fig. 1) et attribuée par J. HERVIEU (1977) à l'Holocène moyen (6 000-4 700 ans B.P.). Il correspond à la phase plus humide observée dans l'ensemble du bassin du Tchad entre 6 000 et 5 000 ans B.P.

Ce n'est qu'après cette période que le creusement reprend, démantèle la cuirasse et entaille définitivement la terrasse moyenne qui peut aujourd'hui dominer localement le fond des talwegs de trois à cinq mètres.

CONCLUSION

Ainsi l'histoire de la terrasse moyenne de l'Aïr est complexe. Cette complexité explique la variété des coupes observées. Souvent un des termes de sédimentation manque : phases de dépôts et phases d'ablation ont en effet alterné et ces dernières semblent avoir été assez actives, les reliefs favorisant les actions d'ablation ; ainsi les dépôts de cette terrasse ne sont généralement pas très épais dans l'Aïr.

Une des principales idées qui se dégage de ces observations, est que cette terrasse ne correspond pas à une seule phase climatique, mais qu'elle est le résultat de différents épisodes qui se sont succédés depuis le Pléistocène supérieur jusqu'à l'Holocène moyen. Cependant les résultats des analyses polliniques faites par E. Schulz sur les dépôts de cette terrasse, comme d'ailleurs l'observation des dépôts eux-mêmes prouvent qu'il n'y a pas eu de changements climatiques majeurs durant cette période, mais plutôt des oscillations relativement minimes (A. MOREL et E. SCHULZ, 1981). Le climat est sans doute resté aride, mais il est probable, ainsi que le suggère J. MALEY (1980), qu'il y a eu des périodes très nuageuses avec pluies fines et peu fréquentes et faible évaporation, et d'autres périodes très ensoleillées avec peu de pluies, mais des pluies à grosses gouttes, à caractère orageux, liées comme aujourd'hui aux lignes de grains, provoquant des écoulements brutaux, des ravinements, et le transport d'éléments plus grossiers. Il semble que l'on se trouve dans une situation semblable après chaque phase de maximum lacustre (tabl. I). C'est là que se localisent les surfaces de ravinement observées dans les diverses coupes, par exemple après le maximum de 22 000 ans B.P. ou après celui de 8 000 ans. Avec l'assèchement du climat se produit le cycle classique de sédimentation, d'abord plus grossière et à caractère fluvio-torrentiel, puis, avec le retour aux conditions plus humides, plus fine. Mais il arrive dans certains sites, que l'érosion puisse décaper une partie, parfois même l'ensemble d'une séquence ; nous avons pu voir l'encroûtement ferrugineux recouvrir non pas le terme III, mais parfois directement le terme II ou même le terme I, preuve de l'ablation préalable des bancs intermédiaires.

Ainsi la terrasse moyenne de l'Aïr nous permet, par la succession de ses divers dépôts de mieux connaître les différentes phases d'érosion et de sédimentation, et par suite, de mieux comprendre les oscillations climatiques auxquelles elles correspondent.

*Manuscrit reçu au Service des Éditions de l'O.R.S.T.O.M.,
le 17 mai 1983*

BIBLIOGRAPHIE

- DURAND (A.) et MATHIEU (P.), 1979. — Essai de reconstitution de l'évolution paléoclimatique du bassin tchadien au Pléistocène supérieur, à partir de l'étude des formations fluvio-deltaïques du fleuve Chari. *Bull. Asequa*, nos 56-57 : 69-71.
- DURAND (A.) et MATHIEU (P.), 1980. — Évolution paléogéographique et paléoclimatique du bassin tchadien au Pléistocène supérieur. *Rev. Géol. Dyn. et Géogr. Phys.* vol. 22, fasc. 4-5 : 329-341.
- DURAND (A.), LANG (J.), MOREL (A.) et ROSET (J. P.), 1983. — Évolution géomorphologique et paléoclimatique au Pléistocène supérieur et à l'Holocène, de l'Air oriental (Niger). *Rev. Géom. Dyn. et Géogr. Phys.*
- GRUNERT (J.), 1975. — Beiträge zum Problem der Talbildung in ariden Gebieten, am Beispiel des Zentralen Tibesti — Gebirges (Rep. du Tchad). *Berliner Geogr. Abh.* 22, 95 p.
- HERVIEU (J.), 1977. — Témoins paléoclimatiques et environnement préhistorique dans le massif de Termit (Niger oriental). *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Géol.*, vol. IX, nos 1-2 : 3-14.
- JÄKEL (D.), 1977. — Run off and fluvial processes in the Central Sahara as indicators in the reconstruction of a climatic history of the Tibesti mountains. Abstracts, N° I.N.Q.U.A. Congress, Birmingham.
- MALEY (J.), 1980. — Étude palynologique dans le bassin du Tchad et paléoclimatologie de l'Afrique nord-tropicale de 30 000 ans à l'époque actuelle. Thèse Montpellier, 586 p., *ronéo*.
- MOREL (A.), 1980. — Formes et formations quaternaires du massif de l'Air (Niger) 26^e Congrès Intern. Géol. Paris, vol. II : 675.
- MOREL (A.), 1981. — Formes, formations superficielles et variations climatiques récentes dans les massifs centraux de l'Air (Sud Sahara). *Palaeoecology of Africa*, t. XIII : 189-198.
- MOREL (A.) et SCHULZ (E.), 1981. — Recherches palynologiques et géomorphologiques dans le massif de l'Air (Niger), note préliminaire. *Rev. Géogr. Alp.*, t. LXIX, 4 : 583-592.
- MOREL (A.), MOREAU (C.), SIMONIN (A.), 1983. — Apport d'un enregistrement Landsat à la connaissance géomorphologique et géologique du massif de l'Ofoud (Air, Niger). *Rev. géomorph. dyn.*, t. 2.
- ROGNON (P.), 1967. — L'Atakor et ses bordures, étude géomorphologique, C.N.R.S. et C.R.Z.A., *sér. Géol.*, n° 9, 559 p.
- ROGNON (P.), 1976 a. — Constructions alluviales holocènes et oscillations climatiques du Sahara méridional. *B.A.G.F.*, nos 433-434 : 77-84.
- ROGNON (P.), 1976 b. — Essai d'interprétation des variations climatiques au Sahara depuis 40 000 ans. *Rev. Géol. dyn. et Géogr. phys.*, vol. XVIII, nos 2-3 : 251-282.
- ROGNON (P.), 1980. — Fluvatile piedmont deposits, in the Sahara and the Nile ed. Balkema. Rotterdam : 118-132.
- ROSET (J. P.), 1978. — Poteries néolithiques du Ténére, la région de l'Adrar Chiriet, *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Sc. Hum.*, vol. XV, n° 4 : 379-406.
- SERVANT (M.), 1973. — Séquences continentales et variations climatiques. Évolution du bassin du Tchad au Cénozoïque supérieur. Thèse, Paris, 348 p.
- SOUGUÉ (P.), 1981. — Contribution à la connaissance des altérations dans le massif de l'Air (Rép. du Niger) : les altérations des terrasses et des massifs d'anorthosites, Thèse 3^e cycle, Orléans, 162 p.
- TILLET (Th.), 1981. — Le paléolithique et son environnement dans la partie septentrionale du bassin du Tchad, Travaux du L.A.P.M.O., 15 p.
- TRICHET (J.), MOREL (A.), SOUGUÉ (P.), 1982. — Paleoalterations in pediments and terraces in the Air massif (Niger) : paleoclimatic implications. IX Congrès I.N.Q.U.A., Moscou, vol. I : 317.
- VOGT (J.) et BLACK (R.), 1963. — Remarques sur la géomorphologie de l'Air *Bull. du B.R.G.M.*, n° 1 : 1-29.