HAL
open science

Observations préliminaires sur des images ERTS-1 du Liban et de la Syrie

Michael F. Davie

To cite this version:

Michael F. Davie. Observations préliminaires sur des images ERTS-1 du Liban et de la Syrie. Hannon. Revue Libanaise de Géographie, 1977, 8, pp.137-152. hal-01076842

HAL Id: hal-01076842

https://hal.science/hal-01076842v1

Submitted on 18 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.

OBSERVATIONS PRELIMINAIRES SUR DES IMAGES ERTS-I DU LIBAN ET DE LA SYRIE

Le satellite ERTS-1 (*Earth Resources Technology Satellite-One*), lancé le 23 Juillet 1972 à partir de la base Vandenberg aux U.S.A., a été conçu pour la reconnaissance régulière et périodique des ressources terrestres au moyen de détecteurs appropriés.

Nous nous proposons, au cours de cet article, d'abord de présenter ERTS-1 et ensuite d'examiner des images prises à l'aide de ce satellite, afin de montrer l'intérêt de ces documents en ce qui concerne la recherche géographique au Liban et en Syrie.

I. DESCRIPTION DU SATELLITE ET DE L'EQUIPEMENT EMBARQUÉ

Ce satellite est conçu de la même manière que ceux de la série NIMBUS, rendus célèbres auprès du grand public par leur utilisation dans le domaine météorologique. L'ensemble, qui pèse 950 kg, comporte deux parties: une partie supérieure qui est formée des panneaux solaires et des fusées de correction d'attitude, et une partie inférieure qui contient l'équipement de réception et d'émission de l'information, c'est-à-dire les capteurs. Les fusées de correction sont d'une importance capitale pour le bon fonctionnement des capteurs: il est nécessaire que ceux-ci soient constamment à la verticale du globe terrestre, afin que les images prises à des dates différentes soient comparables entre elles, du point de vue de l'échelle, de l'angle de vue, etc...

I. 1. Les capteurs

Les capteurs sont des instruments embarqués qui ont pour fonction de détecter une partie du spectre électromagnétique du soleil réfléchi par la Terre. Nous rapellons brièvement que les longueurs d'onde des rayonnements du spectre électromagnétique s'étendent à peu près de 10^{-9} micromètres (rayonnement *gamma*) jusqu'à 103 km (courant électrique, téléphone), en passant par la lumière visible, les ondes radio etc... Les capteurs embarqués à bord du ERTS-1 sont calibrés de telle façon qu'ils ne détectent que les rayonnements situés entre 0,6 et 1,1 micromètres (N.B. le micromètre ou «micron» est égal à 1 millième de millimètre). Cette bande correspond à la lumière visible et au proche infra-rouge. Le choix de ces longueurs d'onde est lié aux caractères particuliers de l'atmosphère du globe, qui se révèle opaque à beaucoup d'entre elles. Cependant, un certain nombre de «fenêtres» existent, en particulier celle qui permet à la lumière visible d'atteindre la Terre. Cette «fenêtre» s'étend de 0,3 à 1,3 micromètres.

I. 2. Description des capteurs

ERTS–1 embarque deux systèmes différents de capteurs: le R.B.V. et le M.S.S.

I. 2. 1. Le système R.B.V. Le système *Return Beam Vidicon* est essentiellement une caméra de télévision réglée pour utiliser le rayonnement électromagnétique visible réfléchi par la Terre, selon 3 bandes:

Bande 1: de 0,460 à 0,600 micromètres ou bande du «bleu-Vert».
Bande 2: de 0,560 à 0,680 » » » ou bande du «jaune-orangé».
Bande 3: de 0,660 à 0,820 » » » ou bande du «rouge et proche infra-rouge».

Dans ce qui suit nous n'aurons pas à examiner les images RBV du Liban et de la Syrie.

I. 1. 2. Le système M.S.S. Le système *Multispectral Scanner* est composé d'un ensemble optique (télescope) couplé à une batterie de détecteurs, chacun sensible a une longueur d'onde particulière.

L'image du sol, après passage dans le télescope, est réfléchie par un miroir oscillant à raison de 13 périodes à la seconde. Un effet de balayage est obtenu, chaque ligne correspondant à une bande de terrain longue de 185 km (100 *miles* nautiques). L'image est ensuite analysée par des cellules, chacune propre à détecter une longueur d'onde. La disposition pour ERTS-1 est la suivante:

Bande	*Longueur d'onde*	*couleur*
4	0,5 à 0,6 micromètres	vert
5	0,6 à 0,7 » » »	proche rouge–orangé
6	0,7 à 0,8 » » »	rouge-proche infra-rouge
7	0,8 à 1,1 » » »	infra-rouge

L'information ainsi reçue est ensuite codée, à raison de 6 *bits* par tache unitaire de 79 m de côté, largeur d'une ligne au sol. Elle est ensuite transmise en temps réel ou stockée sur bande magnétique. Les stations de réception sont toutes localisées aux U.S.A.: Fairbanks (Alaska), Goldstone (Californie) et Greenbelt (Maryland), cette-dernière reconstituant l'information en documents utilisables au niveau visuel, sous forme de «photographies» ou images.

I. 3. Les caractéristiques de vol

Pour que les séries d'images soient comparables entre elles, il faut que le vecteur des capteurs réponde à des paramètres de vol assez particuliers. Il faut en effet prendre en considération l'altitude, l'angle d'éclairage par le Soleil ainsi que de la périodicté voulue de la couverture.

Une échelle constante des images nécessite une altitude invariable du vecteur; c'est à dire que l'orbite doit être circulaire: pour ERTS–1, à une altitude comprise

entre 912 et 920 km. La période de chaque orbite est de 103 minutes et 16 secondes. Le problème de l'éclairage par le soleil est plus complexe à résoudre. Il faut que la direction Terre-Soleil avec le plan de l'orbite soit constant, quelque soit le jour de l'année. Pour cela, ERTS-1 précessionne dans le même sens et à la même vitesse angulaire le mouvement du Soleil autour de la Terre. L'orbite est dite «héliosynchrone».

L'angle de direction Terre-Soleil avec le plan de l'orbite est maintenu aux environs de 37° 30', afin que l'heure, en «temps civil local» au nœud descendant soit autour de 9 heures 30 minutes.

Chaque orbite du satellite le décale vers l'Ouest d'environ 2869,2 km à l'Equateur. 24 heures plus tard, c'est à dire 14 orbites plus tard, le satellite passe à 159,4 km à l'Ouest du point survolé la veille. Pour que le satellite repasse exactement au-dessus du même endroit, il faut attendre 18 jours. Cela revient à dire que le globe terrestre est entièrement «photographié» tous les 18 jours.

Les documents fournis par ERTS-1 sont donc d'un grand intérêt puisque:

– ils couvrent l'ensemble du globe terrestre;

– la couverture est périodique (tous les 18 jours, ou 20 fois l'an);

– les documents sont comparables entre eux: l'échelle, l'angle de prise de vue et l'angle d'éclairement par le soleil sont constants.

II. ANALYSE DES IMAGES

Nous examinerons à présent deux extraits de deux séries d'images multispectrales de ERTS–1 concernant le Liban et la Syrie(1). La date de prise de vue de chacune d'elles est le 30 Juin 1973, période de l'année jugée intéressante notamment par l'absence de nuages et par la possibilité de détecter encore la végétation et l'humidité du sol.

Les documents fournis par la NASA(2) se présentent sous la forme de «photographies» (le terme «image» est plus correct)positives sur papier, de dimensions 18 × 18 cm, correspondant à une échelle de 1/1 000 000. Ce sont des agrandissements du négatif original, d'échelle approximative 1/3 369 000. Les deux séries d'images ont été prises lors du 342ème jour après lancement, d'une altitude de 914,8 km.

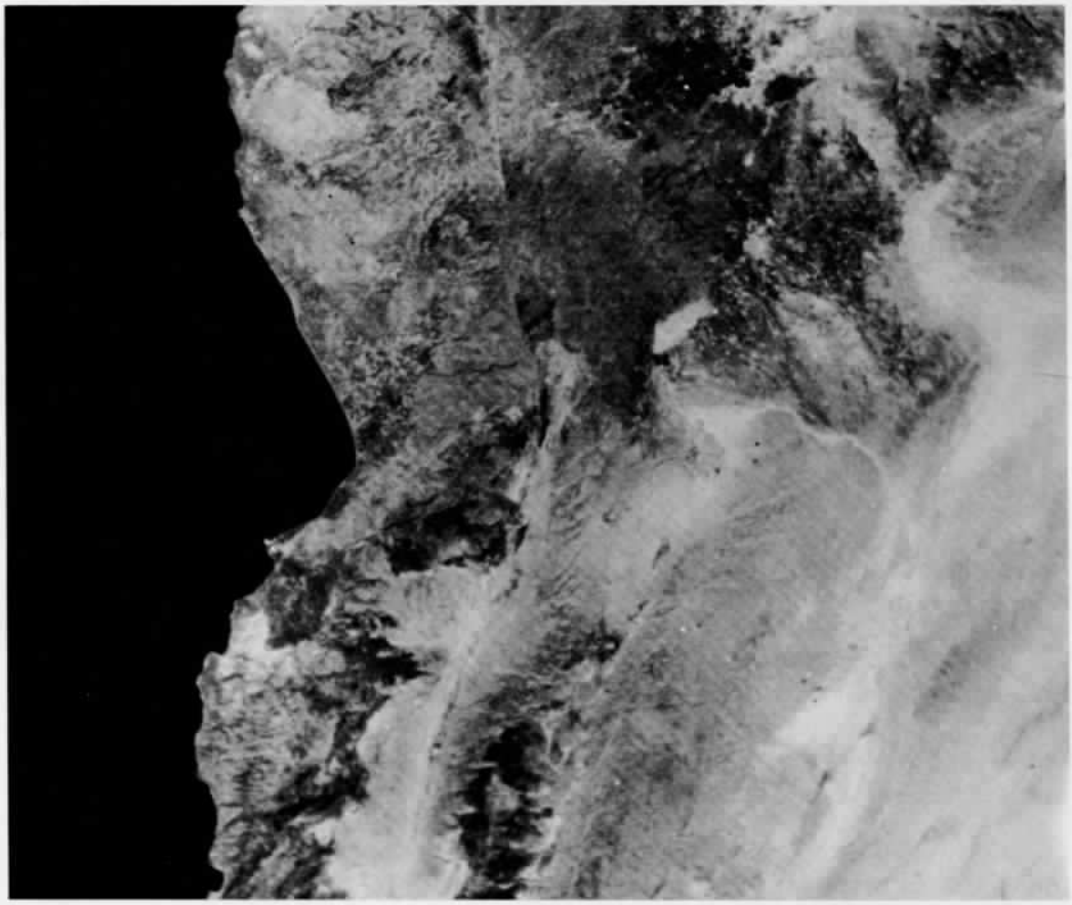
Les deux séries d'images présentées sont des extraits de deux documents diffdifférents: la première, tirée du document 81342074155A000 et prise à 07 heures 41 minutes et 5/10 secondes, couvre le Liban-Nord, le Jabal Ansariya et la plaine de Homs. La deuxième, agrandissement (2 fois) de l'image 81342074215A000 et prise à 07h. 42' 1/10", correspond à la région de Beyrouth, à une partie du Mont-Liban de la Béqaa et du Qalamoun, jusqu'à Damas.

II. 1. La série 81342074155A000

II. 1. 1. La Bande 4 (0,5 à 0,6 micromètres) dite bande «verte» (*cf.* planche I)

Les longueurs d'onde correspondant à cette bande pénètrent assez profondément dans l'eau et permettent donc son application à l'étude des pollutions aquatiques, ainsi qu'à la localisation des hauts-fonds du littoral.

L'image montre l'accumulation de sable dans la baie de Joûnié, les panaches de sédiment à l'embouchure des «nahrs» (Ibrahim, Abou-Ali, Bared). Les hauts-fonds au large de Tripoli-el Mina, en direction des îles, sont nets et forment un triangle dont la base serait la falaise de Bahsass-Abou Samra. La construction du tombolo de Tripoli s'interprète alors aisément. Plus au Nord, au large du Aakkar,



NASA & U.S. Géological Survey, EROS Data Center. 81342074155A000

Planche I. *Image du Liban-Nord, du Jabal Ansariyé et de la plaine de Homs, prise dans la bande MSS* 4 (0, 5–0, 6 *micromètres*) *ou bande Verte.*

la topographie sous-marine devient complexe, ressemblant des fois à un réseau hydrographique hièrarchisé. Au niveau de Tartous, les turbidités du port sont identifiables. Le lac de Homs attire plus particulièrement l'attention: il y a là un bel exemple de pollution (au sens large du terme), dans la forme d'un panache émanant d'un oued non dénommé qui y débouche. Le lac est coloré en gris très clair, qui contraste avec les eaux noires de l'Oronte.

La bande 4 est utilisable pour la délimitation des lithofaciès. Cependant, il faut un contraste assez fort entre deux formations avant de pouvoir les dissocier. C'est le cas, par exemple, pour le Cénomano-turonien et le Sénonien de la bordure du Koura ou de l'Anti-Liban. Il est possible, dans des conditions très particulières, de discerner les différences entre le Jurassique et le «grès de base», par exemple dans la région de Baskinta. Le basalte apparaît comme une masse sombre et uniforme, avec quelques petites nuances cependant, correspondant sans doute à des différences de composition et de texture. La fossilisation de la craie par le basalte dans la région de Banias ressort clairement: la dissection par les oueds a permis d'exhumer les assises crayeuses sous-jacentes.

La tectonique est apparente. On remarque nettement les grandes failles comme celles de Yammouné, Batroûn, Maameltain, Hermel, ainsi que les plissements en «accordéon» de la bordure occidentale du Liban-Nord, la retombée périclinale de l'Anti-Liban s'interprètent facilement.

Il est également possible d'utiliser ces images pour l'étude du réseau hydrographique ou le repérage des paléo-réseaux. Un cas intéressant est celui du oued Hammam dans les environs de Nébék, avec son glacis d'épandage près de Qoussair. Dans le même ordre d'idées, les «saïls» de la Béqaa sont nets, ainsi que les grands glacis de cette région.

Les sols ressortent clairement, surtout quand il s'agit des sols hydromorphes: de part et d'autre du Litani et de l'Oronte. Les lithosols sont indifférenciables de leur milieu environnant. Dans le Koura, les vallons tapissés de sols colluvionnés contrastent avec les interfluves dénudés correspondant au poudingue d'âge rissien.

L'identification des espèces végétales n'est pas aisée, et beaucoup de régions, pourtant boisées, ne sont pas visibles. Ainsi, les pins de la retombée ouest du Mont-Liban présentent une teinte grise qu'il est facile de confondre avec celle du Jurassique et du Crétacé inférieur dénudés. Quelques ensembles arbustifs homogènes sont visibles car ils se trouvent dans des mileux permettant un contraste de teintes, par exemple le bosquet des Cèdres, la forêt d'Ehden, etc.. La mise en valeur des terres par l'agriculture juxtapose des espèces végétales différentes, donc des teintes de grisé différentes. Le parcellaire ressort, avec toutes les nuances que cela implique: variations de la dimension des champs, qu'on peut observer par exemple de part et d'autre de la frontière libano-syrienne dans le Aakkar. Les différences de cultures sont particulièrement bien représentées dans la région autour de Homs, où une mise en valeur intensive prédomine, contrastant avec la région située à l'ouest de

Hama-Rastane, où persiste la céréaliculture extensive. La première zone a une teinte gris-claire, la deuxième un grisé presque noir avec des éléments presque blancs, qui sont les champs non encore labourés.

Les «oasis» de Baalbek, d'El Qaa, de Hermel ressortent bien, sous la forme de taches sombres sur un fond clair qui correspond à la roche à nu ou au lithosol.

La bande 4 est également précieuse pour l'étude des ensembles urbains: Tripoli nous servira s'exemple. Les deux agglomérations de Tripoli et d'El Mina s'identifient facilement, ainsi que les routes qui les relient. La résolution de l'image serait donc de 10 à 15 mètres au sol, permettant de voir aussi tous les aménagements du cours inférieur du Abou-Ali, les usines de Bahsass-Abou Halqa, le chantier de la Foire Internationale. Cette résolution exceptionelle est dûe en grande partie au fort contraste entre la partie urbanisée et les vergers qui entourent la ville. Nous la retrouvons dans la région de Homs et de Rastane.

II. 1. 2. La bande 5 (0,6–0,7 micromètres) ou bande «rouge-orangée» (*cf.* pl. II)

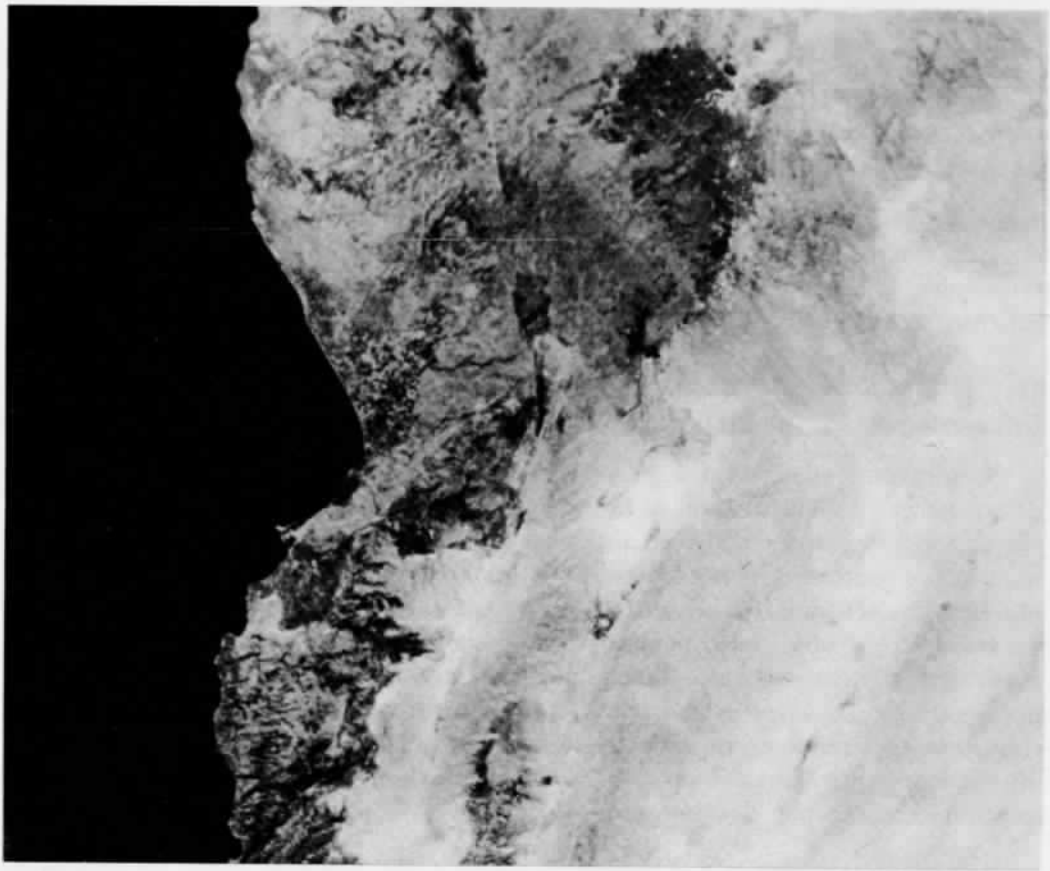
Cette longueur d'onde pénètre plus aisément l'humidité atmosphérique, rendant les détails plus nets encore qu'avec la bande 4.

Il est ainsi aisé de délimiter les lithofaciés dans tout le Crétacé inférieur et moyen sur l'ensemble du Mont-Liban. La limite $C_4 - C_5$ de la région peut même être discernée, ainsi que le basalte interstratifié dans le Jurassique de la région de Sir-ed-Danniyé. Les failles transversales du Mont-Liban et de l'Anti-Liban peuvent être repérées et suivies sur toute leur longueur. Un réseau de failles mineures, dont certaines non cartographiées, est décelable tout le long de la côte et en montagne. le basalte, par la richesse des nuances de grisé, notamment dans la trouée de Homs, permet de supposer une évolution complexe quant à la géologie et à la géomorphologie de la région.

La longueur d'onde 0,6–0,7 micromètres ne pénètre pas l'eau aussi bien que celle de la bande dite «verte». Cependant, certains phénomènes de pollution sont encore visibles, le plus évident d'entre eux étant celui du lac de Homs. La partie polluée se révèle riche en nuances, contrairement à ce qu'on pourrait croire à partir d'un examen rapide de la bande 4. Le panache dans le lac est «dense» au débouché de l'ouest non dénommé mentionné plus haut. Mais un peu plus à l'aval, au delà d'une ligne nette, le panache est relayé par une zone homogène, plus foncée. Il serait extrêmement intéressant d'identifier la cause de ce phénomène, et à l'aide de la couverture régulière périodique des 18 jours, de suivre son évolution.

L'étude de la mise en valeur agricole se révèle tout aussi fructueuse, la résolution de cette bande étant très bonne. Toutes les oppositions régionales ressortent, par exemple entre la plaine du Aakkar et celle de Homs, ou entre la plaine côtière libanaise où prédomine l'agrumiculture et la frange côtière syrienne, vouée essentiellement à la culture de l'olivier (région de Tartous).

Il arrive même que, dans un ensemble géographique à première vue homogène, des nuances apparaissent: le cas le plus frappant étant celui des Aakkar syrien et libanais. Les teintes indiquent une différence dans les cultures de part et d'autre de la frontière, matérialisée par le nahr el Kébir. La taille des champs diffère: ceux du côté syrien tendant à être plus petits. Il est également possible d'axaminer les phénomènes d'auréoles autour des villages: la région de Telle Bissé, dans la plaine de Homs est caractéristique. Le village est entouré de petits champs, tous d'une même teinte de grisé, avec quelques nuances cepandant. Autour de cette auréole s'étalent des champs de grandes dimensions, à deux teintes différentes: blanche et gris foncé. La première teinte indique les champs non labourés après la moisson, la deuxième, ceux qui l'ont été.



NASA & U.S. Geological Survey, EROS Data Center. 81342074155A000

Planche II. *Image du Liban-Nord' du Jabal Ansariyé et de la Plaine de Homs' prise dans la bande spectrale 5 (0, 6–0, 7 micromètres) ou bande rouge-orangé.*

Les petits champs de cette région sont à mettre en rapport avec l'aire d'extension du réseau d'irrigation à partir du barrage de Rastane. Ceci expliquerait les nuances de grisé du petit parcellaire autour des villages, chaque nuance correspondant à une culture différente.

Un autre cas est celui des oasis, qui montrent clairement la dégradation de la végétation au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la source.

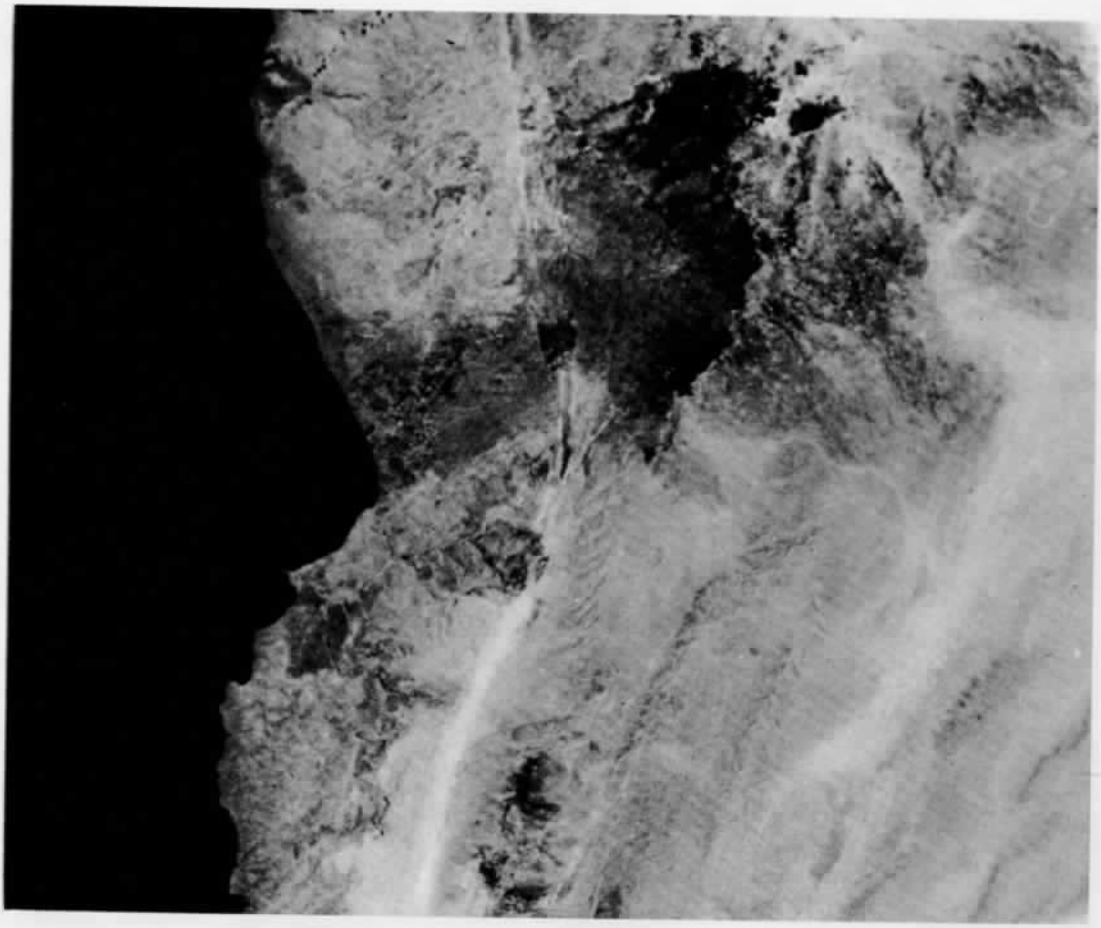
La bande 5 est utile pour l'identification des grands ensembles pédologiques: 2 unités différentes, chacune étant caractérisé par une teinte propre. La Béqaa offre un autre exemple de contrastes: le nord porte plutôt des lithosols, difficilement séparables de la teinte dominante des calcaires et des poudingues, tandis que le centre de la plaine porte des sols profonds, représentés sur l'image par une teinte grisée plus foncée.

Cette bande est bien adapté à l'étude de l'urbanisation de la région: Tripoli, pour reprendre l'exemple-type, ressort avec beaucoup plus de détails que sur l'image prise dans la bande «verte». Il est possible d'identifier le jardin public du «Tell», la route du sud-ouest, les parcelles non encore construites le long des voies d'accès menant à El-Mina. Dans certains secteurs de la côte, la route de Beyrouth à Tripoli est visible, ainsi que la cicatrice de la nouvelle autoroute au sud de Byblos. Malheureusement, la reproduction par le procédé offsett ne permet pas de conserver l'excellente résolution du cliché original.

II. 1. 3. La bande 6 (0,7–0,8 micromètres) ou bande «rouge-proche infra-rouge» (*cf.* pl III)

Ces rayonnements sont entièrement absorbés par la surface des plans d'eau, ce qui permet l'identification et la délimitation de ces derniers. La correction des cartes topographiques pourrait ainsi être facilitée: par exemple le lac de Homs n'a plus les contours que lui accordent les cartes, même les plus récentes. Les zones marécageuses et humides peuvent être différenciées des régions purement aqueuses. La bande 6 est utile pour localiser les régions irriguées, puisque les sols humides absorbent le rayonnement. Toute la région autour de Homs et de Rastane se présente sous la forme d'une tache sombre. Les champs fraîchement labourés ressortent également, comme des taches noires, tandis que ceux qui sont en friche offrent une teinte claire. Tous les lacs collinaires, les lacs de retenue, salines etc... sont matérialisés par des points et taches noirs.

Les résultats concernant la végétation arborescente sont décevants. La montagne libanaise paraît complètement dénudée, même les zones les plus boissées comme le Jabal Qammouaa, le Kesrouane. Il est impossible de faire la distinction entre un phénomène urbain et la végétation. Le cas de Tripoli est frappant: orangeraies et ville se confendent dans le même grisé.



NASA & U.S. Geological Survey, EROS Data Center. 81342074155A000

Planche III. *Image du Liban-Nord, du Jabal Ansariyé et de la plaine de Homs, prise dans la bande* 6 (0, 7–0, 8 *micromètres*) *ou bande Rouge proche-Infra-Rouge.*

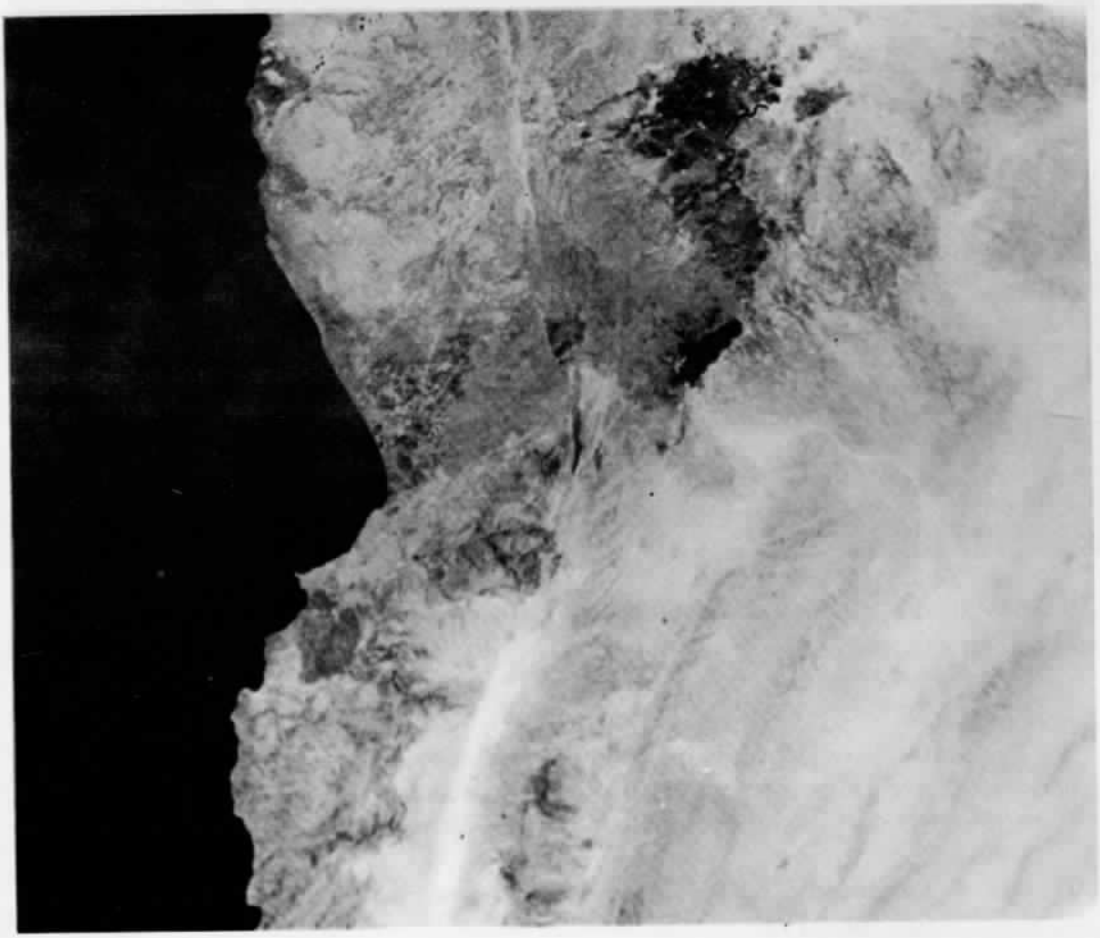
Par contre, le modèle et la dissection sont mieux représentés que dans les autres bandes. Il n'y a aucun complément d'information pour la géologie, le contraire étant plutôt le cas: même le Sénonien crayeux est pratiquement indécelable.

II. 1. 4. La bande 7 (0,8–1,1 micromètres) ou bande «infra-rouge». (*cf.* pl. IV)

Les résultats sont comparables à ceux de la bande 6. Tout ce qu'elle apporte en plus est une plus grande précision dans les limites terre-eau. Le lac de Homs est maintenant parfaitement délimité, de même que les zones irrigués au nord de la ville. Contrairement à ce qu'on pourrait supposer, l'infra-rouge ne donne aucune indication supplémentaire sur la végétation.

II. 2. La série 81342074515A000

Les planches V à VIII sont des agrandissements de l'original qui s'étend de Jouniyé jusqu'à Haifa, de la mer jusqu'à Damas et au Jabal Druze. La région étudiée dans le présent article s'étend de Beyrouth à Damas. Elle est intéressante puisqu'elle montre la quantité considérable d'informations que des images au 1/500 000 peuvent fournir au chercheur.



NASA & U.S. Geological Survey, EROS Data Center. 81342074155A000.

Planche IV. *Image du Liban-Nord, du Jabal Ansariyé et de la plaine de Homs, prise dans la bande* 7 (0, 8–1, 1 *micromètres*) *ou bande Infra-Rouge.*

II. 2. 1. La bande 4 (0,5–0,6 micromètres) dite «bande verte». (*cf.* pl. V)

Elle permet de distinguer l'étendue de la pollution au large de Beyrouth. Des traînées s'étalent dans la mer depuis la Quarantaine jusqu'à Jouniyé. Des panaches alluviaux s'individualisent dans le lac de Qaraaoun.

La stratigraphie se distingue mieux à cette échelle: il est aisé d'identifier la suite Jurassique-Crétacé inférieur et moyen, dans la région d'Aabey et Aaley. Le contact Eocène/Sénonien, matérialisé par le crêt en bordure de l'Anti-Liban, est particulièrement net, de même que le noyau jurassique qui affleure sur l'escarpement de faille de Serghaiya. Les failles majeures ne posent pas de problèmes d'identification (failles de Yammouné, de Serghaiya...), tout comme les failles transversales sur la côte. Des raccords intéressants, et jusqu'à maintenant seulement supçonnés, peuvent être confirmés: la faille de Jiyé se prolonge jusqu'à Beit-ed-Dine et le Barouk, celle de Barja, jusqu'à Baakline, celle de Ras Sakhri jusqu'à Chhîm et Moukhtara. Les images permettent d'identifier quelques reliefs structuraux: le val perché de Niha-Jezzine, les crêts du Jurassique et du Crétacé inférieur près du nahr Ibrahim, les plis du Qalamoun.

La végétation est identifiable uniquement par contraste de teinte avec le milieu environnant. La forêt de pins de Beyrouth (le Horch), le jardin public des Arts et Métiers, les terrains de l'Université Américaine, les parcelles non encore urbanisées de Ras-Beyrouth contrastent avec le tissu homogène que constitue la ville.

En montagne, l'identification est plus difficile, vu les confusions inévitables entre formations végétales et lithologie. Un traitement électronique approprié des images permettrait de faire ressortir les différences. Les cultures sont mieux visibles: la région de Furn-ech-Chebbak, la frange côtière, la plaine de Damour, la «ghouta» de Damas, etc... La Béqaa est plus difficile à interpréter, vu la présence de sols foncés qui «brouillent» le signal des cultures. Il est presque impossible de localiser les champs fraichement labourés et de les distinguer de ceux qui portent encore des cultures. Les champs en friche sont en blanc le long de la route vers Damas qu'ils permettent d'identifier. Les grands ensembles de sols sont cartographiables: sols hydromorphes de Béqaa (région de Tell et Akhdar), lambeaux de sols au fond des vallons de l'Anti-Liban, accumulation de sols colluvionnés dans le Sahl es Sahra, entre Meisaloûn et Damas.

L'urbanisation et les routes sont nettes: l'extension de Beyrouth, de Damas (le quartier du Midâne, en particulier), les aérodromes, les routes de la montagne libanaise (à Dhour-ech-Choueîr, Broummana, Aaley...). Il est également possible de discerner le nouveau tracé de l'autoroute Beyrouth-Tripoli. Les carrières du nahr el Mott et d'Antéliâs forment des taches blanches sur un fond gris foncé correspondant au Jurassique.

NASA & U.S. Geological Survey, EROS Data Center. 81342074215A000

Planche V. *Image de la région de Beyrouth, de la Béqaa et du Qalamoun, prise dans la bande spectrale* 4 (0, 5–0, 6 *micromètres*) *ou Bande Verte.*

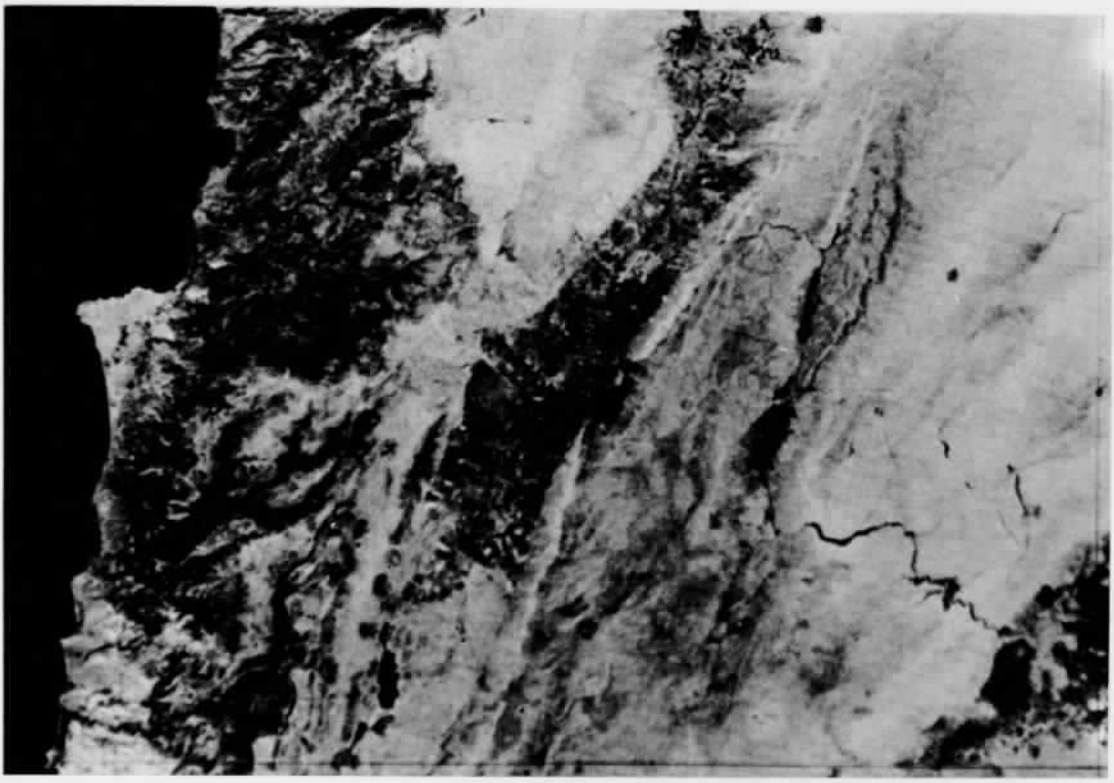
II. 2. 2. La bande 5 (0,6–0,7 micromètres), dite «bande rouge-orangée» *cf.* pl. VI)

L'information contenue dans l'image correspondante est comparable à celle de la bande précédente, mais avec une résolution plus grande et des contrastes plus nuancés, permettant l'identification et la délimitation d'un plus grand nombre de phénomènes. Il est ainsi possible de suivre l'extension du Crétacé inférieur (grès de base et Aptien du Chouf, basalte de la région de Meyrouba et de Rachaïya). Les failles de l'Anti-Liban sont plus facilement décelables.

Cette bande s'avère fructueuse pour localiser les plages de végétation naturelle. Les cèdres du Barouk sont bien exprimés par un grisé presque noir. Les brousailles et arbustes du versant oriental de cette montagne donnent une tache plus foncée que celle, gris-claire, correspondant au Jurassique. Mais les résultats sont décevants sur le Mont-Liban, où les contrastes sont insuffisants. Il n'est possible de distinguer la teinte des pins du Metn de celle du grès de base qu'en quelques endroits très

limités. Il est vrai qu'une relation étroite existe entre les deux phénomènes (lithologie et végétation), et leur individualisation n'est pratiquement pas possible à cette échelle.

Les cultures sont plus facilement délimitables, en Béqaa plus particulièrement: les champs en friche et ceux portant des cultures non encore récoltées ont une coloration blanche, qui contraste avec le damier aux gris nuancés des champs labourés ou irrigués.Ces derniers sont particulièrement nets au sud-ouest de la Béqaa, entre Chtaura et Joubb-Jannine. Au nord de Rayak, il y a une mosaïque de deux types de champs : certains, noirs, portent des cultures arbustives ou irriguées, d'autres, blancs ou gris clair, sont voués à la céréaliculture ou à la vigne.D'autres régions mises en valeur sont caractérisés par une uniformité de teinte: Zebedani, le long du Barada, la «ghouta» de Damas. Ceci semble indiquer une monoculture (des arbres fruitiers en l'occurence), qui exclut toute variation de grisé de champ à champ.



NASA & U.S. Geological Survey, EROS Data Center. 81342074215A000

Planche VI. *Image de la région de Beyrouth, de la Béqaa et du Qalamoun, prise dans la bande MSS* 5 (0, 6–0, 7 *micromètres*) *ou bande Rouge-Orangé.*

La très bonne résolution du document permet de préciser davantage le phénomène urbain: il est aisé d'identifier les pâtés de maisons, les routes à grande circulation: Furn-ech-Chebbak, route de l'aéroport de Beyrouth, le réseau dense autour de Dekwané, les routes menant à Deraa et à l'aéroport international de Damas. Les installations portuaires de Beyrouth et de Jouniyé-Kaslik ressortent clairement.

II. 2. 3. La bande 6 (0,7–0,8 micromètres) dite «bande rouge-proche infra-rouge». (*cf.* pl. VII)

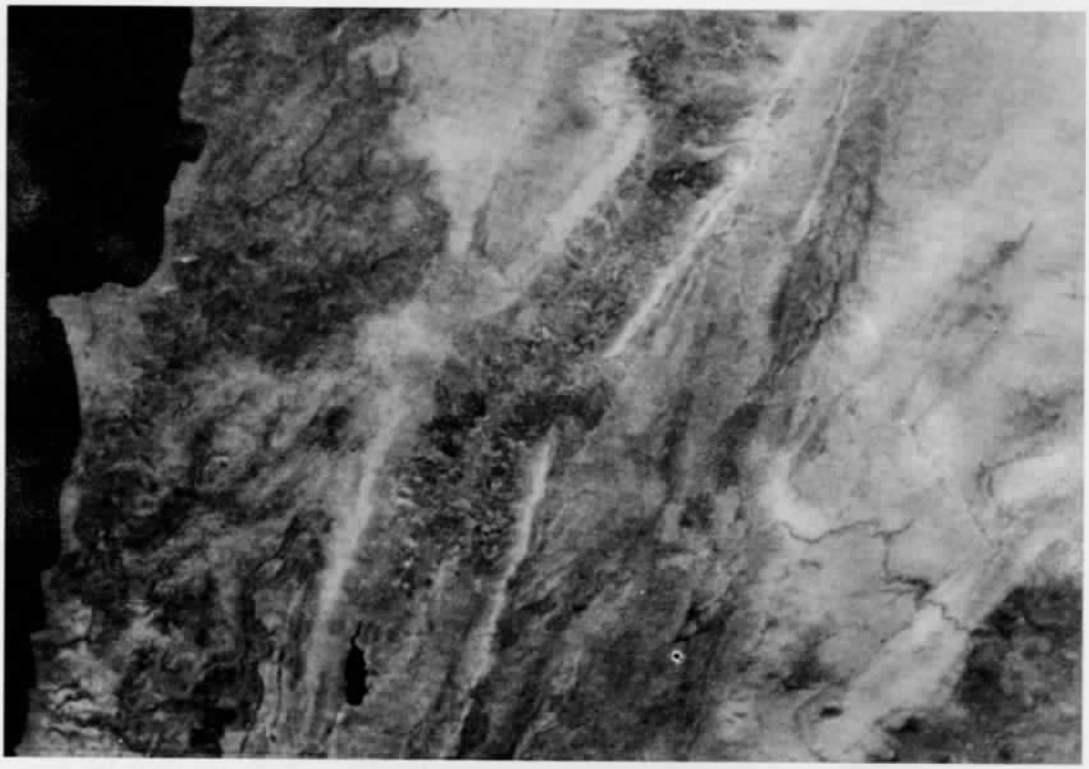
Comme pour la série sur le Liban-Nord (pl. I à IV) la bande MSS 6 apporte relativement peu d'informations nouvelles. Cependant ce document contribue, à sa façon, à la connaissance du milieu naturel. Les zones humides de la Béqaa apparaissent en foncé (région de Aammiq) de même que dans toutes les régions mal

NASA & U.S. Geological Survey, EROS Data Center. 81342074215A000

Planche VII. *Image de la région de Beyrouth, de la Béqaa et du Qalamoun, prise dans la bande MSS* 6 (0, 7–0, 8 *micromètres*) *ou bande Rouge proche-Infra-Rouge.*

drainées: le Sahel es Sahra, près de Damas, Zebedani... La bande 6 ne contribue en rien à l'étude des lithofaciès. Seuls les grands ensembles homogènes comme le Cénomanien ou les superpositions de deux étages à fort contraste (Eocène/Sénonien) sont visibles. Le reste est d'un gris uniforme qui interdit toute discrimination. Les résultats sont décevants en ce qui concerne la végétation naturelle: même les cèdres du Barouk sont quasiment invisibles. Les phénomènes urbains sont mal rendus dans cette bande.

II. 2. 4. **La bande 7 (0,8–1,1 micromètres) dite «bande infra-rouge».** (*cf.* pl. VIII)



NASA & U.S. Geological Survey, EROS Data Center. 81342074215A000

Planche VIII. *Image de la région de Beyrouth, de la Béqaa, et du Qalamoun, prise dans la bande MSS 7 (0, 8–1, 1 micromètres) ou bande Infra-Rouge.*

Elle permet de localiser avec beaucoup de précision les zones humides de la Béqaa: région de Aammiq, autour de Britel, Hadet etc. Elle localise tous les plans d'eau:bassin de Taanayel, lac de Deîr el Aachayer). La végétation est presque invisible: l'infra-rouge est presque entièrement réfléchi par les plantes saines, ce qui donne à l'ensemble de la montagne une teinte gris-clair, qui est malheureusement identique à celle de la roche nue. L'interprétation de cette bande est donc complexe, la rendant inutilisable avec les moyens de photo-interprétation dont nous disposons. Cependant, couplée à d'autres images dans les bandes spectrales différentes («images composites couleurs»), elle donne de bons résultats.

III. LE TRAITEMENT DES IMAGES

Le document original, imprimé sur papier, n'est qu'une donnée brute à la disposition de chercheur. Il est susceptible d'être amélioré ou modifié par un traitement approprié, qui vise à accentuer les zones d'un intérêt particulier, ou à extraire une donnée d'un ensemble à première vue homogène. Cette amélioration de contrastes s'effectue par deux méthodes: électronique ou photographique.

III. 1. Le traitement électronique des images.

«Chaque point de l'image est défini par ses coordonnées orthogonales et la densité de la signature le concernant» (P. REY, 1973). On peut donc numériser l'image afin qu'elle soit accessible à l'ordinateur. Ceci est déjà fait dans le cas de la bande magnétique originale de l'image, mais le coût de ces bandes est hors de la portée des chercheurs isolés, qui doivent se contenter d'une autre méthode. Elle consiste à convertir l'image en données numériques au moyen d'un microdensitomètre. Cet instrument calibre les valeurs de densité lumineuse de chaque point de l'image, puis les transfert sur bande magnétique pour l'ordinateur. Celui-ci, convenablement programmé, peut opérer de façon à faire ressortir une ou plusieurs «plages de densités» (J.L. BESSIS, 1973). Cette méthode a été utilisée avec succès dans le cadre du projet FRALIT (F. VERGER, P. DEMATHIEU, 1973): ces auteurs ont étudié les panaches sédimentaires au large du Golfe de Gascogne.

III. 2. Le traitement photographique des images.

Si la méthode de traitement életronique est incontestablement la plus précise, elle n'en demeure pas moins la plus coûteuse et la plus compliquée pour les non-spécialistes.

Les chercheurs ont à leur disposition d'autres méthodes de traitement, qui sont non moins valables. Les documents traités prennent alors la forme de photographies, permettant un examen visuel du résultat.

III. 2. I. La méthode des « équidensités ».

C'est un procédé qui « permet d'isoler... les plages dont la densité est comprise entre telle ou telle valeur» (BOISSARD et *al*, 1973). Ceci est matérialisé, sur le positif de la photo, par une ligne blanche (la «ligne d'équidensité») qui joint tous les points ayant une même densité lumineuse. Cet effet est obtenu par un choix judicieux de filtres et de masques, ainsi que d'un papier spécial (méthodes et produits Agfa-Contour, Kodak-Pathé, Minnesota 3M). A partir du document ainsi traité, il est facile de colorier les intervalles entre chaque ligne d'équidensité. La visualisation sera améliorée puisqu'elle «permet de décomposer l'image en autant de bandes voulues, et de cette façon sortir l'information qui se trouve cachée» (C. CAZABAT, 1973). Le chercheur a également la possibilité de «combiner l'information contenue dans tout ou une partie d'un canal avec celle contenue dans toute ou une partie d'un autre canal...par exemple dans le cas des scanners multispectraux» (C. CAZABAT, 1973).

III. 2. 2. Le traitement par lumière cohérente, ou «hologrammes».

«Eclairée uniformément par un faisseau de lumière cohérente, une photographie semi-transparente engendre une figure de diffraction» (P. BOISSARD *et al.*, 1973). Chaque point lumineux de celle-ci est le correspondant de la photographie originale. Tous les points lumineux transformés, fixés sur plaque, sont définis par leur position spatiale et leur intensité lumineuse. En éliminant ou en groupant certains de ces points, puis en éclairant par lumière cohérente (laser) on parvient à reconstituer l'image, de laquelle il manquera quelques données, correspondant aux points lumineux éliminés. Il sera possible, par exemple, de découvrir des alignements ou des phénomènes périodiques, brouillés par l'ensemble de l'information que constitue l'image originale.

III. 2. 3. La méthode des couleurs composites.

Chaque image semi-transparente noir-et-blanc d'une même série MSS est retranscrite dans une couleur spécifique. Les images colorées sont ensuite projetées simultanément sur un même écran. La lecture se trouve facilitée par l'accentuation des contrastes, la quantité d'information est accrue par la combinaison de 3 images prises dans 3 bandes spectrales différentes, et enfin, la détectabilité des nuances est augmentée, la gamme des couleurs étant plus grande. Ces combinaisons de couleurs sont obtenues au moyen de trois couleurs primaires: le Jaune, le Magenta et le Cyan, allouées respectivement aux bandes 4, 5, 6 ou 7. La correspondance «Cyan-bande 6 ou 7» permet à l'utilisateur de choisir une combinaison adaptée à son problème. Cette méthode est particulièrement utile en milieu continental, où la diversité des bandes spectrales permet de faire ressortir un maximum de données.

IV. POSSIBILITÉS D'UTILISATION PRATIQUE DES IMAGES DANS LE CAS DU LIBAN ET DE LA SYRIE

IV. 1. La végétation

IV. 1. 1. La végétation naturelle

Chaque espèce végétale a «sa» signature propre, vis-à-vis d'un rayonnement particulier. Il serait donc aisé d'établir une carte de la répartition de chaque espèce, une fois calibrés le microdensitomètre et l'ordinateur. Une carte de la couverture des pins ou des cèdres serait utile pour pouvoir délimiter l'importance des destructions depuis l'établissement de la «Carte Forestière» du liban au 1/50 000 et au 1/200 000 (FAO–Plan Vert, 1965).

VI. 1. 2. Les cultures

Dans le même ordre d'idées, il serait facile d'établir une carte de la localisation d'une culture particulière. La résolution étant très bonne, notamment dans la bande 5, il serait même possible de suivre la rotation de cultures pour chaque champ, grâce à la périodicité de 18 jours. Utilisée au Liban, la méthode donnerait de bons résultats pour suivre la série blé-labour-hachich-labour durant une année.

IV. 2. La Géologie

IV. 2. 1. La lithologie

Chaque lithofaciès réagit différemment à un rayonnement déterminé. La photo obtenue par la méthode des équidensités serait en fait une carte de l'extension d'un affleurement particulier, permettant l'établissement ou la correction de cartes géologiques à petite échelle.

IV. 2. 2. La tectonique

La technique des hologrammes pourrait, par exemple, faire ressortir toutes les failles insoupçonnées de la montagne, vu qu'elle extrait tous les alignements du document original.

IV. 3. L'hydrologie

IV. 3. 1. Les lacs

La couverture périodique du Liban et de la Syrie tous les 18 jours permettrait de suivre les variations du niveau des lacs, ceux de Qaraaoun et de Homs en particulier, et d'estimer la quantité d'eau disponible pour l'agriculture et les besoins urbains.

IV. 3. 2. Les rivières

Les variations du tracé d'une année à l'autre, la délimitation des zones inondées après de fortes pluies seraient cartographiables, sans qu'il soit nécessaire d'effectuer des levers sur le terrain.

IV. 4. L'urbanisation

IV. 4. 1. L'expension des villes

Elle peut être mesurée et suivie grâce à la couverture périodique d'année en année. Les cartes topographiques à moyenne échelle peuvent être rapidement corrigées, évitant qu'il soit nécessaire de procéder à des couvertures aériennes, coûteuses pour un pays aux ressources finacières limitées.

V. CONCLUSION

Les images prises à partir du satellite ERTS-1 sont donc des documents exceptionnels pour la délimitation et la résolution d'un grand nombre de problèmes d'ordre géographique, géologique, écologique et économique. Au stade de la reconnaissance à petite échelle, les images de ERTS-1 permettent d'avoir des vues d'ensemble, ne remplaçant pas la traditionnelle photographie aérienne, qui reste le document de base pour toute étude détaillée.

Michael F. DAVIE

(Manuscrit déposé en Janvier 1975)

BIBLIOGRAPHIE

1. J. L. BESSIS, 1973–*Le traitement des informations concernant les ressources terrestres.* La Recherche, Spaciale, Vol XII, N° 4, Juillet–Août 1973, pp 12–17, 6 diag. 4 photos, et 2 photos coul. h–t.

2. P. BOISSARD, A. FONTANEL, J. GUILLEMOT, M. GUY, C. TORRES, 1973–*Les activités de l'Institut Français du pétrole (I.F.P.) dans le domaine de la télédétection.* La Recherche Spatiale Vol XII, N° 5, Sept.–Oct. 1973, pp 6–13, 20 fig.

3. C. CAZABAT, P. DEMATHIEU, J. DUPUIS, F. VERGER, 1973. *Le programme Fralit; télédétection, par le satellite ERTS-A du littoral océanique de la France.* Bulletin d'information de l'I.G.N., N° 19, Septembre 1972, pp. 1–9, 7 fig.

4. C. CAZABAT, 1973. *L'intérêt de la méthode des équidensités: application au milieu littoral.* Bull. Ass. Géogr. Franç. N° 411–412, Nov–Déc. 1973, pp. 713–717.

5. R. CHEVALLIERS, 1971. *La photographie aérienne.* 1 vol. 12 × 16,5 cm. 233 pp. 40 fig. Paris, Armand Colin. Collection U2.

6. J. DERIES, 1973. *L'intérêt de la photographie composite couleur: l'exemple de la Baie du Mont Saint-Michel.* Bull. Ass. Géogr. Franç. N° 411–412, Nov–Déc. 1973, pp 708–710.

7. A.D. HIGHAM, B. WILKINSON, D. KAHN, 1973. *Multispectral scanning systems and their potential application to Earth-resources surveys. Basic physics and technology.* 1 vol. 21 × 28,5 cm., 186 pp., 74 fig. Paris, European Earth Resources Organisation.

8. National Aeronautics and Space Administration, 1971–1972. *NASA Earth Resources Technology Satellite. Data User's handbook.* Différentes éditions. Goddard Space Flight Centre.

9. J. P. PINOT, 1973. *L'intérêt des données d'ERTS-I pour la connaissance des turbidités des eaux marines: l'exemple du Golfe de Gascogne.* Bull. Ass. Géogr. Franç., N° 411–412, Nov.–Déc. 1973, pp. 718–722.

10. J. POUQUET, 1971. *Les sciences de la Terre à l'heure des satellites.* I vol., 17,5 × 11,5 cm., 259 pp., 33 fig. h-t., Paris, Presses Universitaires de France.

11. R. REGRAIN, 1973. *L'intérêt des images multispectrales: l'exemple du littoral de la Manche orientale.* Bull. Ass. Géogr. Franç., N° 411–412, Nov.–Déc. 1973, pp. 703–710., 1 fig.

12. P. REY, 1973. *De la photo-interprétation à la télédétection des resources naturelles.* La Recherche Spatciale, Vol XI I, N° 5, Sept.–Oct. 1973, pp. 1–3.

13. F. VERGER, P. DEMATHIEU, 1973. *La télédétection du littoral. Programme FRALIT ERTS I.* 1 Vol., 21 × 29,5 cm., 22 pp., 10 fig. Mémoires du laboratoire de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes, Dinard.

14. F. VERGER, 1973. *Les technique d'exploitation des données d'ERTS-I utilisées dans le programme FRALIT.* La Recherche Spatiale, Vol. XI I, N° 5, Sept–Oct. 1973, pp. 24–27, 2 fig. 1 tabl.

NOTES

(1) Les images illustrant cet article ont été reproduites avec l'autorisation de la National Aeronautics and Space Administration (NASA) et de U.S. Geological Survey, Earth Resources Observation Satellite Data Center, Sioux Falls.

(2) Toutes les images du Programme ERTS sont en vente libre à la EROS Data Centre, Sioux Falls, South Dakota 57198, U.S.A.

Une liste des images disponibles est envoyée sur demande. Il suffit de préciser les coordonnées géographiques de la région qu'on se propose d'étudier.

(3) Michael F. DAVIE: chargé de cours à l'Université Libanaise (Beyrouth).