

LA FOTOGEOLOGIA

PROF. JEAN GANDILLOT

Col cortese assenso dell'Autore e dell'Editore, ai quali porgiamo il nostro ringraziamento, siamo lieti di pubblicare il presente articolo del prof. J. Gandillot, titolare del corso di fotogeologia presso la Facoltà di Scienze in Parigi.

Tale articolo è contenuto, nel suo testo originale, nella Rivista « La Nature », (articolo del giugno 1958), edizione Dupont, Rue Bonaparte, Paris 6.

LA DIREZIONE DEL BOLLETTINO S.I.F.E.T.

Praticando l'aviazione fino dal 1918, avevo già rilevato fin d'allora l'uniformità ed i contrasti presentati dai paesaggi sorvolati.

Negli anni che intercorsero fra le due guerre, ho potuto utilizzare le mie ore di volo per analizzare le caratteristiche di varie regioni, avendo modo così di reperire fotografie d'interesse geologico.

Constatai così che alcune emulsioni fornivano dettagli che l'occhio non vedeva. Su questo punto ritornerò più appresso.

Ciò mi portò, automaticamente, ad effettuare studi sistematici sulle fotografie aeree delle regioni che avevo più volte sorvolato ed a costruire così, mediante tali fotografie, le carte geologiche in base alle differenze di colore e di morfologia del terreno.

Constatai allora che le fotografie nadirali meglio ancora di quelle oblique davano un prezioso apporto alle nostre varie attività scientifiche; ma che, per avere l'impressione del rilievo reale, bisognava che l'ombra prodotta da un dosso o da un avvallamento si trovasse, nella fotografia, tra detto dosso o avvallamento e l'osservatore, questo almeno nel nostro emisfero.

Si deve dunque guardare la direzione delle ombre proiettate per orientare esattamente le fotografie prese all'inizio o alla fine del giorno, o, più semplicemente, mettendo il nord verso l'osservatore. Nell'emisfero sud avverrà evidentemente il contrario.

D'altra parte, per le nostre regioni, sorge una difficoltà perché se si vogliono raffrontare le fotografie aeree con le carte topografiche o geologiche, bisogna girare ugualmente queste ultime ed abituarsi a leggerle alla rovescia.

Riportiamo qualche esempio preso dalle diverse branche della geodinamica e che mostra quello che la fotogeologia può ricavare dallo studio di un cliché.

La figura 1 si riferisce ad una zona dei Paesi de Bray nella regione nord

d'Auneuil (W-SW de Beauvais). Dall'alto in basso si vedono successivamente i grandi campi della pianura, la zona boscosa con pendenza troppo notevole per rendere possibile la coltivazione. Si noterà d'altra parte la ferrovia che si interna nel tunnel nel risalto del versante. Poi in basso i terreni ancora permeabili del Cretaceo. Ma, non appena i terreni più antichi e di natura impermeabile affiorano verso il centro dell'anticlinale, immediatamente lo scacchiere



FIG. 1.

dei campi fa posto al colore più sostenuto dei prati e dei boschi. Si possono individuare sul lato destro dell'anticlinale, ma fuori di questa fotografia, i terreni permeabili del Cretaceo superiore subito dopo i quali riappaiono i campi. Tuttavia, la larghezza dell'affioramento è allora minore, sottolineando la dissimmetria delle ondulazioni e la inclinazione più marcata degli strati da est ad ovest.

La figura 2 rappresenta una zona di foresta vergine nella Nuova Guinea Olandese. Non si vedono che gli alberi, all'infuori di un sottile filo chiaro che rappresenta il letto di un torrente. Nonostante ciò, sono evidenti i contrasti della morfologia del terreno sotto la vegetazione.

Andando da sinistra a destra, si vede dapprima una striscia di terreni compatti e pressoché piatti, che si prolungano dall'altro lato del torrente, poi una zona rocciosa, notevolmente alterata dall'erosione ed il cui affioramento termina con una punta verso il basso, una terza zona pure di natura resistente ed analoga alla prima; infine la metà destra del cliché è caratterizzata da alcuni rilievi e avvallamenti che richiamano le regioni calcaree e gassose dove regnano i processi di dissoluzione. Così, nonostante che la foresta vergine dalla fitta vegetazione arborea non permetta di vedere il suolo, i caratteri morfologici sono abbastanza evidenti perché appaiono egualmente i limiti geologici.

La figura 3 è presa nella piana del Rodano, a est di Lione tra il fiume e la spiaggia di Dombes, della quale si scorgono, nel basso della fotografia, i primi rilievi.

Il nostro sguardo è subito attirato da una mezza circonferenza scura. Se analizziamo con attenzione questa parte della fotografia, possiamo constatare:

1) che i campi si estendono perpendicolarmente alla curva; 2) che questi campi sono di un colore sostenuto in vicinanza della curva che non più lontano; e allo stereoscopio noi vediamo che la zona più scura è leggermente più bassa delle regioni circostanti.

Questa mezza circonferenza è un antico meandro del Rodano, avulso nel corso della evoluzione dell'alveo fluviale. La zona boscosa corrisponde al letto occupato un tempo dal fiume e la zona scura materializza l'antico letto con le sue brecce, zona che non si può coltivare e che, lasciata incolta, si è coperta di arbusti. Infine, se i campi sono di un grigio più intenso nelle vicinanze dell'antico letto, ciò si verifica perché la zona prossima ad esso è più umida e, di conseguenza, risulta più scura sulla fotografia come vedremo più appresso.



FIG. 2.

Altri antichi meandri meno appariscenti appaiono (pur senza una così notevole differenza di colore) dalla disposizione a ventaglio dei campi. Più vicino al fiume nell'alveo principale, è molto visibile un altro meandro in mezzo al terreno breccioso; meandro che è percorso dalle acque soltanto nelle piene di una certa importanza.

La figura 4 mostra l'antico corso del Grande Morin, asciutto dopo il dirottamento del detto fiume nella Marna, qualche chilometro a monte. Si distinguono chiaramente la sponda concava, erosa e ripida, e quella convessa di formazione alluvionale e piatta. Il prolungamento che si vede a sinistra della fotografia separa il meandro asciutto del Grande Morin ed un altro meandro della Marna, la quale scorre sotto la macchia scura degli alberi sulle sue rive (bordo del cliché); di modo che se il dirottamento non avesse avuto luogo a monte, esso si sarebbe prodotto, prima o poi, per il distacco della striscia sotto la quale passano la ferrovia nell'Est ed il canale.

La visione nadirale è parimenti molto utile per lo studio delle regioni vulcaniche; proprio per questo, dal 1950, io conduco i miei studenti della Sorbona sulla zona vulcanica dell'Alvernia per raffrontare la configurazione delle singole formazioni (acide o basiche) ovvero dei complessi vulcanici.

Ma anche la fotografia ci permette tale studio, sia pure in modo meno immediato che non il sorvolo diretto.



FIG. 3.

Più a sud si erge il complesso vulcanico del Monte Dore (Sancy, Banne d'Ordanche, Aiguiller) in cui si accumulano lave e deiezioni, che colmano il corso dei torrenti.

Tale complesso presenta, ancora ben conservate, le tracce della sua attività vulcanica periferica, che ebbe luogo nell'ultimo periodo, con le manifestazioni isolate di Tuilière, Sanadoire, Tartaret, Lac Chambon, Lac Pavin e Lac Montecineyre. Due ore di sorvolo vi rallegrano gli occhi e vi sollevano lo spirito.

Se ora indichiamo gli elementi che la fotografia aerea può fornire riguardo alla tettonica, avremo l'esempio dei clinali e anticlinali che offre interesse per i ricercatori di giacimenti petroliferi.

Gli anticlinali, grazie alla curvatura degli affioramenti ed alla pendenza

La figura 5 mostra, a sud, la montagna di Dôme, vulcano acido senza crateri, ed a nord il Pariou con i suoi due coni chiusi, il primo dei quali, cioè il più settentrionale, proprio nell'angolo della fotografia, è stato sventrato al tempo della formazione del secondo.

Tra i due, dal nord al sud, si vede la grande massa del « Traversin » e sui fianchi nord del Poggio di Dôme il piccolo cratere del « Nido della Gallina », la configurazione del quale è perfettamente conservata. Poco lontano da questi, ma fuori della fotografia, si vedono a 2.500 metri i crateri sventrati della Vacca e del Lassolas collegati dalle loro colate congiunte a guisa di vallate già leggermente incavate, ed il lago di Barrage d'Aydat.

degli strati, permettono di ricostituire la forma delle pieghe e di localizzare così le zone petrolifere. Ma i fenomeni tettonici di frattura sono facilmente discernibili altrettanto che le pieghe, cioè le fratture dalle quali spesso affiora il petrolio.

La figura 6 (nei terreni antichi sui quali è fondata la regione Largentière) permette di vedere un numero considerevole di piccole linee nere che sembrano tracciate con un tiralinee più o meno deteriorato; vi sono pure tracce di fratture nel vecchio basamento geologico.

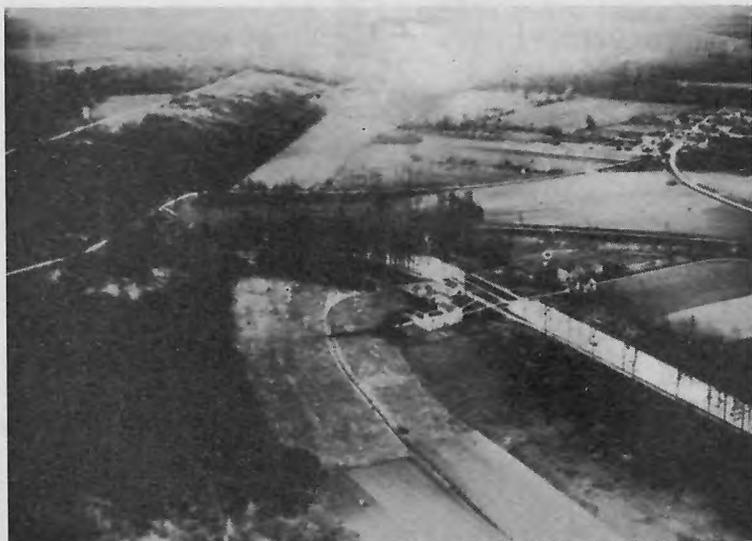


FIG. 4.

Tali linee materializzano le direzioni delle faglie erciniche (armoricane SE-NW e variscane SW-NE) e così pure le faglie alpine (NS). Nell'alto del fotogramma si vedono parecchi punti nei quali queste tre direzioni convergono dando luogo a tipiche incrinature.

Queste faglie sono visibili, nonostante la loro vetustà, giacché la milonite, derivando dallo sfregamento delle due falde l'una contro l'altra, ha smiuzzato la roccia. Questa si è decomposta più rapidamente, sia perché l'acqua può circolare facilmente verso l'alto e verso il basso nella zona corrosa, ed anche per il fatto che la relativa superficie diviene sempre maggiore.

Invece la figura 7 fornisce un esempio recentissimo (18 maggio 1940) di una frattura a forbice con componente orizzontale.

Si vede che da sinistra verso destra i solchi non sono più affacciati gli uni agli altri, che le rive del fiume sono ugualmente abbassate e che le stesse piantagioni fruttifere sono spostate; il tutto secondo una linea quasi parallela al bordo inferiore della fotografia e che corrisponde all'asse della frattura.

In glaciologia è ugualmente facile distinguere le differenti parti di un

ghiacciaio, come è comprovato dalla fotografia in figura 8, presa alla confluenza del ghiacciaio di Lescheaux col Mare di Ghiaccio.

La zona a monte, dove le curve del ghiacciaio sono concave verso valle, i seracchi, la zona dove le curve sono convesse verso valle, le confluenze in cui le morene laterali divengono mediane ecc., tutti i particolari insomma risultano nettamente visibili e facilmente analizzabili.



FIG. 5.

rispondono con le quote delle carte batimetriche della marina e sono parallele alle isobare.

All'inizio di questo articolo, ho fatto presente l'influenza che ha l'umidità del suolo, dando luogo a macchie tanto più scure quanto maggiore è la percentuale d'acqua nel terreno.

Ho fatto delle prove in volo (25 aprile 1951) con diverse emulsioni e diversi schermi colorati, grazie alla cortesia dei colleghi del C.E.V. di Bretigny. Per il momento i migliori risultati sono stati ottenuti con la emulsione infrarossa, usando il filtro rosso di Wratten. Le prese sono state fatte nei Paesi de Bray perpendicolarmente all'asse tettonico.

Nelle fotografie 10 ed 11 la stessa zona di terreno è stata filmata contem-

Pure in oceanografia, almeno per l'oceanografia costiera, la fotografia aerea può rendere vari servizi, ma bisogna essere molto cauti, perché su ciascun fotogramma si potrebbe scrivere un vero romanzo, essendo numerose le cause d'errore.

Perché la luce illumina sufficientemente i fondali occorrono infatti acque limpide, calme e poco profonde.

Se queste condizioni sono realizzate, se non vi sono alghe troppo invadenti, né correnti costiere più o meno fangose, l'intensità del grigio aumenterà con la profondità, cioè con la diminuzione della luce.

Sulla fotografia in figura 9, presa sulla punta di Graye, si vedono, dalla parte del mare, due o tre differenti tonalità di grigio a seconda che si guardi il cliché da sud o da nord. Queste tonalità, d'altra parte, cor-

poraneamente con due camere caricate in modo diverso; l'una, quella di destra (fig. 10) era munita di pellicola pancromatica con schermo rosso di Wratten n. 25; l'altra (fig. 11) con una pellicola infrarossa ed il medesimo tipo di filtro. Come si vede con quest'ultima combinazione le chiazze dovute alla umidità del suolo sono molto più evidenti che con la precedente.

Questi differenti esempi, scelti nei vari nostri campi di attività, provano, se è necessario, come la fotografia aerea possa aiutare il geologo per la rapidità e per la precisione, prima e dopo i suoi accertamenti sul terreno.

Da dieci anni io concludo il mio corso di foto-geologia con queste frasi:

« La fotografia aerea applicata alla geologia dovrebbe essere utilizzata dai geologi per due scopi. In primo luogo per analizzare su mosaici e montaggi



FIG. 6.



FIG. 7.

stereoscopici la regione che debbono prendere in esame sul terreno; con questo lavoro preliminare essi si formeranno subito una idea della sua struttura, potranno così stabilire gli itinerari più interessanti da seguire e non correranno l'alea di passare vicino a punti importanti senza vederli.

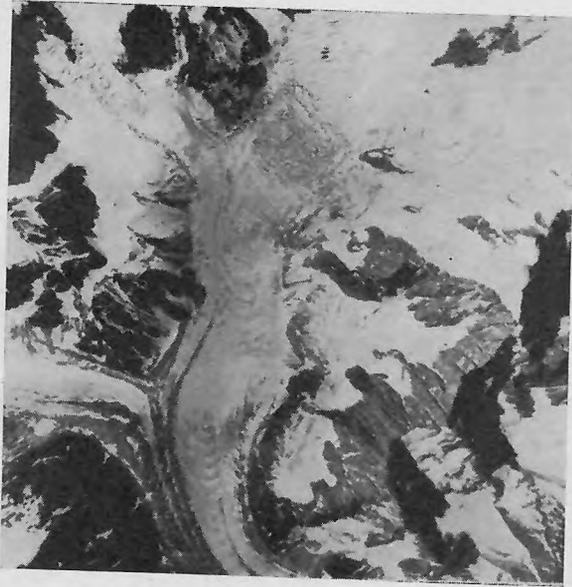


FIG. 8.



FIG. 9.

Poi, completate le perlustrazioni da terra, lo schema geologico dovrà essere tracciato non soltanto in base agli appunti ed agli abbozzi, ma anche confrontando il rilievo con la fotografia aerea.

Ma dopo tre anni, ho aggiunto ... « e in molti casi, sulle stesse fotografie aeree, prassi che attualmente è chiamata « fotogeologia ».

Un esperimento molto conclusivo è stato fatto, recentemente, dall'Istituto francese del Petrolio nell'Hoggar, in una regione situata a sud della linea Tamanrasset Djanet e comprendente una superficie che corrisponde ad un ret-



FIG. 10.

tangolo di circa 400 Km nella direzione est-ovest e di 330 Km dal nord al sud, cioè *grosso modo*, di 132.000 Km², pari ad un quarto della Francia.

I fotogeologi dell'I.F.P., parecchi dei quali sono miei antichi allievi, hanno analizzato i 6.500 fotogrammi dei quali è stata effettuata la presa ed hanno costruito la carta fotogeologica direttamente in base ad essi (carte stratigrafiche e tettoniche). Per questo scopo hanno tracciato, mediante analisi metodica delle coppie stereoscopiche, sia i limiti geologici del terreno discernibili sui fotogrammi, in funzione dell'intensità del colore e delle differenze di morfologia, sia anche la pendenza degli strati, le loro faglie e tutti i contatti anormali.

Lo studio è stato fatto in più persone, ma, riferito ad un solo fotogeologo, ha rappresentato 14 mesi di lavoro, così ripartiti: 7 mesi di interpretazione fotogeologica, 5 mesi di verificazioni sul terreno, 2 mesi di riporto sulla carta dei contorni geologici e delle accidentalità tettoniche verificate sul terreno.

È per me una gradita conferma di ciò che insegno da tanti anni nel corso

di Fotogeologia alla Facoltà di Scienze e, da 9 anni, nei voli che faccio con i miei alunni a bordo di un apparecchio da 40 posti, che gli studenti hanno chiamato «la classe volante» ed i Canadesi «l'insegnamento aerotrasportato della Sorbona».

Infine sono divenuto archeologo «per caso» avendo trovato delle opere fortificate analizzando fotografie prese per fini geologici.

Si tratta di una fortificazione che si trovava a circa 1 km da Igon a sud Pau, sulla collina, punto trigonometrico a 402 m.



FIG. II.

Ho segnalato la sua esistenza alla Società Preistorica di Francia al principio del 1958, ma non ho ancora saputo se questa fortificazione era già nota o meno.

In Limonjin, a 7 km a NE di Saint-Yrieix-la Perche ho trovato ugualmente, cinque anni fa, una costruzione gallo-romana senza dubbio, che cinge la sommità della quota 496 (ugualmente punto geodetico) nelle medesime condizioni della precedente; quest'ultima non era ancora conosciuta.

I precedenti esempi, presi nei vari campi di attività comprovano, io penso, l'interesse che il geologo deve avere non solamente per preparare il proprio lavoro sui fotogrammi prima di effettuare accertamenti sul terreno, ma anche per completarlo mediante gli stessi fotogrammi e per riportare sulla Carta i limiti dei vari terreni e delle accidentalità tettoniche.