

## 5. CONTEXTE GÉOMORPHOLOGIQUE DE LA RÉGION DE FEJEJ

Henry de LUMLEY<sup>1</sup>, Jean-Jacques BAHAIN<sup>1</sup>, André DURANDAU<sup>1</sup>,  
Marie-Françoise COUREL<sup>2</sup>, Jeannine LE RHUN<sup>2</sup>, Lydie MARTIN<sup>2</sup>,  
Nicolas OVTRACHT<sup>2</sup> et André SIMONIN<sup>2</sup>

RÉSUMÉ — L'étude géomorphologique de la région de Fejej, essentiellement fondée sur la photo-interprétation, permet la définition des grands éléments topographiques de cette région. Une carte au 1/50 000 de cette zone sur laquelle a été reporté le réseau hydrographique, extrêmement dense, et une carte géomorphologique ont ainsi pu être réalisées. Les anomalies de drainage, principalement d'origine tectonique, ont été mises en évidence. Une première esquisse de l'évolution géomorphologique de la région de Fejej a été élaborée.

*ABSTRACT — The geomorphological context of the Fejej region. The geomorphological study of the Fejej region, based mostly on photo-interpretation, results in the definition of the main topographic elements of this region. A map of this zone at a scale of 1/50,000, on which the dense hydrographic network features and a geomorphological map have been produced. Drainage anomalies, mostly of tectonic origin, have been brought to light. A first sketch of the geomorphological evolution of the Fejej region has been worked out.*

Les seuls documents disponibles pour une reconnaissance de la région de Fejej, lors des premières missions de terrain en 1992 et 1997, consistaient en une carte géologique au 1/50 000 de Davidson et *al.* (1983) et une coupure topographique au 1/250 000 de l'*Ethiopian Mapping Agency* (série EMA. 3, NB 37.13, 3<sup>e</sup> édition, 1979), toutes deux peu adaptées à une étude détaillée de l'environnement géomorphologique des sites étudiés, en particulier des formations plio-pléistocènes.

En raison de cette carence, l'UMR PRODIG du CNRS a été sollicitée, par le professeur Henry de Lumley et son équipe, pour l'obtention d'un support cartographique aisément utilisable sur le terrain. Dans ce but, une mosaïque photographique a été réalisée au moyen de photographies aériennes au 1/50 000, agencées selon deux bandes adjacentes de sept clichés chaque (enregistrement du 5 février 1991, photos référencées respectivement ET1 : 10-7600-GG8-ST06 — N<sup>os</sup> 663 à 669 et ET1-7600-CG9-ST05 — N<sup>os</sup> 685 à 691). Cette opération permet d'obtenir

---

1. Département des sciences préhistoriques du Muséum national d'histoire naturelle, Institut de paléontologie humaine, *Fondation Albert I<sup>er</sup> Prince de Monaco*, UMR 6569 du CNRS, 1, rue René Panhard, 75013 Paris, France.

2. PRODIG, UMR 8586 du CNRS, UFR de géographie, université de Paris I, Panthéon-Sorbonne, Pôle de recherche pour l'organisation et la diffusion de l'information géographique, 191, rue Saint-Jacques, 75005 Paris, France.

une première représentation, à la fois synoptique et détaillée, de la région de Fejej (fig. 1). Par la suite, une image SPOT multispectrale fut acquise à une date plus récente (2 février 1998) (fig. 2).

Dans un premier temps, un fond cartographique au 1/50 000 a été levé à partir de cette mosaïque, par report des différents types de chevelus hydrographiques (fig. 3). Ces derniers, indicateurs de morphogenèses différentes, constituent un canevas cartographique généralisé et facilement repérable. L'étude géomorphologique a été ensuite conduite par photo interprétation, sous vision stéréoscopique, des couples de clichés aériens. Cette approche, dont les résultats préliminaires font l'objet de cette présentation, a été réalisée au sein du laboratoire PRODIG, dans le cadre d'un mémoire de maîtrise en géographie de l'université Paris 1, par Lydie Martin, sous la direction de M.F. Courel (Martin L., 1998).

Cette reconnaissance cartographique de l'environnement des sites paléontologiques de la région de Fejej, très localisés et dispersés « en *terra incognita* », montre l'apport opérationnel des données aériennes et spatiales à haute résolution, à défaut de cartes couvrant le territoire à prospecter. Encore faut-il que l'interprète soit non seulement rompu aux méthodes d'interprétation en géomorphologie, mais puisse connaître la « vérité de terrain » et avoir accès aux études régionales existantes. C'est là tout l'intérêt de la collaboration établie, tout au long de cette étude, entre géographes, géologues et paléontologues, ces derniers fournissant des informations de terrain ou bibliographiques, indispensables à l'établissement de tout support cartographique.

## LES GRANDS ÉLÉMENTS TOPOGRAPHIQUES DE LA RÉGION DE FEJEJ

La mosaïque aérienne et l'image satellite permettent d'individualiser plusieurs grandes unités du relief, qui correspondent, en fait, aux grandes unités géologiques déjà présentées dans le chapitre consacré à la présentation du contexte géologique de la région de Fejej et qui s'ordonnent au sein de deux grands domaines (fig. 4 et fig. 5) :

— Dans la partie orientale, une région de hauts plateaux basaltiques, d'âge oligo-miocène, coalescents au sud, encadrent une vaste dépression d'accumulation détritique disséquée et cernée de topographies étagées. Ces plateaux sont bordés au nord par une zone de socle métamorphique différenciée en buttes et moyennes montagnes.

Le haut plateau occidental, le plus étendu, est constitué des basaltes de Fejej et présente un modelé, dont la surface substructurale s'incline vers le lac Turkana. Cet entablement n'est traversé d'est en ouest que par seulement deux axes hydrographiques majeurs, en provenance de la chaîne Hamar.

— Dans la partie occidentale plus basse, se développe, en contrebas du haut plateau, un vaste piémont en pente douce, affecté par un drainage extrêmement dense. Il englobe les formations d'âge plio-pléistocène qui dominent la plaine bordière du lac Turkana. Située au sud du delta de l'Omo, cette plaine sédimentaire, constituée d'un matériel fluvial et lacustre, qui s'est mis en place essentiellement au Pléistocène supérieur et à l'Holocène, recèle les témoins bien conservés d'anciennes lignes de rivage du lac Turkana.

## LE RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE

Une carte au 1/50 000 du réseau hydrographique de la région de Fejej a été réalisée à partir de la mosaïque photographique (fig. 3). Le système, extrêmement dense, présente des caractéristiques différentes selon la formation géologique traversée. Ainsi, six ensembles subhomogènes



ont pu être définis (fig. 5). Le premier, qui correspond à la plaine du Turkana (1), est le moins dense (8,5 cours d'eau par km<sup>2</sup>). Il est caractérisé par un réseau parallèle, avec des lits majeurs peu entaillés qui peuvent dépasser 500 m de largeur et des cônes alluviaux coalescents. Le piémont se subdivise en deux ensembles : à l'ouest, une zone de transition (2) avec la plaine du Turkana, présentant un réseau sub-parallèle, et à l'est une région caractérisée par un réseau de type dendritique (3), très dense (près de 25 cours d'eau au km<sup>2</sup>), avec des lits majeurs larges de 150 à 200 m. C'est la densité même de ce réseau, morcelant complètement la région, qui rend difficile tout repérage sur le terrain. Le haut plateau basaltique (4) présente pour sa part un réseau de type contourné, avec 15,5 cours d'eau par km<sup>2</sup>. Les vallées, à fond plat, sont sensiblement plus étroites (100 à 150 m de largeur) et plus encaissées que dans les formations précédentes. La plaine d'accumulation détritico-sédimentaire orientale et les bas plateaux qui y sont associés (5) sont caractérisés par un réseau penné, dense (de 15 à 18 cours d'eau par km<sup>2</sup>, avec des vallées relativement larges (150 à 200 m), aux rebords peu prononcés. Enfin, la région de moyennes montagnes de la chaîne Hamar (6) présente un réseau en treillis, fortement influencé par les failles et les plissements qui affectent les roches métamorphiques la composant. La densité y est forte (plus de 18 cours d'eau au km<sup>2</sup>), les vallées encaissées et les lits majeurs très étroits. Outre ces types de base du réseau hydrographique de la région de Fejej, d'autres types, d'ordre secondaire, sont également présents. Des cours d'eau à chenaux anastomosés ou en tresse et des cours d'eau à méandres libres ou forcés ont ainsi pu être observés.

## LES ANOMALIES DE DRAINAGE DU RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE

Une étude des anomalies du système de drainage (fig. 6) a également été réalisée. Là encore, les anomalies observées sont principalement liées à la lithologie et à la structure des formations traversées. Des anomalies circulaires ou auréolaires ont cependant été observées à la fois dans le haut plateau basaltique, le piémont et les bas plateaux. De telles anomalies pourraient être causées par la présence de dômes volcaniques sous-jacents ou par des remontées diapiriques de type *salig plugs*. Par ailleurs, plusieurs directions tectoniques ressortent de cette analyse. Si les directions N-S et NNE-SSW, fréquemment rencontrées, peuvent être reliées au rifting mio-actuel, d'autres fractures semblent être liées au jeu de structures plus anciennes. C'est le cas en particulier d'une fracturation orientée NW-SE, observée aux abords du lac Turkana, qui pourrait être associée au rift Anza, d'âge jurassique et crétacé. Des linéaments de direction NE-SW affectent également les sédiments holocènes de la plaine du Turkana. Ils pourraient être associés à une zone d'accommodation entre deux demi-grabens, comme l'ont évoqué T.J. Dunkelman et al. (1988, 1989) et L.E. Frostick (1997), mais l'absence de hauteurs structurales habituellement associées avec les zones de transfert semble contredire cette hypothèse. Il pourrait également s'agir du jeu d'un linéament précambrien, comme l'ont suggéré D.A. Adamson et F. Williams (1980) pour le linéament Lotigipi-Hamar, qui affecte la basse vallée de l'Omo et a créé une dépression par laquelle le bassin de l'Omo-Turkana peut se déverser lors de ses hauts niveaux vers le système de drainage du Nil.

## LA CARTE GÉOMORPHOLOGIQUE

Objectif principal de cette étude, la carte géomorphologique au 1/50 000 de la région de Fejej résulte de la seule interprétation des photographies aériennes, sans contrôle de terrain, et doit être considérée comme une carte de reconnaissance (fig. 7). Outre l'hydrographie et les éléments structuraux déjà évoqués, ce document est un inventaire général et détaillé du terrain,

sous forme d'informations purement géomorphologiques d'une part, caractérisant les formes du modelé en relation avec la nature des formations, et morphogénétiques d'autre part, en rendant compte des processus responsables du façonnement de ces formes.

Son examen montre la prédominance des formes du relief liées aux phénomènes structuraux dans la partie orientale et l'extension de divers modelés engendrés par différents processus d'accumulation ou de remblaiement dans le secteur occidental, modelés que l'on observe également dans la plaine orientale.

Les formes et données structurales mettent en évidence l'extension du môle résistant des hauts plateaux sous-tendus par les basaltes de Fejej et les assises métamorphiques de la chaîne Hamar, surmontées par des buttes résiduelles de basalte tertiaire. Elles soulignent l'opposition entre, d'une part le commandement et la rigidité des escarpements de failles symétriques qui encadrent la dépression orientale ou dominant le socle métamorphique, et, d'autre part, le contact normal des basaltes avec les formations volcano-sédimentaires du piémont à l'ouest. Les figurés lithologiques montrent que la surface substructurale des basaltes est surmontée par des dépôts discordants plus récents. Les réseaux de drainage respectifs sont différenciés : un tracé contourné essentiellement conditionné par la résistance du substrat pour le basalte (type 4 *in* fig. 5) ; pour le socle précambrien, un réseau « en treillis », orienté par les directions tectoniques (type 6 *in* fig. 5).

Les formations de remblaiement ou d'accumulation donnent lieu à une typologie de formes différenciées en fonction de leur position géographique et topographique, de la nature du matériel et de la genèse de mise en place.

La dépression orientale comporte deux domaines étagés : au sud et à l'est, des bas plateaux constitués de sédiments détritiques mio-plio-pléistocènes, dominant une plaine de remblaiement, caractérisée également par des formations détritiques continentales, fluviales et/ou lacustres, d'âge plus récent (Pléistocène supérieur ou Holocène). Cette plaine est drainée par un réseau particulier, de type penné, traduisant une forte proportion de faciès meubles, argiles limons et sables (type 5 *in* fig. 5).

Le piémont majeur assure la transition entre le haut plateau et la région bordière du Turkana. Il se démarque immédiatement par une grande densité de vallées sèches et un réseau à l'allure dendritique (type 3 *in* fig. 5). Ces formes de dissection fluviale, généralisées et héritées, affectent de longs interfluves, et révèlent un matériel cohésif et peu perméable, déritique et fluvio-lacustre, essentiellement plio-pléistocène, que l'on retrouve dans la dépression orientale, et dont les faciès sont précisés par les figurés lithologiques. Ce secteur se caractérise également par la présence de buttes éparses, parmi lesquelles la mesa de Fejej FJ-1.

La région bordière du lac Turkana, son drainage moindre (type 1 *in* fig. 5) et sa relative planité topographique contrastent avec la diversité des unités géomorphologiques que l'on y observe. Ainsi, deux générations de vastes glacis-cônes du Pléistocène supérieur, dont les plus récents légèrement emboîtés par endroits dans les plus anciens, aboutissent aux rives du Turkana ; par ailleurs, deux séries d'anciennes lignes de rivages du lac, les plus orientales relativement continues, adossées au piémont majeur et nettement identifiables avec leur profil dissymétrique, s'apparentent aux « *beach ridges* » du Pléistocène définis par K.W. Butzer (1971) dans la vallée de l'Omo ; les secondes, plus nombreuses, plus fines et plus proches les unes des autres, que nous considérons comme les traces des fluctuations lacustres holocènes, complètent la plaine bordière. Les images SPOT, saisies entre 1973 et 1995, montrent nettement l'extension généralisée de cette plaine bordière, au détriment du lac, depuis le delta, de l'Omo jusqu'à la région de Fejej (fig. 7).



## ÉVOLUTION GÉOMORPHOLOGIQUE DE LA RÉGION DE FEJEJ

L'évolution géomorphologique de la région de Fejej est dans l'ensemble très récente et principalement liée aux phénomènes tectoniques et volcaniques ayant accompagné la formation du rift Turkana. Les grandes lignes de cette histoire peuvent se résumer de la façon suivante :

— Au Secondaire, un premier épisode de rifting entraîne la formation du rift Anza à l'est du lac Turkana actuel et des rifts du Sud Soudan à l'ouest. Les premières phases de sédimentation enregistrées dans le bassin du Turkana, les *Turkana Grits*, d'âge crétacé (C. Arambourg et R.G. Wolff, 1969) et les sédiments crétacés signalés en prospection géophysique sous la région de Fejej (Ebinger C.J. et Ibrahim A., 1994) sont très probablement associés à cette structure.

— À l'Oligocène et au Miocène, une seconde phase de rifting entraîne le rejeu du rift Anza et la création de plusieurs bassins en demi-grabens à l'ouest du lac actuel (Morley C.K. et al., 1992 ; Ebinger C.J. et Ibrahim A., 1994). Les sédiments oligocènes et les coulées basaltiques de la formation de Fejej ainsi que la formation de Bakate se sont probablement mis en place à cette époque.

— Dès la fin du Miocène, débuta la troisième phase de rifting qui se poursuit à l'heure actuelle. Elle entraîna au Pliocène moyen la mise en place de la dernière coulée basaltique, celle du basalte de Harr, la surrection des flancs orientaux et occidentaux du bassin et la mise en place du horst Hamar. La dissection et l'érosion des différentes formations eurent pour conséquence le dépôt au Plio-Pléistocène d'une grande quantité de sédiments dans les bassins récemment formés du rift Turkana. Le bassin était vraisemblablement alors toujours drainé vers l'océan Indien via le rift Anza (Brown F.H. et Feibel C.S., 1991 ; Feibel C.S., 1994). La poursuite de la surrection des flancs, de part et d'autre du bassin, le rifting continu à l'est et au sud du lac actuel (rift Chew Bahir, zone de fracture Kinu Sogo, rift Suguta, rift Gregory) et la mise en place d'édifices et de formations volcaniques également à l'est du lac (Asie, Marsabit...) provoquèrent le blocage de cet exutoire au cours du Pléistocène. Le remplissage détritique du bassin se poursuit ensuite, mais une part non négligeable des sédiments de l'Omo, son principal collecteur, a été épisodiquement dévié vers le système du Nil (Harvey C.P.D. et Grove A.J., 1982 ; Adamson D.A. et Williams F., 1980 ; Adamson D.A. et al., 1980 ; Frostick L.E. et Reid I., 1989), empêchant ainsi le comblement total de la dépression de l'Omo-Turkana.

— À la fin du Pléistocène et à l'Holocène, le réseau hydrographique s'établit dans sa configuration actuelle, alors que se poursuit la dissection des formations plus anciennes. Le lac connut des fluctuations de niveaux importantes (Butzer K.W., 1971 ; Butzer K.W. et al., 1972) entraînant plusieurs générations de glacis-cônes et de lignes de rivage. Les modelés actuels de la région se mettent en place.



## BIBLIOGRAPHIE

- ADAMSON D.A., GASSE Françoise, STREET F.A. et WILLIAMS M.A.J., 1980. Late Quaternary history of the Nile. *Nature*, 288, p. 50-55.
- ADAMSON D.A. et WILLIAMS F., 1980. Structural geology, tectonics and the control of drainage in the Nile basin. In WILLIAMS M.A.J. et FAURE H. (eds) — *The Sahara and the Nile — quaternary environments and prehistoric occupation in northern Africa*, A.A. Balkema, Rotterdam, p. 225-252.
- ARAMBOURG Camille et WOLFF R.G., 1969. Nouvelles données paléontologiques sur l'âge des « grès de Lubur » (Turkana grits) à l'ouest du lac Rodolphe. *Compte rendu sommaire des séances de la Société géologique de France*, 1969-6, p. 190-192.
- BROWN Franck H. et FEIBEL C.S., 1991. Stratigraphy, depositional environments, and palaeogeography of the Koobi Fora formation. In HARRIS J.M. (ed.) — *Koobi Fora Research Project, volume 3 : the fossil ungulates, geology, fossil artiodactyls, and palaeoenvironments*, Clarendon Press, Oxford, p. 1-30.
- BUTZER Karl W., 1971. Recent history of an Ethiopian delta. University of Chicago, Department of Geography, Research Paper, 136, 184 p.
- BUTZER Karl W., ISAAC Glynn L., RICHARDSON J.L. et WASHBOURN-KAMAU C., 1972. Radiocarbon dating of east African lake levels. *Nature*, 175, p. 1069-1076.
- DAVIDSON A., 1983. The Omo River Project — Reconnaissance Geology and Geochemistry of Parts of Ilubabor, Kefa, Gemu Gofa and Sidamo, Ethiopia. Ministry of Mines and Energy, *Bulletin of the Ethiopian Institute of Geological Surveys*, 2, 89 p.
- DUNKELMAN T.J., KARSON J.A. et ROSENDAHL B.R., 1988. Structural style of the Turkana Rift, Kenya. *Geology*, 16, p. 258-261.
- DUNKELMAN T.J., ROSENDAHL B.R. et KARSON J.A., 1989. Structure and stratigraphy of the Turkana Rift from seismic reflection data. *Journal of African Earth Sciences*, 8, p. 489-510.
- EBINGER C.J. et IBRAHIM A., 1994. Multiple episodes of rifting in Central and East Africa : a re-evaluation of gravity data. *Geologisches Rundschau*, 83, p. 689-702.
- FEIBEL Craig S., 1994. Freshwater stingrays from the Plio-Pleistocene of the Turkana Basin, Kenya and Ethiopia. *Lethaia*, 26, p. 359-366.
- FROSTICK L.E., 1997. The East African Rift Basins. In SELEY R.C. (ed.) : *Sedimentary basins of the World 3 — African Basins*, Elsevier, Amsterdam, p. 187-209.
- FROSTICK L.E. et REID I., 1989. Is structure the main control of river drainage and sedimentation in rifts ? *Journal of African Earth Sciences*, 8, p. 165-182.
- GAGNON H., 1974. *La photo-aérienne, son interprétation dans les études de l'environnement et de l'aménagement du territoire*. HRW, Montréal, Toronto, 278 p.
- GIRARD M.-C. et GIRARD C.-M., 1999. *Traitement des données de télédétection*. Dunod, Paris, 529 p.
- HARVEY C.P.D. et GROVE A.T., 1982. A prehistoric source of the Nile. *Geographical Journal*, 148, p. 327-336.
- JOLY F., 1997. *Glossaire de Géomorphologie, base de données sémiologiques pour la cartographie*. Armand Colin, Paris, 325 p.
- MARTIN L., 1998. *Inventaire cartographique de la région de Fejej au sud de l'Éthiopie au moyen de données aériennes et spatiales*, mémoire de maîtrise de l'université Paris I Panthéon-Sorbonne, UFR de Géographie, 95 p. (non publié).

MORLEY C.K., WESCOTT W.A., STONE D.M., HARPER R.M., WIGGER S.T. et KARANJA F.M., 1992. Tectonic evolution of the northern Kenya Rift. *Journal of the Geological Society, London*, 149, p. 333-348.

TRICART J., RIMBERT S. et LUTZ G., 1974. *Introduction à la lecture des photographies aériennes*, volume 1, géographie, géologie, écologie. SEDES, Paris, 247 p.



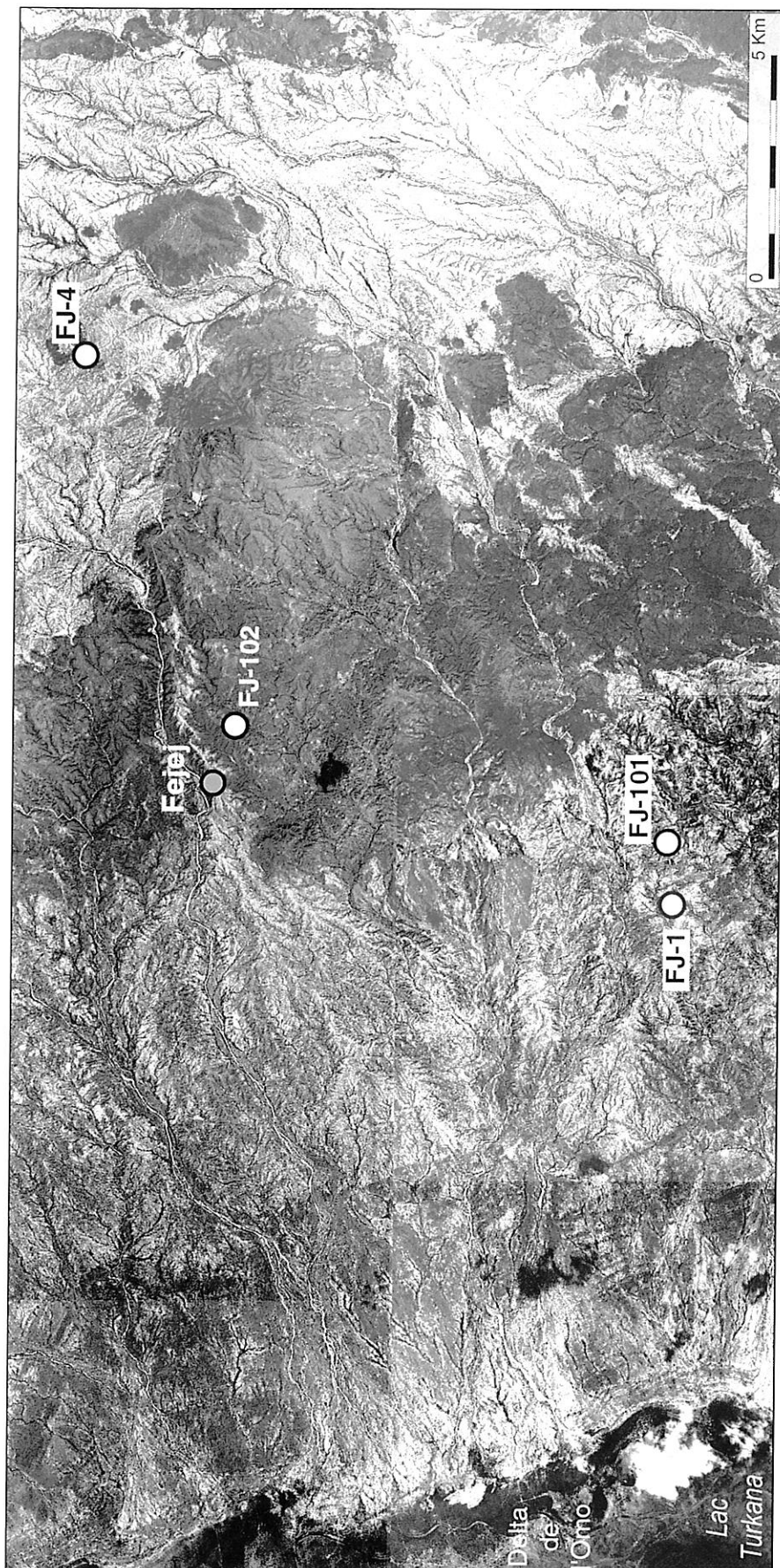


Fig. 1. — Mosaïque photographique réalisée au moyen de photographies aériennes (enregistrement du 5 février 1991, photos référencées respectivement ETI : 10-7600-GG8-ST06. N<sup>os</sup> 663 à 669 et ETI-7600-CG9-ST05. N<sup>os</sup> 685 à 691).



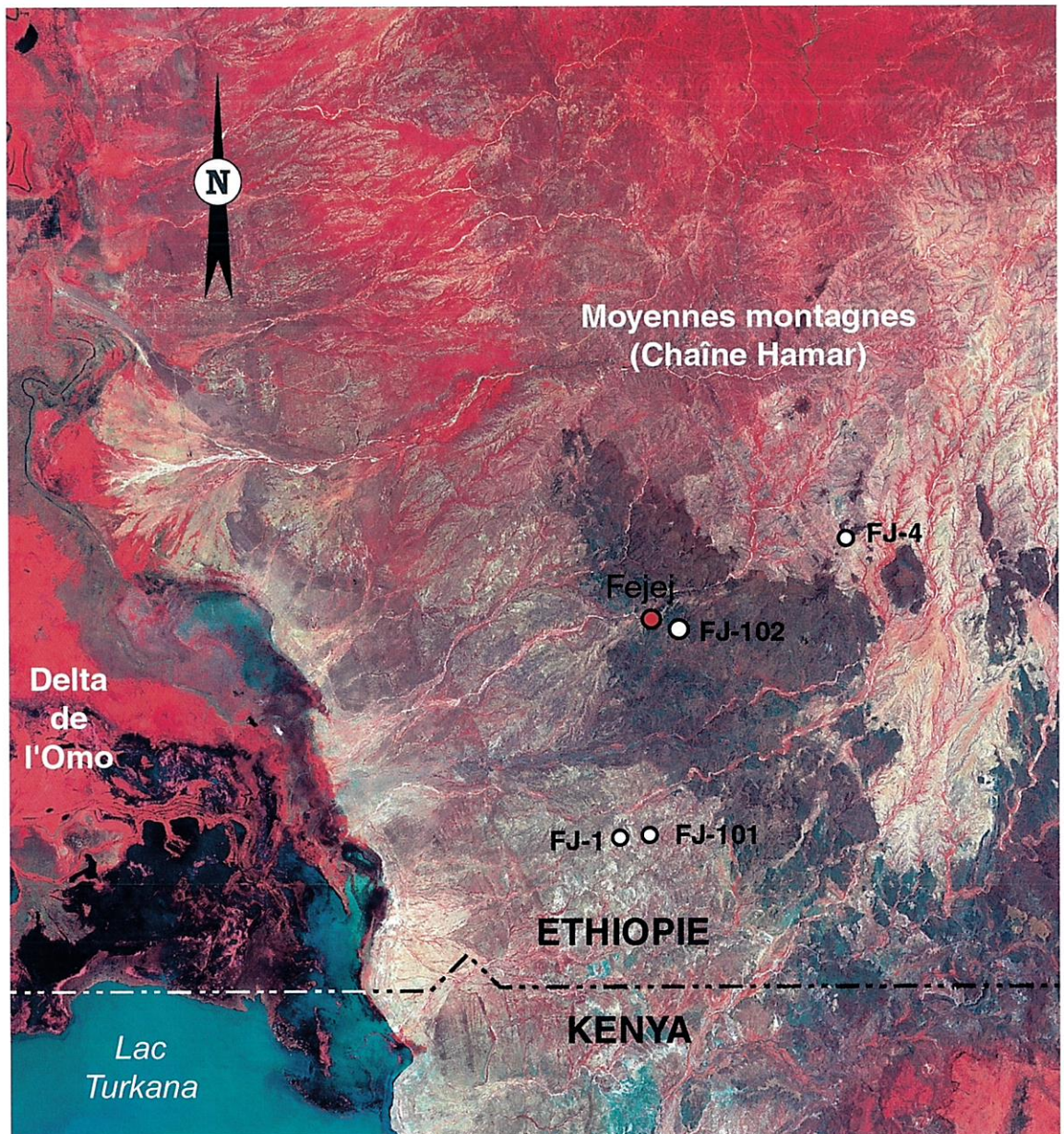


Fig. 2. — Photographie satellite (image SPOT XS du 2 février 1998).



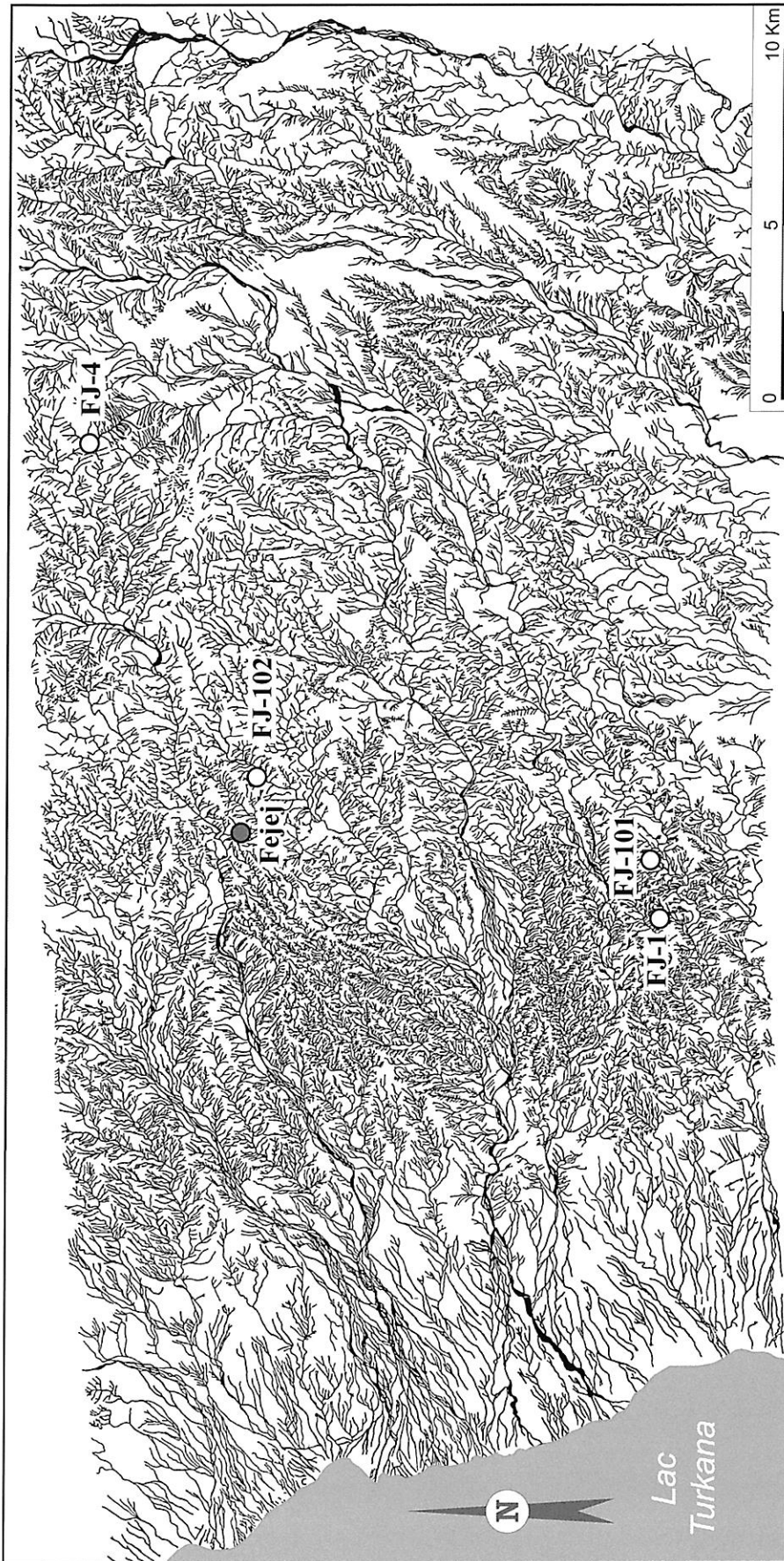


Fig. 3. — Réseau hydrographique de la région de Fejej établi d'après l'étude des photographies aériennes.



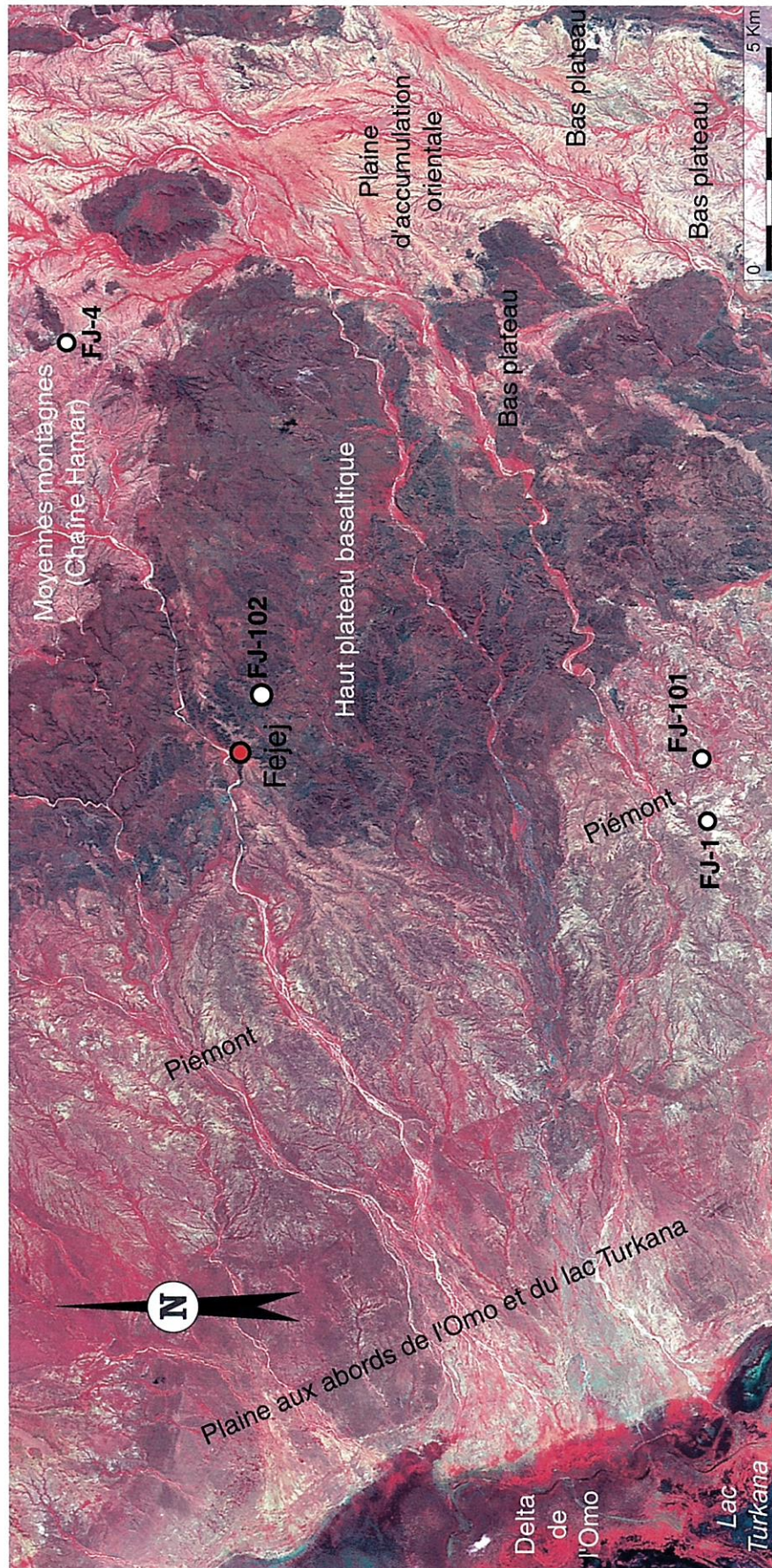


Fig. 4. — Principaux éléments topographiques de la région de Fejej reportés sur l'image satellite (image SPOT XS du 2 février 1998).



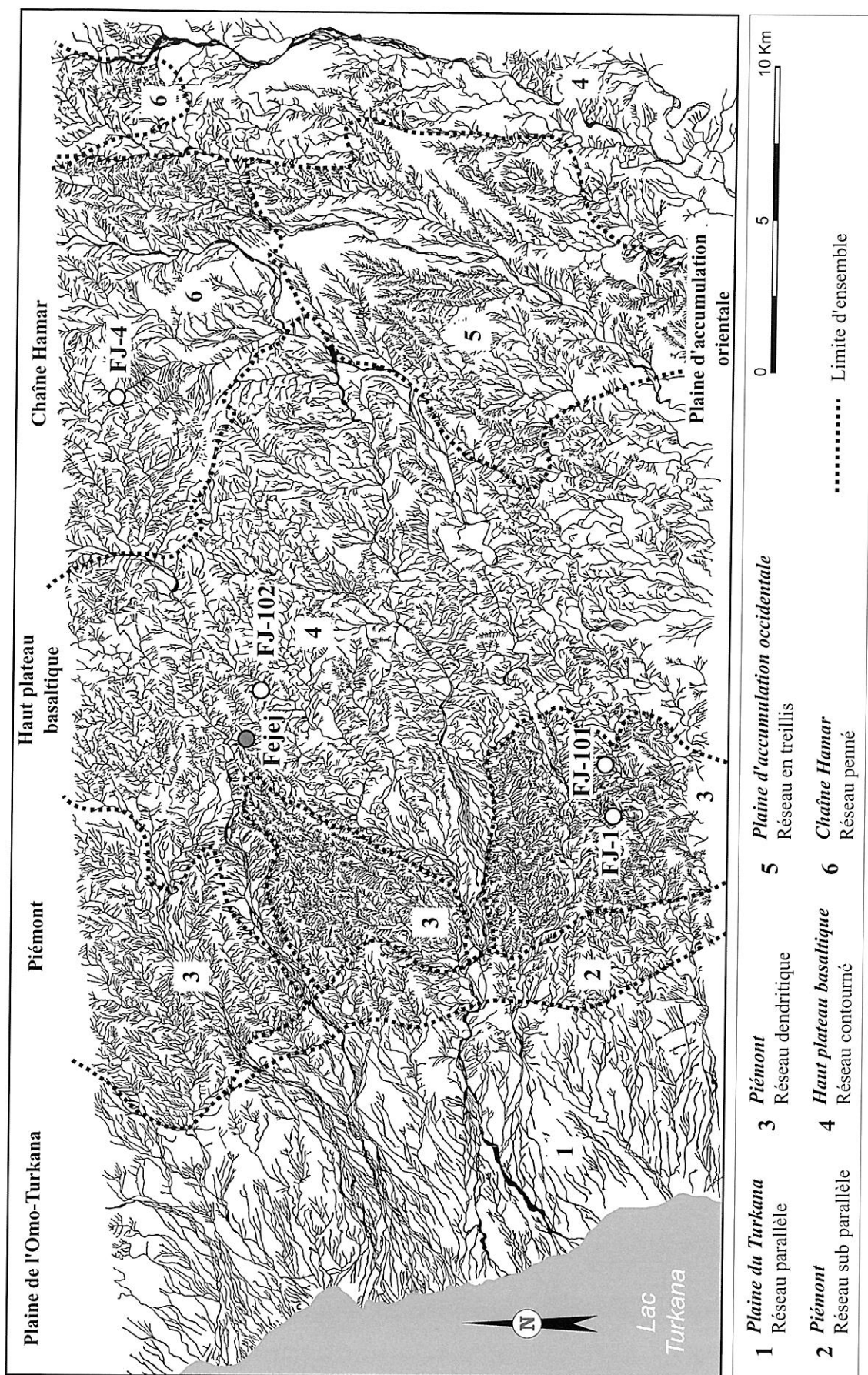


Fig. 5. — Les différents ensembles subhomogènes du réseau hydrographique de la région de Fejej.





Fig. 6. — Carte des principales anomalies de drainage relevées dans la région de Fejej.



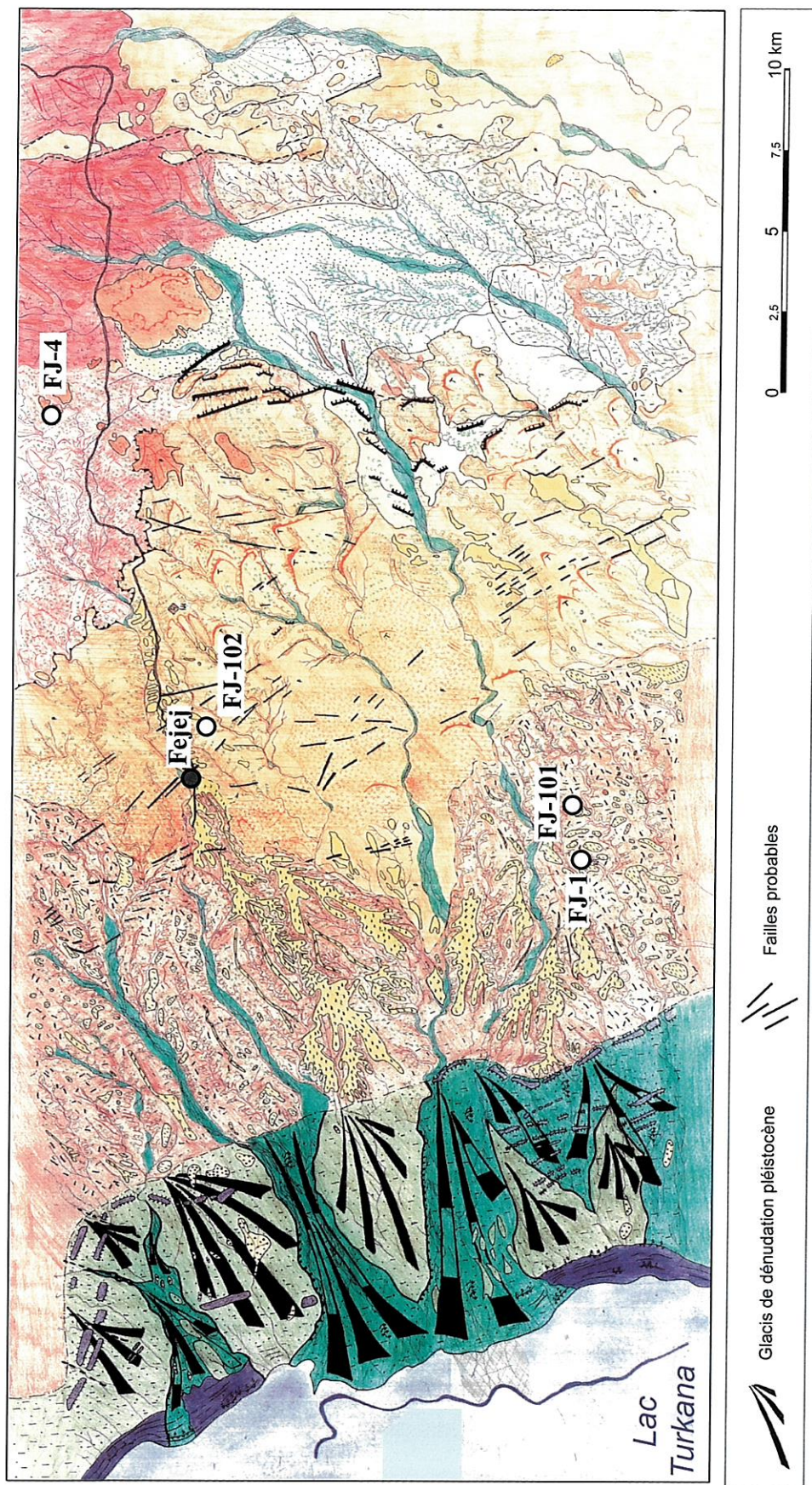


Fig. 7. — Carte géomorphologique de la région de Fejej.

