



Alignements décelables sur des images LANDSAT du Liban

Michael F. Davie

► To cite this version:

Michael F. Davie. Alignements décelables sur des images LANDSAT du Liban. Revue de l'Institut Français du Pétrole, 1977, 32 (3), pp.463-475. hal-01075941

HAL Id: hal-01075941

<https://hal.science/hal-01075941>

Submitted on 17 Nov 2014

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

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

NOTE TECHNIQUE

ALIGNEMENTS DÉCELABLES SUR DES IMAGES LANDSAT DU LIBAN

DISCERNABLE LINEAMENTS ON LANDSAT IMAGES OF LEBANON

ALINEAMIENTOS DISCERNIBLES SOBRE IMÁGENES LANDSAT DEL LIBANO.

M. F. DAVIE

Institut des Sciences de la Terre, Constantine, Algérie.

I. INTRODUCTION

Des études d'alignements décelables sur des images prises à partir de satellites artificiels se font nombreuses. Cependant, le domaine de la côte levantine de la mer Méditerranée reste à l'écart de ce courant de recherches. Des études préliminaires sur la région (BIJU-DUVAL (B.), 1976, 1975 ; OTTERMANN (J.) et *al.*, 1974) ont cependant été ébauchées.

Nous proposons de combler cette lacune en présentant ici une carte des alignements (ou « linéaments », « linéations », « photolinéaments ») du Liban, établie grâce à l'interprétation d'images prises à partir des satellites LANDSAT. Des études statistiques simples ont permis de mettre en évidence des directions jusque-là inconnues, ainsi que de confirmer certaines hypothèses sur les relations entre la géomorphologie régionale et ces phénomènes linéaires.

II. PRÉSENTATION DU SATELLITE

A. Le vecteur.

Les satellites Landsat 1 et 2 (anciennement ERTS), sont en orbite respectivement depuis le 23 juillet 1973 et le 22 janvier 1975. Ils tournent autour de la Terre à une altitude moyenne de 915 km, avec une période de 103 mn et 16 s.

Afin de permettre un éclairage identique de la partie survolée, l'orbite est héliosynchrone. Cela permet au satellite de passer au-dessus d'un même point du globe tous les 18 jours (NASA, 1972-1973), soit, pour les deux satellites, tous les 9 jours, offrant des possibilités intéressantes pour des études de phénomènes à caractère répétitif.

B. Les capteurs.

Les satellites Landsat embarquent deux systèmes de capteurs : le « *Return Beam Vidicon* » (RBV) et le « *Multispectral Scanning System* » (MSS), seul ce dernier intéressant notre étude.

Le MSS est un détecteur à balayage multispectral opérant dans les bandes suivantes :

BANDE	LONGUEUR D'ONDE (μ)	COULEUR SPECTRALE
4	0,5-0,6	Verte
5	0,6-0,7	Rouge-orange
6	0,7-0,8	Rouge et proche I R
7	0,8-1,1	Infrarouge

L'information reçue est analysée puis stockée sur bande magnétique, pour retransmission ultérieure vers les centres de réception. Cette information codée est ensuite rendue sous forme picturale par traitement électronique approprié.

C. Les images.

Chaque image représente un carré de terrain de 185 km de côté (NASA, 1971-1972). Nous avons travaillé sur des agrandissements des originaux, au format 70 × 70 mm, et à l'échelle de 1 : 3 369 000. Nos documents sont des tirages positifs sur papier, noir et blanc, à l'échelle de 1 : 1 000 000, couvrant l'ensemble du territoire libanais et une partie de la Syrie et d'Israël. Nous avons également pu examiner une image « Fausses Couleurs Composites » (FCC) du Sud-Liban, issue de la combinaison des bandes 4, 5 et 7, respectivement coloriées en Jaune, Magenta et Cyan. La résolution au sol des documents Landsat est approximativement 80 m (NASA, 1971-1972).

LISTE DES DOCUMENTS ÉTUDIÉS	BANDES
Liban-Nord : Landsat 1 : 1126-07421	4
1342-07415	4, 5, 6, 7
Landsat 2 : 2230-07290	4, 5, 6
Liban-Sud : Landsat 1 : 1162-07422	4
1342-07421	4, 5, 6, 7
1342-07421	FCC
1054-07415	6
Landsat 2 : 2230-07293	4, 5, 6

III. MÉTHODOLOGIE

L'interprétation s'est faite avec un matériel simple, faute de pouvoir disposer de moyens plus sophistiqués. Il nous a été impossible, en particulier, de traiter nos documents par des moyens photographiques (équidensités), optiques : filtrage par lumière cohérente (DOBRIN (M. B.) et *al.*, 1966 ; DROGUE (C.), 1975) ou microdensitométrie, par des moyens électroniques : analyse des bandes magnétiques des images par ordinateur. Nous avons utilisé un stéréoscope à miroirs (modèle Wild ST4) associé au matériel cartographique.

Deux images de la même région, prises dans des bandes spectrales différentes, ou bien prises dans la même bande spectrale, mais à des dates différentes, ont été examinées sous le stéréoscope. L'effet optique qui en résulte, dit « pseudostéréoscopie » (GENDEREN (J. L. Van, 1974) « permet de fusionner

sur une seule image virtuelle de l'information contenue... dans deux images... en ne dessinant qu'un seul document » (BIJU-DUVAL (B.), 1976).

Nous avons ensuite repéré les linéaments et fixé leur tracé sur un transparent recouvrant les documents.

N'ont été retenus pour examen que les phénomènes linéaires manifestement non-anthropiques. Nous n'avons « pas considéré comme significatifs les alignements tels que les routes, les voies de chemin de fer, certaines limites lithologiques ou alignements constitués par les crêtes des montagnes » (FONTANEL (A.), 1976). Les linéaments retenus sont les phénomènes linéaires continus sur plusieurs kilomètres, traversant des séries lithologiques ainsi que des formes structurales et morphologiques. Les failles, cassures et diaclases entrent dans cette catégorie.

Une fois reportés sur un fond au 1 : 1 000 000 (fig. 1 et 2), nous avons examiné chaque linéament, déterminant son orientation par rapport au Nord, ainsi que sa longueur. Il a été aisé, ensuite, d'établir des diagrammes circulaires figurant le nombre d'alignements par tranches de 5° sexagésimaux, ainsi que leur longueur moyenne. Cette technique permet de mieux visualiser les directions prédominantes des linéaments.



FIG. 1. — Liban : carte de localisation.

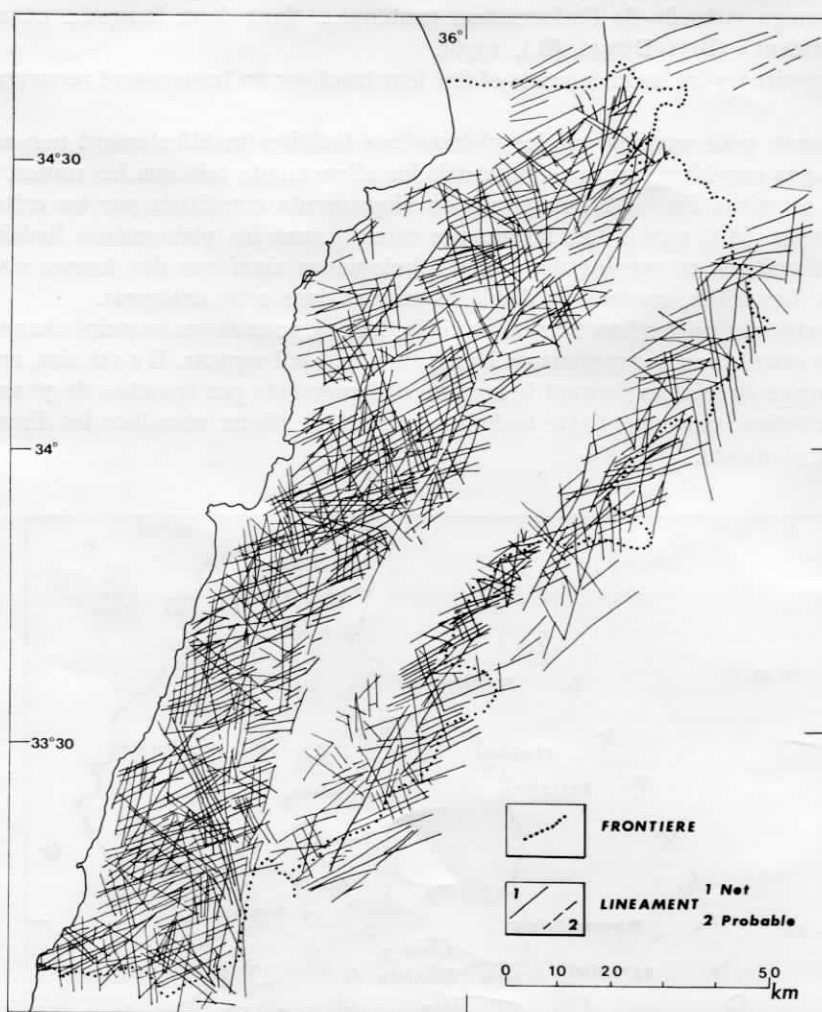


FIG. 2. — Liban : carte des alignements.

IV. INTERPRÉTATION

La carte (fig. 2) représente l'ensemble des 982 linéaments observés sur les images pré-citées. Loin d'être définitive, cette carte pourra être complétée au fur et à mesure de la disponibilité de nouveaux documents (photographies prises au cours des missions SKYLAB, Apollo-Soyouz, etc.)

Des différences de teinte avec le milieu environnant permettent de détecter un linéament. Ailleurs, un « alignement se manifeste pas une association d'éléments de nature différente : morphologie, végétation, réseau hydrographique » (FONTANEL (A.), 1976).

Les alignements affectent l'ensemble du Liban, à l'exception de régions recouvertes par des formations d'âge Quaternaire : le Aakkar, le plateau de Koura, la frange littorale masquée par des sols ou dunes, et la Béquaa. Certains linéaments, qui naissent près de la frange littorale pénètrent

au cœur du Mont-Liban et continuent au-delà de la cicatrice de la faille « de Yammoûné », jusque dans les avant-monts békiens. Un petit nombre semblerait (mais s'agit-il simplement d'une coïncidence ?) avoir leur correspondant dans l'Anti-Liban.

Des alignements décelés ont souvent comme correspondants sur le terrain une faille cartographiée depuis longtemps. Mais « on remarque que souvent et paradoxalement, un accident géologique déjà connu... n'est pas décelé » (BIJU-DUVAL (B.), 1976) Ainsi, la trace de la faille « de Yammoûné » reste incomplète sur notre carte (fig. 2), bien qu'en certains endroits son rejet peut atteindre plusieurs milliers de mètres. Une explication est à chercher dans la disposition et la réflectance du matériel de part et d'autre de l'accident.

1. Les diagrammes polaires.

Nous avons établi un diagramme pour le nombre d'alignements décelables sur les images de la région, par tranches de 5 degrés sexagésimaux (fig. 3). Trois directions prédominent : une, orientée ENE-WSW affecte l'ensemble des reliefs du Liban. Une autre, sensiblement NE-SW à NNE-SSW, est bien connue puisqu'elle est identique à celle des failles « de Yammoûné » et « de Serghaiya », et enfin, une dernière, méridienne à NNW-SSE dont on avait jusque-là ignoré ou minimisé l'existence.

Le diagramme établi pour la longueur moyenne des alignements (fig. 4) est moins parlant. La valeur moyenne des longueurs des alignements est de 10 km, avec un minimum de 5,6 km et un maximum de 11,7 km.

Jugeant ces documents trop bruts pour l'étude envisagée, nous avons divisé le Liban en trois régions :

- 1) La région à l'ouest de la faille « de Yammoûné », comprenant l'ensemble du Mont-Liban, le Jabal Barouk et les plateaux du sud-ouest ;
- 2) Les collines à l'est de cette faille, les « avant-monts békiens » ;
- 3) L'Anti-Liban et le Hermon.

Cette division géographique, quoique arbitraire, permettra de trouver des liens entre des compartiments géologiques différents. Elle permettra également de « trancher sur la crédibilité géologique des alignements ... si ... leur extension et leur répétition croît dans une direction donnée » (BIJU-DUVAL (B.), 1976).

1. Le Mont-Liban.

Le diagramme polaire pour le nombre d'alignements du Mont-Liban (fig. 5) montre un nombre très important (60 à 80) ayant une direction centrée autour de ENE-WSW, associée à deux autres orientations : 10/190° et 170/350°. Le diagramme polaire pour la longueur moyenne des alignements apporte moins d'éléments qu'on pourrait s'y attendre. La moyenne des longueurs des alignements est sensiblement la même, quelle que soit leur orientation (fig. 6).

2. Les avant-monts békiens (fig. 7).

Le diagramme montre une complexité plus grande que celle établie pour le Mont-Liban. Nous y voyons quatre directions principales : la plus importante, par le nombre d'alignements, est celle de direction ENE-WSW, identique à celle décrite plus haut. La seconde, orientée 20/200° à 30/210° est identique à celle de la faille « de Yammoûné ». Nous avons vérifié cette identité en établissant

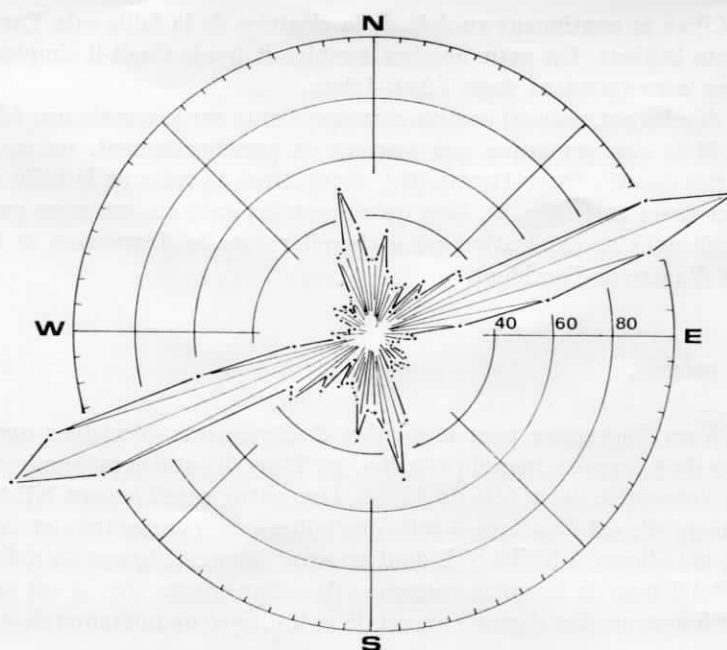


FIG. 3. — Ensemble du Liban : nombre d'alignements.

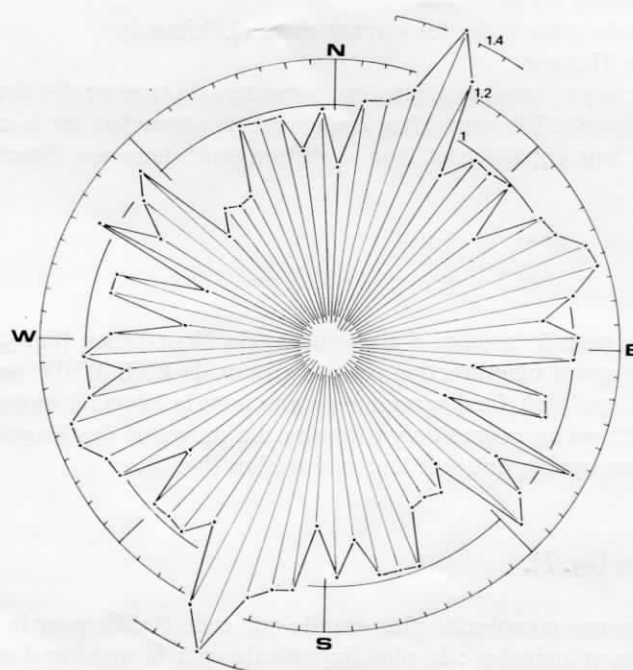


FIG. 4. — Ensemble du Liban : moyennes des longueurs des alignements.

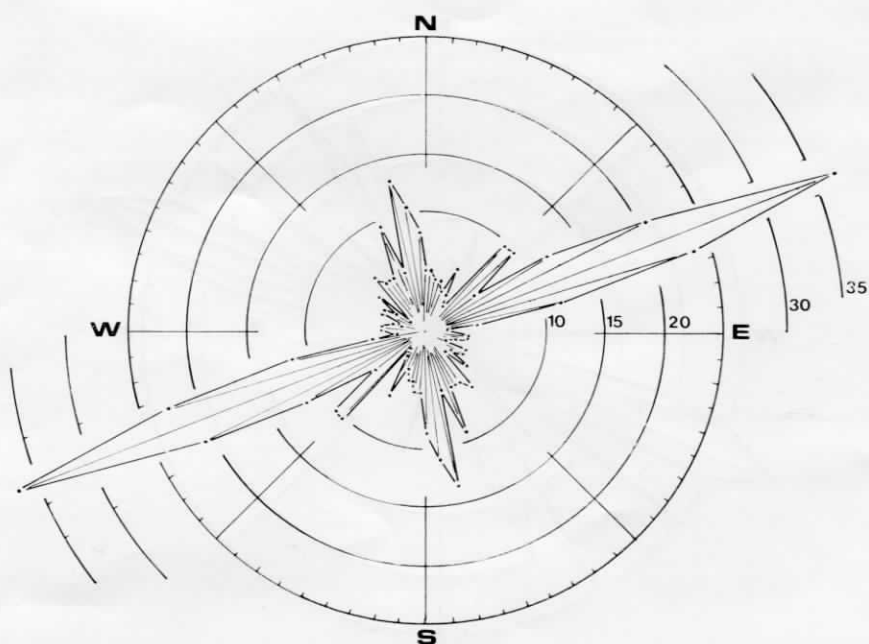


FIG. 5. — Mont-Liban : nombre d'alignements.

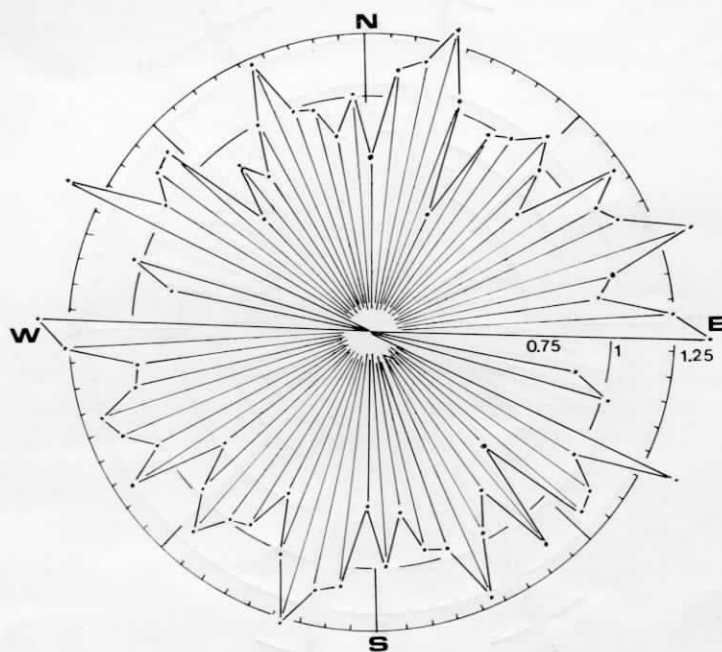


FIG. 6. — Mont-Liban : moyennes des longueurs des alignements.

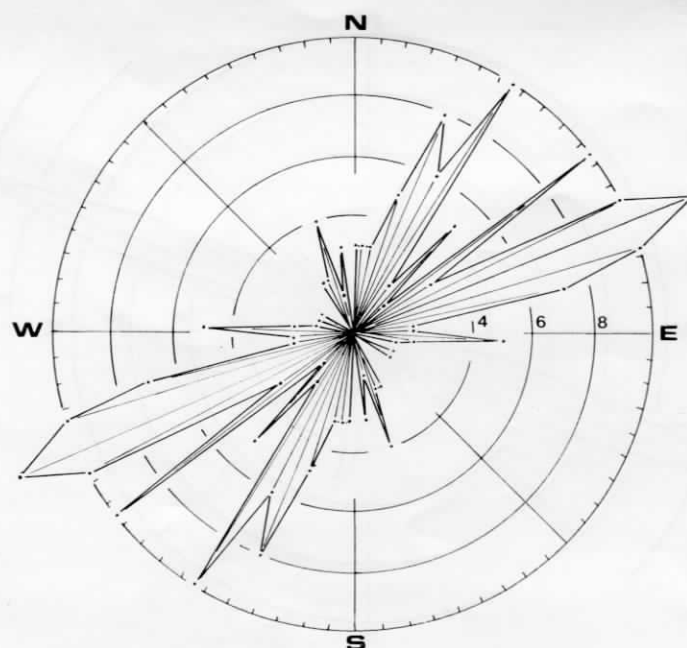


FIG. 7. — Collines Békiannes : nombre d'alignements.

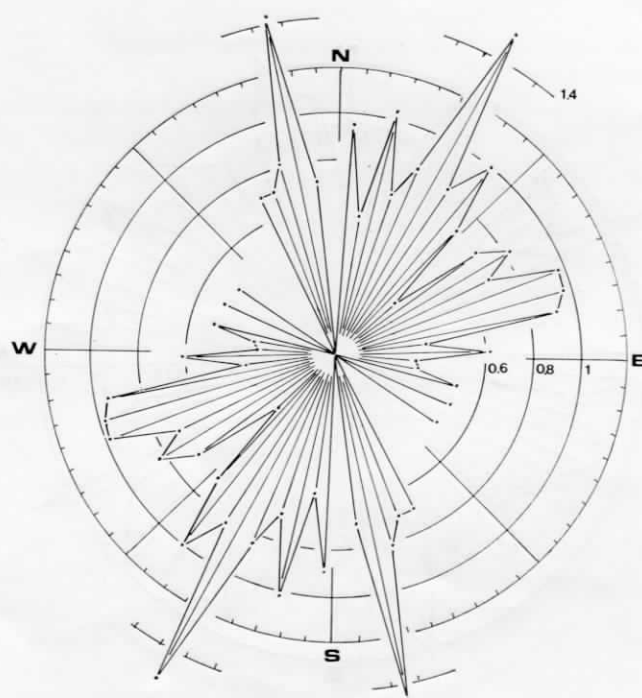


FIG. 8. — Collines Békiannes : moyennes des longueurs des alignements.

un diagramme polaire pour cette faille, telle que marquée sur la carte géologique au 1 : 1 000 000 (DUBERTRET (L.), 1966, 1962). Les autres directions mineures sont orientées 165/345° à 175/355°, et 95/275°.

Le diagramme des moyennes des longueurs (fig. 8) est intéressant : ce sont les alignements orientés 165/345° à 175/355° qui ont le plus grand développement, et non ceux orientés ENE-WSW, comme on pourrait s'y attendre. La direction correspondant à la trace des failles et cassures formant la faille « de Yammoûné » ressort clairement, la longueur moyenne maxima étant 15,4 km.

3. L'Anti-Liban et le Hermon.

Nous retrouvons (fig. 9) les directions repérées dans le compartiment du Mont-Liban : une direction prédominante ENE/WSW, associée à une autre, 165/345°. Une dernière, mineure, orientée 35/215° à 45/225°, est la trace du faisceau complexe de failles et de cassures, dénommée faille « de Serghaiya ». Le diagramme des moyennes des longueurs montre qu'ici encore, les alignements les plus nombreux ne sont pas nécessairement les plus longs. Ce sont ceux, alignés NNE-SSW qui ont une longueur de 15,8 km, comparé à une longueur moyenne de 9 à 10 km pour les autres linéations (fig. 10),

V. OBSERVATIONS ET REMARQUES

Il est délicat de se prononcer d'une manière catégorique sur les causes de phénomènes linéaires observés sur les images Landsat. Certains auteurs (BIJU-DUVAL (B.) et *al.*, 1976, 1975) préfèrent laisser le débat ouvert sur le problème, se contentant simplement de localiser des linéaments et d'émettre quelques hypothèses. D'autres (BORIANI (A.) et *al.*, 1974 ; CAVELIER (C.) et *al.*, 1973 ; DONVILLE (B.), 1974, GEDNEY (L.), et *al.*, 1973 ; KRONBERG (P.) et *al.*, 1974 ; REY (A.), 1974 ; SHORT (N.), 1973 ; REEVES (G.) et *al.*, 1975) associent linéaments avec cassures et failles. Nous adopterons ces conclusions pour la région étudiée. Nous avons en effet noté l'identité de tracé entre certains linéaments et des failles connues, l'exemple-type étant la faille « de Yammoûné » : la trace sur l'image est en superposition quasi parfaite avec celui noté sur les cartes au 1 : 1 000 000 et 1 : 200 000 (DUBERTRET (L.), 1955, 1962). D'autres alignements trouvent leur correspondant dans le tracé de failles du Mont-Liban (failles « de Batroun », de « Maameltaine ») des avant-monts békien (voir les cartes de SAINT-MARC (P.), 1969 ; GUERRE (A.), 1968) et du Liban-Sud (faille « de Naqûra »).

D'autre part, des examens de photographies aériennes ainsi que des études sur le terrain (BESANÇON (J.), 1968, 1970 ; BESANÇON et *al.*, 1973 ; DAVIE (M. F.), 1975) ont confirmé la présence de failles à faible rejet, non cartographiées. Ailleurs, certains linéaments sont en prolongement direct de failles connues, tandis que d'autres leur sont parallèles. Des conséquences notables apparaissent dès que nous adoptons la relation d'équivalence entre linéaments et failles.

— de nombreux caps du littoral libanais (Râs el Naqûra, Râs Saadiyate, etc.) ont été formés par l'action combinée de plusieurs failles, de direction variable ;

— les têtes des bassins-versants de la retombée occidentale du Mont-Liban ont entaillé dans la carapace cénomaniennne des formes caractéristiques, les « cirques », ceux des Cèdres ou de Sannine-Baskinta étant des exemples typiques. Ces régions sont les points de convergence de plusieurs systèmes de cassures et de fractures, permettant ainsi à l'érosion d'y travailler plus aisément ;

— l'organisation spatiale des formes de dissolution karstique (dolines, ouvalas, etc.), ainsi que les orientations du réseau hydrographique élémentaire sur le plateau cénomanien du Mont-Liban

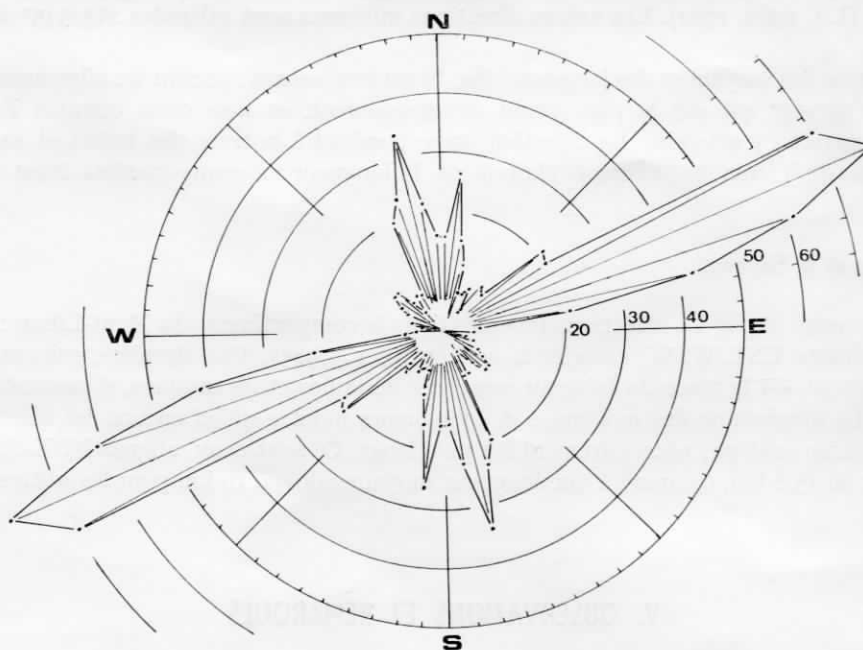


FIG. 9. — Anti-Liban et Hermon : nombre d'alignements.

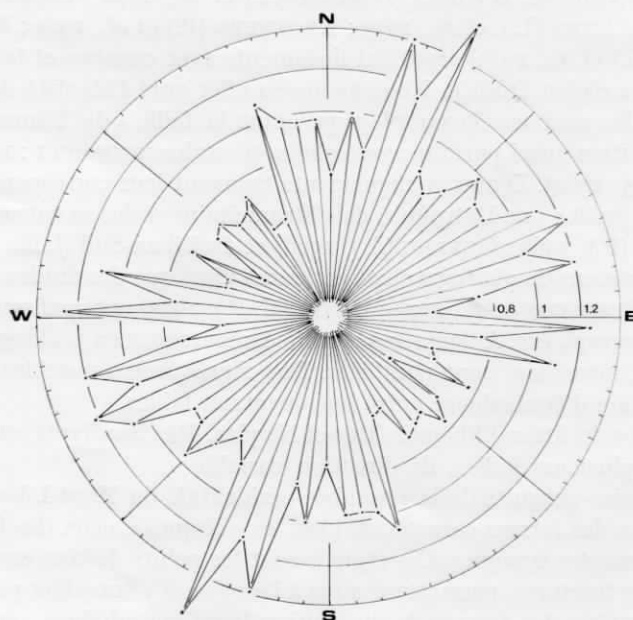


FIG. 10. — Anti-Liban et Hermon : moyennes des longueurs des alignements.

s'expliquent par la disposition particulière des linéaments. Il est en effet admis que les formes de dissolution se localisent sur les cassures affectant les séries calcaires. Ces zones de faiblesse facilitent également l'érolineaire des cours d'eau élémentaires ;

— beaucoup de cours d'eau du rebord occidental du Nord du Mont-Liban et de l'Anti-Liban sont guidés par des alignements. Nous avons noté que les captures du Liban-Nord se faisaient aux points de rencontre de plusieurs directions de linéaments. Nous pouvons donc admettre que le mouvement récent des compartiments, limités par ces cassures ou failles, sont responsables de changements de direction du réseau hydrographique. Dans le cadre précis du plateau de Koura, les captures ont eu lieu durant le Quaternaire moyen et récent (DAVIE (M. F.), 1975). D'autres cassures, soupçonnées d'être responsables de changements brusques de direction de cours d'eau de l'Anti-Liban (BESANÇON (J.), 1967) se trouvent confirmées ici.

— Les résurgences sous-marines de Chekka (KAREH (R.), 1967-1968) sont en prolongement direct de plusieurs alignements pénétrant au cœur du Mont-Liban ;

— la source du Nahr el Aassi (Oronte) située au nord de la Bégaa, se trouve en prolongement direct d'alignements orientés ENE-WSW, assez longs, certains semblant venir depuis les régions côtières. L'influence de ces cassures, zone privilégiées pour la circulation de l'eau, ainsi que la lithologie particulière du Mont-Liban et des avant-monts békiens expliquent le débit important de la source (BESANÇON (J.), 1968). Il est intéressant de noter que les grandes résurgences de la retombée orientale du Mont-Liban (Afqa, Nabaa el Assal, Nabaa es Sahha) sont également situées sur une des nombreuses linéations qui traversent le haut-plateau. La source (artésienne) de Rashidiyé, près de Soûr, celle de Laboué, dans la Bégaa et celle de Banias (Hermon) ont été localisées par la présence ou l'intersection de linéaments. Le tracé de la grotte karstique de Jeïta (KARKABI(S.), 1967) suit une direction similaire aux alignements, orientés ENE-WSW ;

— un autre point a retenu notre attention : divers auteurs (GOEDICKE (T.), 1972, 1969 ; EMERY (K. O.) et *al.*, 1966) ont noté la présence de cañons au large du littoral libanais, qui incisent profondément le plateau continental. GOEDICKE (T.), (1972) soupçonna la présence de failles ou de cassures, prolongements d'accidents terrestres, qui seraient responsables de l'orientation de certaines de ces vallées sous-marines. L'auteur attribue l'origine de ces cañons à une érosion linéaire de cours d'eau coulant à l'air libre. Nous avons en effet repéré des linéaments, de direction WNW-ESE à E-W qui ont guidé la partie aérienne de nombreux cours d'eau du Mont-Liban. La forme topographique de vallée se prolonge au-delà du littoral pour un certain nombre d'elles. Nous pouvons donc conclure que ces accidents ne sont pas des phénomènes locaux, limités à l'ensemble émergé du Liban. BIJU-DUVAL (B.), (1976) note en effet que la « bathymétrie de la Méditerranée... est en grande partie déterminée par des structures récentes escarpements, failles... » ;

— des linéaments, ayant leur origine dans le Mont-Liban septentrional, se prolongent vers le nord-ouest, en direction de la plaine de Homs (Syrie). Le lac de Homs (Bahr el Houmous) se trouve encadrée par ces alignements, qui se poursuivent loin dans le désert syrien ;

— des linéaments affectent également les basaltes pliocènes de la trouée du Aakkar. Leur direction est en tout point semblable à ceux affectant le Mont-Liban. Leur datation précise serait d'un plus haut intérêt.

Nous ne prendrons pas parti pour les diverses théories (DUBERTRET (L.), 1969 ; FREUND (R.) et *al.*, 1970) relatives à l'origine et à l'évolution de la faille « de Yammoûné », ni sur les relations du mouvement de la plaque arabe sur les cassures affectant les reliefs côtiers du Levant.

VI. CONCLUSION

Les alignements décelables sur les images Landsat sont en fait des failles et cassures affectant l'ensemble de séries lithologiques du Liban, à l'exclusion des formations Quaternaires. Leur action morphologique est grande : ils sont responsables des captures de nombreux cours d'eau, tant du Mont-Liban que de l'Anti-Liban, et de la localisation des grandes sources, du façonnement des « cirques » en contrebas des hauts-plateaux karstifiés du Mont-Liban. Ils sont en outre responsables de la localisation des cañons sous-marins incisés dans le plateau continental, et contribuent à la formation du lac de Homs.

L'apport des images Landsat est donc considérable. Elles permettent de saisir et d'expliquer l'ensemble d'un phénomène qui resterait incompris ou invisible sur des photographies aériennes classiques.

BIBLIOGRAPHIE

- BESANÇON (J.). — 1973. Un karst d'altitude en Méditerranée Orientale (Jabal Makmel, Mont-Liban, Liban). In : *Rev. Photo-Interprétation*, janv.-févr. 1973, n° 73-1, 3 photographies, 1 p. légende 1 carte.
- BESANÇON (J.). — 1968. Le poljé de Yammoûné. In : *Hannon* (Beyrouth), vol. 3, 1968, p. 3-62, 8 fig. 14 photos h-t.
- BESANÇON (J.). — 1967. Les formations Plio-Quaternaires du Ouâdi Yahfoufa. In : *Hannon* (Beyrouth), vol. 2, 1967, p. 61-82, 6 fig. 6 photos h-t.
- BIJU-DUVAL (B.), LAMPEREIN (C.), LOPEZ (N.) et RIVIEREAU (J. C.). — 1976. Esquisse photogéologique du domaine Méditerranéen. Grands traits structuraux à partir des images du satellite Landsat-1. Commentaires. In : *Rev. Inst. Franç. du Pétrole*, XXXI-3, mai-juin 1976, p. 365-400, 9 fig.
- BIJU-DUVAL (B.), DEVAUX (E.), GONNARD (R.), LATARCHE (C.), RIVIEREAU (J. C.), LAMPEREIN (C.) et LOPEZ (N.). — 1975. Apports de l'étude des images du satellite Landsat-1 à la connaissance du domaine méditerranéen. In : *Rev. Inst. Franç. du Pétrole*, XXX-6, nov. déc. 1975, p. 841-853, 8 fig.
- BORIANI (A.), MARINO (C. M.) and SACCHI (R.). — 1974. Geological features on ERSTS-1 images of a test area in West-central Alps, In : *ESRO Earth Resources Satellite Experiments* Neuilly-sur-Seine, 1974, p. 199-204, 4 fig.
- CAVELIER (C.), SCANVIC (J. Y.), WEECKSTEEN (G.) et ZISERMANN (A.). — 1973. Apport des images orbitales ERSTS-1 à la connaissance géologique et structurale d'un bassin sédimentaire : le bassin Parisien (France). In : *Rev. Photo-Interprétation*, n° 2, 1973, p. 1-10, 2 photos, 1 carte, 1 calque.
- DAVIE (M. F.). — 1975. Cartographie géomorphologique au 1/20 000^e du plateau de Koura-Zgharta (Liban). 98 p., figs, 16 photos h-t, 3 cartes 1/20 000^e coul. h-t. Thèse, Strasbourg, 1975.
- DOBRIN (M. B.) and PINCUS (H. J.). — 1966. Geological applications of optical data processing. In : *J. Geophys. Res.*, vol. 71, n° 20, 1966, p. 4861-4869.
- DONVILLE (B.). — 1974. Schéma structural du nord-est de la Catalogne. (Annexe 2 programme Arnica). In : *ESRO European Earth Resources Satellite Experiments*, Neuilly-sur-Seine, 1974, p. 345-347, 2 pl. photos.
- DROGUE (C.), MAS (G.), GRILLOT (J. C.), LLORIA (C.) et GUÉRIN (R.). — 1975. Utilisation du filtrage optique pour l'étude de la fracturation des roches carbonatées en hydrologie. In : *Rev. Géo. Phys. et Géol. Dyn.*, (2), vol. XVII, fasc. 1, 1975, p. 39-44, 5 fig.
- DUBERTRET (L.). — 1969. Le Liban et la dérive des continents. In : *Hannon* (Beyrouth), vol. 4, 1969, p. 53-61.
- DUBERTRET (L.). — 1967. Remarques sur le fossé de la Mer Morte et ses prolongements au Nord jusqu'au Taurus. In : *Rev. Géo. Phys. et Géol. Dyn.*, vol. IX, fasc. 1, janv.-Fév. 1967, p. 3-16, 9 fig.
- DUBERTRET (L.). — 1966. Liban, Syrie et bordure des pays voisins, 1^{re} partie : Tableau stratigraphique et carte géologique au 1/1 000 000^e. In : *Notes et Mémoires sur le MO*, tome VIII, 1966, p. 251-358.
- DUBERTRET (L.). — 1963. Lexique stratigraphique international. Vol. III, Asie. Fasc. 10 c 1 : Liban, Syrie, Jordanie, 437 p., nb. Tableaux, coupe cartes h-t., Paris, 1963, Éd. CNRS.
- DUBERTRET (L.). — 1955. Carte géologique du Liban au 1/200 000. Notice : 74 p., 30 fig., VIII photos h-t., Beyrouth, 1955, *Ministère des Travaux Publics*.
- EMERY (K. O.), HEEZEN (B. C.) and ALLAN (T.

- D.). — 1966. Bathymetry of the Eastern Mediterranean Sea. In : *Deep-sea Research*, n° 13, 1966, p. 173-192.
- ESRO. — 1974. European Earth Resources Satellite Experiments. XVI et 448 p., nbs. photos, figs., diags., Neuilly-sur-Seine, 1974.
- FONTANEL (A.). — 1976. Quelques problèmes d'interprétation en télédétection. In : *Comptes rendus Soc. Intern. Photogramm.* Helsinki, 1976, 33 p. ronéo., Paris, 1976 ; *Inst. Franç. du Pétrole*.
- FREUND (R.), GARFUNKEL (Z.), ZAK (I.), GOLDBERG (M.), WEISSBROD (T.) and DERIN (B.). — 1970. The shear along the Dead Sea rift. In : *Philos. Trans. Royal Soc. London*, vol. 267, n° 1181, 1970, p. 107-130, 18 fig.
- GEDNEY (L.) and WORMER (J.) van. — 1973. Tectonic mapping in Alaska with ERTS-1 imagery. In : *Rev. Photo-interprétation*, n° 1, 1973, p. 23-27, 1 phot., 1 calque.
- GENDEREN (J. L.) van. — 1974. An evaluation of stereoscopic viewing of ERST and Skylab images. In : *ESRO European Earth Resources Satellite Experiments*, Neuilly-sur-Seine, 1974, p. 47-55, 5 fig.
- GOEDICKE (T. R.). — 1972. Submarine canyons on the central continental shelf of Lebanon. In : *The Mediterranean Sea. Publ : Dowden, Hutchinson & Ross Inc. Stroudsburg, Pa.*, p. 655-670, 12 fig.
- GOEDICKE (T. R.). — 1969. Geology of the continental shelf of Lebanon. In : *Lebanese Yachting Review*, Beyrouth, n° 3, 1969, p. 14-18.
- GUERRE (A.). — 1968. Carte géologique de Tell-Kalakh, 1/50 000, Beyrouth, 1968, *Ministère des Travaux Publics*.
- KAREH (R.). — 1967. Les sources sous-marines de Chekka (Liban-Nord). Exploitation d'une nappe karstique captive à exutoires sous-marins. In : *Hannon*, Beyrouth, vol. II, 1967, p. 35-59, VII tabl., 3 fig. et vol. III, 1968, p. 93-121, VIII tabl., 9 fig.
- KARKABI (S.). — 1967. Aperçu général sur la grotte et la rivière souterraine de Jiita. In : *Hannon*, Beyrouth, vol. II, 1967, p. 83-89, 1 pl. h-t.
- KRONBERG (P.), SCHONFELD (M.), GUNTHER (R.) and TSOMBOS (P.). — 1974. ERTS-1 data on Afar Tectonics. In : *ESRO Earth Resources Satellite Experiments*, Neuilly-sur-Seine, 1974, p. 217-229, 7 fig.
- NASA. — 1971-1972. Earth Resources Technology Satellite, data user's handbook, nb. pages, nbs. additifs, nbs. ill., *Goddard Space Flight Centre*, 1972-1973.
- OTTERMAN (J.), OHRING (G.) and GINZBURG (A.). — 1974. Results of the Israeli multidisciplinary data analysis of ERTS-1 imagery. In : *Remote Sensing of Environment*, n° 3, 1974, p. 133-148, 11 fig.
- REEVES (R. E.) (Ed.). — 1975. Terrain and minerals : assesment and evaluation. In : *Manual of Remote Sensing (American Society of Photogrammetry, Falls Church, Va)* 1975, p. 1107-1361, 272 fig.
- SAINT-MARC (P.). — 1967. Étude géologique préliminaire de la région d'Hermel (Liban Septentrional). In : *Bull. Soc. Géol. France*, tome XI, n° 7, 1969, p. 379-387, 5 fig.
- SHORT (N. M.). — 1973. Mineral resources, geological structure and landform surveys. In : *3rd. ERTS Symposium*, vol. III, 1973, p. 33-51.

Manuscrit définitif reçu en janvier 1977.