

UTILISATION DES PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES SANS POINT AU SOL EN CARTOGRAPHIE FORESTIÈRE

R. CATINOT,
Directeur du C. T. F. T. - Gabon.

par

G. de SAINT-AUBIN,
Chef de la Section Botanique Prospection C. T. F. T. - Gabon.

SUMMARY

UTILIZATION OF AERIAL PHOTOGRAPHS IN FOREST MAPPING, WITHOUT GROUND MARKS

The author has attempted to solve a problem with which tropical forest operators are very much concerned at this time, namely the transformation without ground reconnaissance of aerial photographs into sketch maps utilizable by lumbering operators. Two solutions are offered according as two astronomical reference points, at least, exist within the zone photographed or do not exist. The cost of application has been worked out for both methods and does not seem to be prohibitive in consideration of the usefulness of the documents these methods provide.

RESUMEN

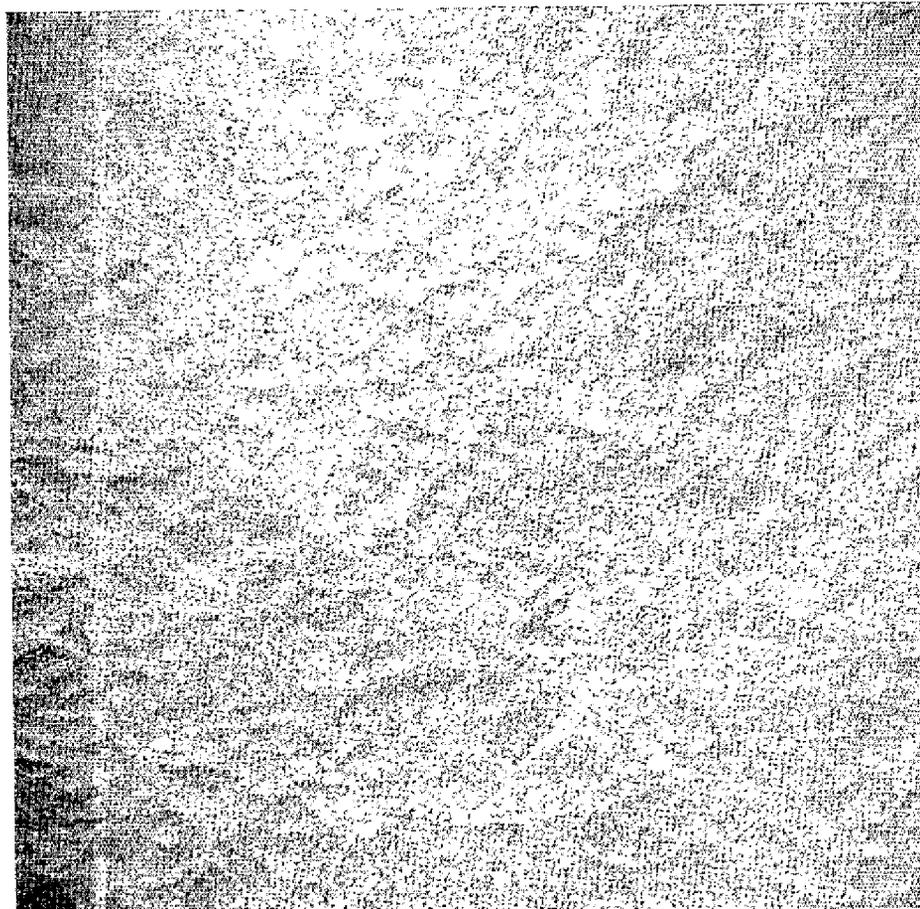
UTILIZACIÓN EN CARTOGRAFÍA FORESTAL DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS SIN PUNTO DE REFERENCIA TERRESTRE

El autor ha tratado de resolver un problema que, en la actualidad, preocupa grandemente a los explotadores de bosques tropicales: transformar fotografías aéreas sin reconocimiento del terreno en croquis cartográficos utilizables por los explotadores forestales. Dos soluciones diferentes se presentan, según que existan al menos dos puntos astronómicos localizables en la zona fotografiada o, bien, que no exista ningún punto astronómico. Se han determinado los precios de coste de estos dos métodos y los mismos no aparecen prohibitivos habida cuenta de los servicios considerables que pueden suministrar tales documentos.

*Photo aérienne de forêt dense
Sans la moindre reconnaissance au sol,
peut-on transformer cette photographie en
croquis cartographique valable ?*

Photo I. G. N.

Revue Bois et
Forêts des Tropiques, n° 69,
Janvier-Février 1960



I. — PRÉLIMINAIRE

Dans la plupart des pays tropicaux, l'exploitation forestière est dans l'obligation de s'étendre de plus en plus vers les zones de l'intérieur ; or, il n'est pas rare que ces dernières soient encore mal connues et peu ou pas cartographiées. L'exploitant se trouve alors placé devant le problème suivant : ayant obtenu l'octroi d'un permis il ne possède en général de la zone choisie que des renseignements sur sa richesse en essences commerciales mais rien de précis sur sa topographie ; s'il veut se référer aux documents cartographiques existant il ne trouve que des plans expédiés où seul figure le tracé des grandes rivières encadrant des blancs désespérants. Que faire pour connaî-

tre rapidement l'ossature topographique de son permis, marigots, thalwegs, lignes de crêtes avec une précision suffisante pour décider du tracé des voies d'évacuation et établir son plan d'exploitation ?

Nous allons étudier dans quelle mesure l'utilisation de photographies aériennes constitue la solution cherchée, à partir des recherches faites dans ce sens par le *Centre Technique Forestier Tropical-Gabon* pour l'exploitation forestière gabonaise.

Cette étude a été possible grâce au concours de l'Institut Géographique National et de différentes Sociétés de topographie que nous remercions très vivement.

II. — LES DONNÉES DU PROBLÈME

On sait que pour passer des photographies aériennes à la carte rigoureuse en courbes de niveau deux opérations essentielles sont indispensables :

1° **Le redressement** : qui consiste à transformer un cliché oblique en un cliché à axe vertical d'échelle fixée à l'avance. En effet, l'avion photographe étant soumis, malgré le talent du pilote,

même en haute altitude, à des perturbations fréquentes, les clichés ne sont jamais tous parfaitement horizontaux (ni pris rigoureusement à la même altitude) ; or la moindre inclinaison de l'axe de prise de vue par rapport à la verticale entraîne des déformations considérables de la photo obtenue, ainsi que le schématisent les croquis sommaires figurés ci-contre :

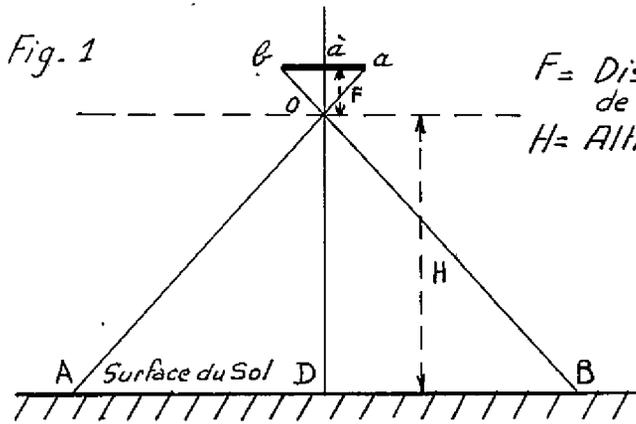


Photo à axe vertical

$F =$ Distance focale de l'objectif
 $H =$ Altitude de l'appareil

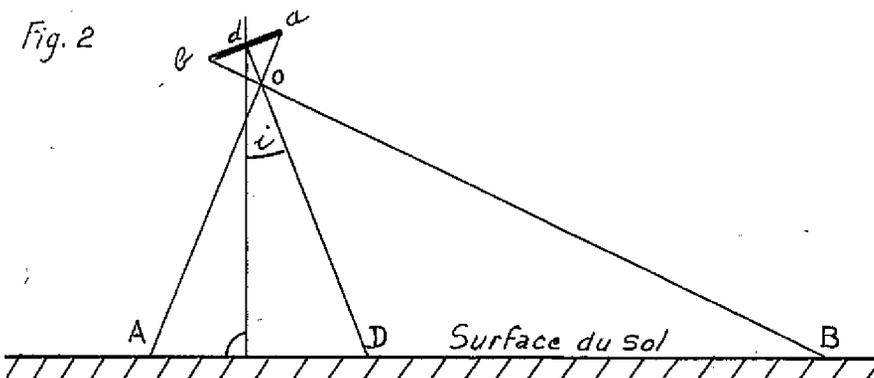


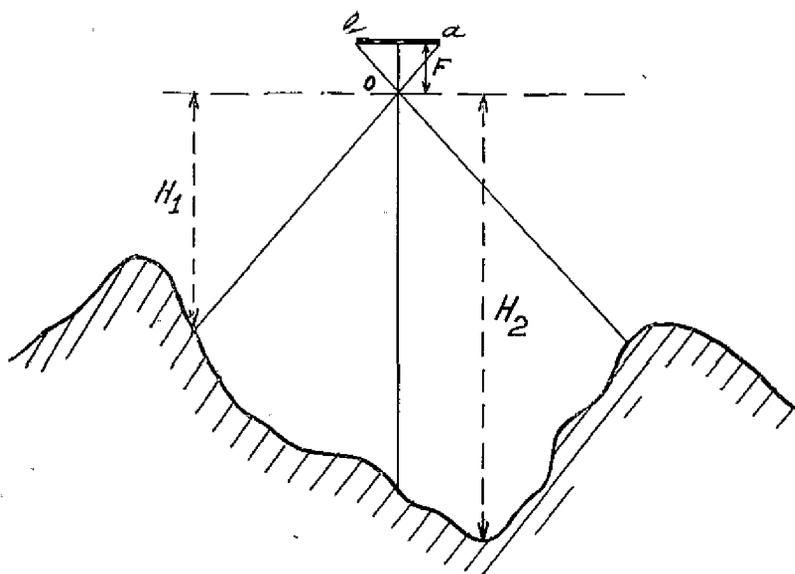
Photo à axe non vertical

On voit que, si dans la première figure $\frac{ad}{AD} = \frac{bd}{BD} = \frac{F}{H} = e =$ échelle de la photo, dans la deuxième $\frac{ad}{AD} \neq \frac{bd}{BD} \neq e$; donc la photo déforme la représentation du terrain, puisqu'elle est à l'échelle variable.

2° **La restitution** : qui consiste à restituer les formes du terrain en courbes de niveau en éliminant les déformations présentées inmanquablement par la photo. La principale de ces déformations est due

au relief du terrain, l'échelle des photographies redressées variant évidemment, même sur un seul cliché, en fonction de l'altitude des points photographiés. Le schéma ci-contre où H représente l'altitude de l'avion et F la distance focale de l'objectif, montre en effet que l'échelle de la photo qui est de $\frac{F}{H_1}$ pour la zone montagneuse passe à $\frac{F}{H_2}$ pour le fond de la vallée ($\frac{F}{H_2} < \frac{F}{H_1}$).

Or, pour effectuer ces deux opérations, il faut déterminer obligatoirement les coordonnées planimétriques et altimétriques d'un certain nombre de points au sol, c'est-à-dire réaliser des points astronomiques identifiables sur la photo et des cheminements barométriques qui sont du seul ressort de spécialistes (I. G. N. ou Géomètres privés), ou éventuellement, des visées au sol reliées par des cheminements longs et coûteux que pourrait réaliser l'exploitant forestier : mais dans les zones peu ou pas connues n'est-ce pas tourner dans un cercle vicieux que de demander à un exploitant de faire au sol des travaux topographiques pour utiliser des photos aériennes,



alors que c'est précisément pour éviter ces travaux qu'il a recours à des photographies ?

Il ne reste donc pas d'autre solution que d'essayer de tirer le maximum des photographies aériennes **sans points connus au sol.**

Tels sont les éléments du problème dont on ne peut attendre évidemment aucune solution rigoureuse, mais uniquement des solutions approchées dont il s'agit de préciser la valeur.

III. — LES SOLUTIONS PROPOSÉES

Les données précédentes ont été présentées, sous forme d'un exemple concret, aux spécialistes de l'Institut Géographique National et de Sociétés d'études topographiques qui ont bien voulu chercher les solutions appropriées. Elles peuvent être groupées en deux catégories :

1° Il existe au moins deux points astronomiques repérables dans la zone photographiée, ou cette zone s'insère dans la couverture plus généralement d'une zone équipée en points astronomiques :

C'est le cas le plus favorable qui puisse se présenter ; il est tout de même relativement fréquent car beaucoup de zones, même de forêt dense sont maintenant équipées d'un réseau plus ou moins lâche de points astronomiques (1). Dans ces conditions, on peut obtenir à partir des photographies, sans autres travaux au sol, un document cartographique d'une précision intéressante, car :

— par la méthode dite de « triangulation photographique » (Triangulation par fentes radiales au

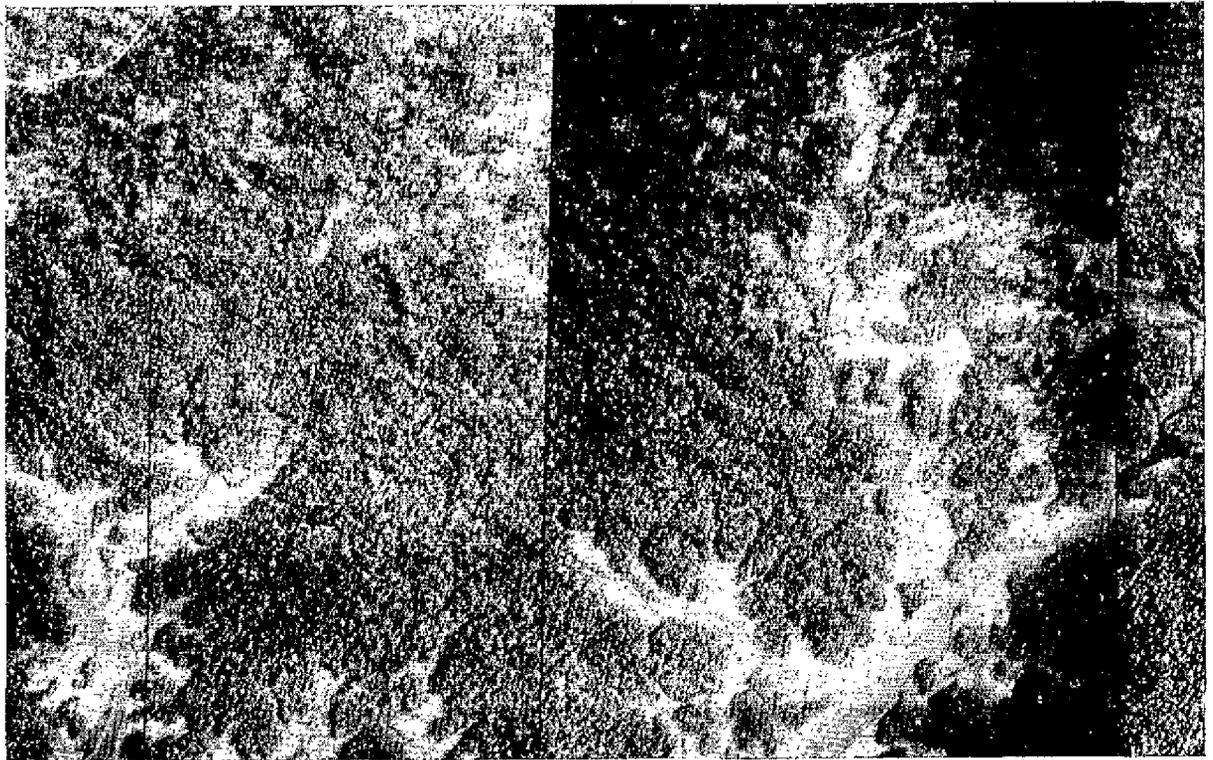
T. P. F. R.) les photographies sont assemblées en un photoplan d'échelle déterminée, sur lequel angles et distances sont approximativement conservés, en tout cas avec une précision qui permet le plein emploi des appareils topographiques simples utilisés en exploitation forestière (boussoles, chaînes, etc...).

— par l'utilisation d'appareils de restitution d'une précision moyenne (chambre claire stéréoscopique par exemple), on peut alors « filer » sur le photoplan des courbes de niveau figuratives d'équidistance fixe (20 m au 1/50.000, 10 m au 1/25.000) qui donnent un schéma très valable des formes du terrain. Le tracé sera plus correct si, au moment de la prise de vue, la verticalité de l'axe de prise de vue était assurée à moins de 2 grades près.

— enfin une interprétation détaillée sous stéréoscope permet de « fouiller » les photos et de déterminer les limites des formations végétales (mangroves, savanes etc...) et de faire apparaître le tracé des petits marigots souvent invisibles sur les photos par observations à l'œil nu.

La photo ci-après en donne un exemple (Document I.G.N.).

(1) La liste des points astronomiques réalisés au Gabon par l'IGN a été communiquée au Syndicat des Exploitants Forestiers pour fournir à ses adhérents tous renseignements utiles à ce sujet.



*Extrait d'une mosaïque photographique réalisée à partir de photographies aériennes I. G. N. au 1/25.000.
Station sylvicole de l'Ikoy-Bandja. Libreville (Gabon).*

2° Il n'existe aucun point astronomique dans la zone photographiée ou en dehors auquel on puisse la rattacher :

C'est le cas le plus défavorable, qu'a bien voulu étudier spécialement la SATET (2). En effet :

— sans points astronomiques de calage, la méthode de « triangulation photographique » est inutilisable.

— l'emploi d'un appareil de restitution ne donne aucun résultat valable.

Dans ces conditions la méthode utilisée par la SATET consiste à tracer les courbes de niveau directement, sous stéréoscope, ce qui élimine d'ailleurs en partie les erreurs de non-verticalité des prises de vue, mais, ne fournit que des courbes de niveau figuratives d'équidistance indéterminée reportées

ensuite sur l'assemblage des photos dit « mosaïque ».

Du point de vue planimétrique ce document est évidemment moins précis que le précédent car angles et distances sont moins bien conservés, l'échelle est toujours approximative et jamais exactement connue : c'est un simple croquis cartographique donnant une bonne précision locale (zone centrale de chaque photo), mais parfois d'importantes déformations d'ensemble. Par contre il fournit les mêmes renseignements sur les limites des zones inondées, des clairières naturelles, des savanes, permet de déterminer les points de mise à l'eau, les rapides des rivières, etc... et enfin les courbes de niveau, bien que d'équidistance variable donnent l'allure du relief, son ossature (lignes de crêtes, thalwegs, cols, points bas, etc...).

La photo ci-contre en donne un exemple (Document SATET).

IV. -- LEURS AVANTAGES

Les deux documents présentés offrent les avantages suivants :

(2) - Société Africaine de Topographie et de Travaux Publics à Brazzaville. B. P. 175.

1° photoplan ou mosaïque donne à un exploitant forestier une remarquable vue d'ensemble de son permis (réseau hydrographique, limites de la forêt, rapides des rivières, points de mise à l'eau, etc...).

2° le réseau des courbes de niveau donne l'allure et l'ossature du relief.

3° les éléments précédents permettent de dégrossir rapidement l'orientation générale des itinéraires routiers. A ce sujet, il ne faut pas oublier que dans la majorité des cas une route d'exploitation forestière ne peut pas être tributaire uniquement des conditions topographiques ; la nature du sol, la localisation des peuplements sont des éléments dominants. Un tracé de route forestière se reconnaît en pratique sur le terrain une fois fixées les

lignes générales du relief : aussi l'utilisation de courbes simplement figuratives ne constitue-t-elle pas à nos yeux un obstacle considérable.

Enfin, un tel document doit permettre de se guider au sol grâce aux rivières et à la forme du terrain, d'orienter sans perte de temps les équipes de prospection dans telle ou telle direction où on sera sûr de ne pas rencontrer un obstacle insurmontable (zone inondée, grosse ligne de crête, falaise, etc...). C'est là un très précieux avantage pour qui a pratiqué la forêt dense.

V. — UTILISATION PRATIQUE

On doit se demander maintenant quelles sont les limites d'emploi de tels documents et comment s'en servir :

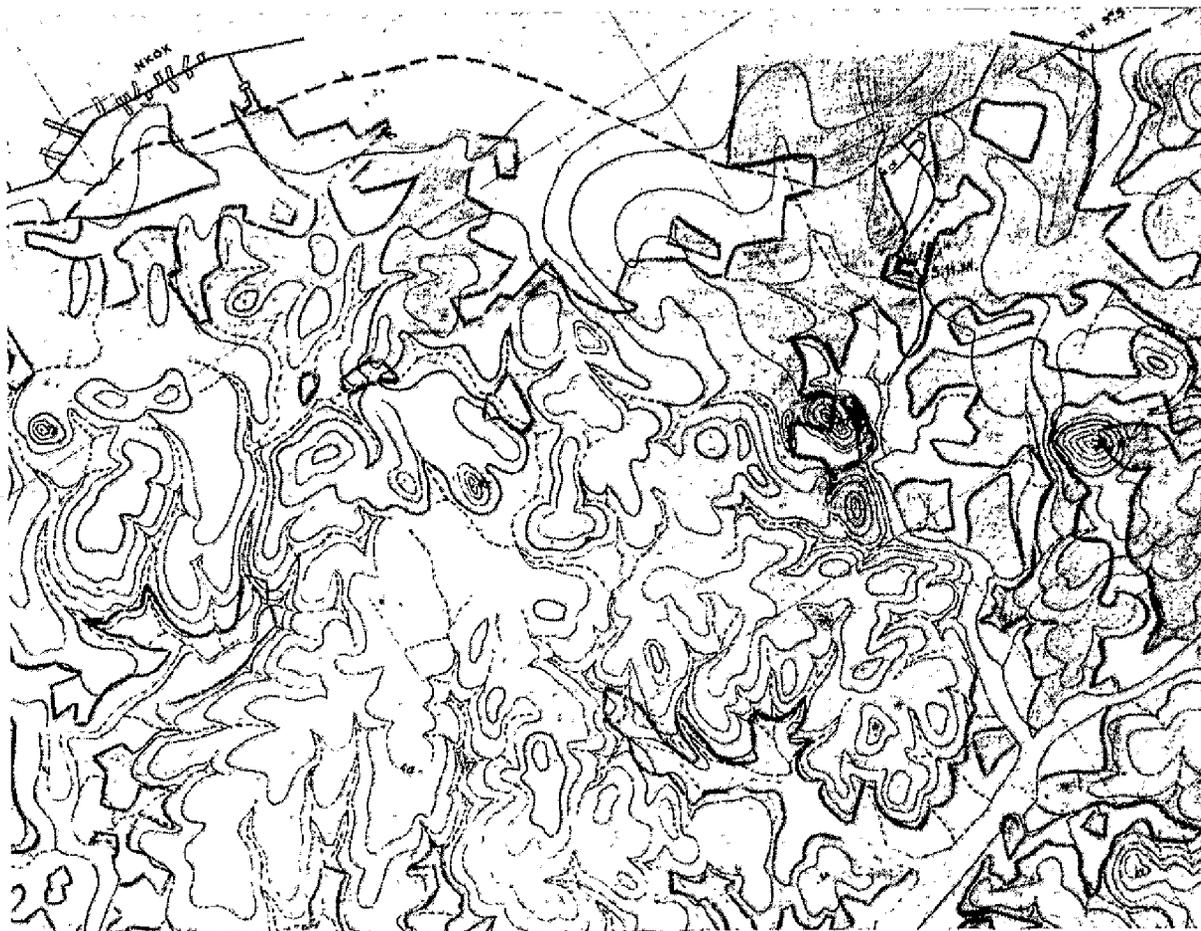
1° *les limites d'emploi :*

a) *en planimétrie :* aucun de ces documents, notamment le deuxième ne donnera les coordonnées rigoureuses d'un point quelconque du chantier et ne permettra d'asseoir une délimitation de permis :

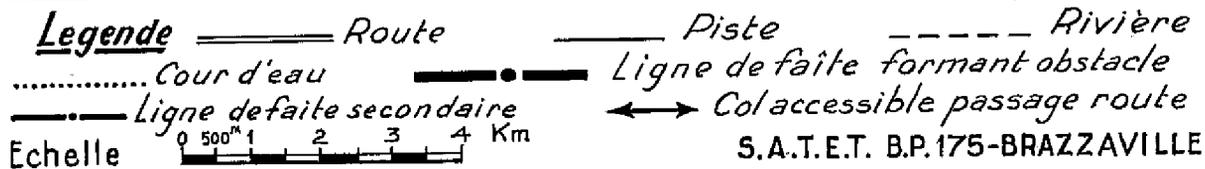
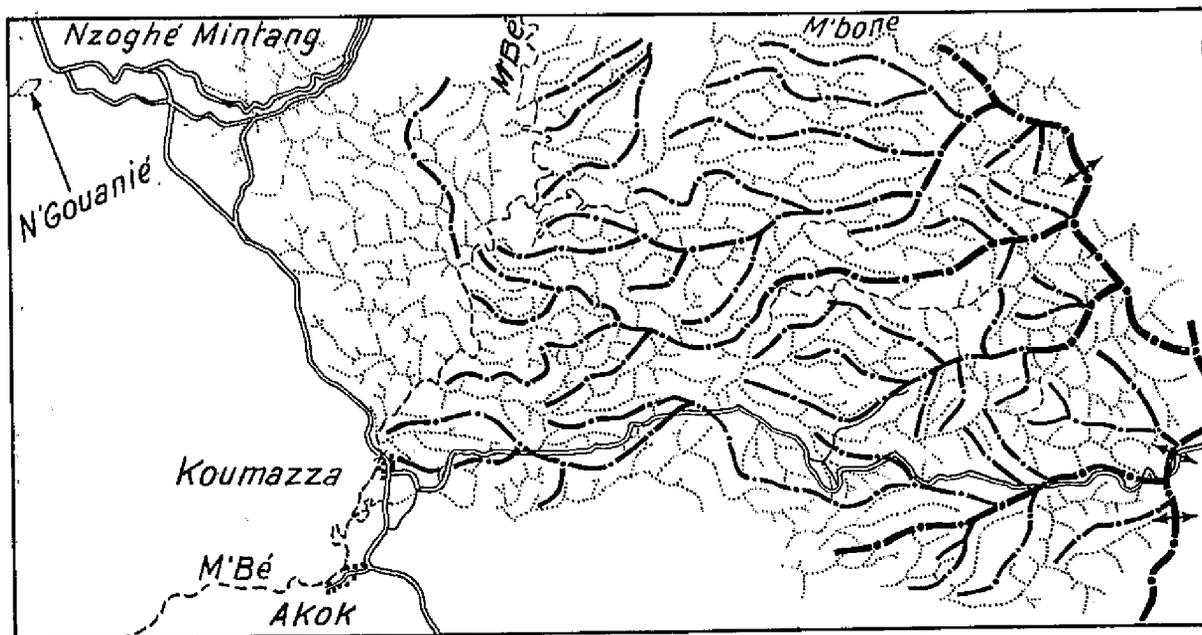
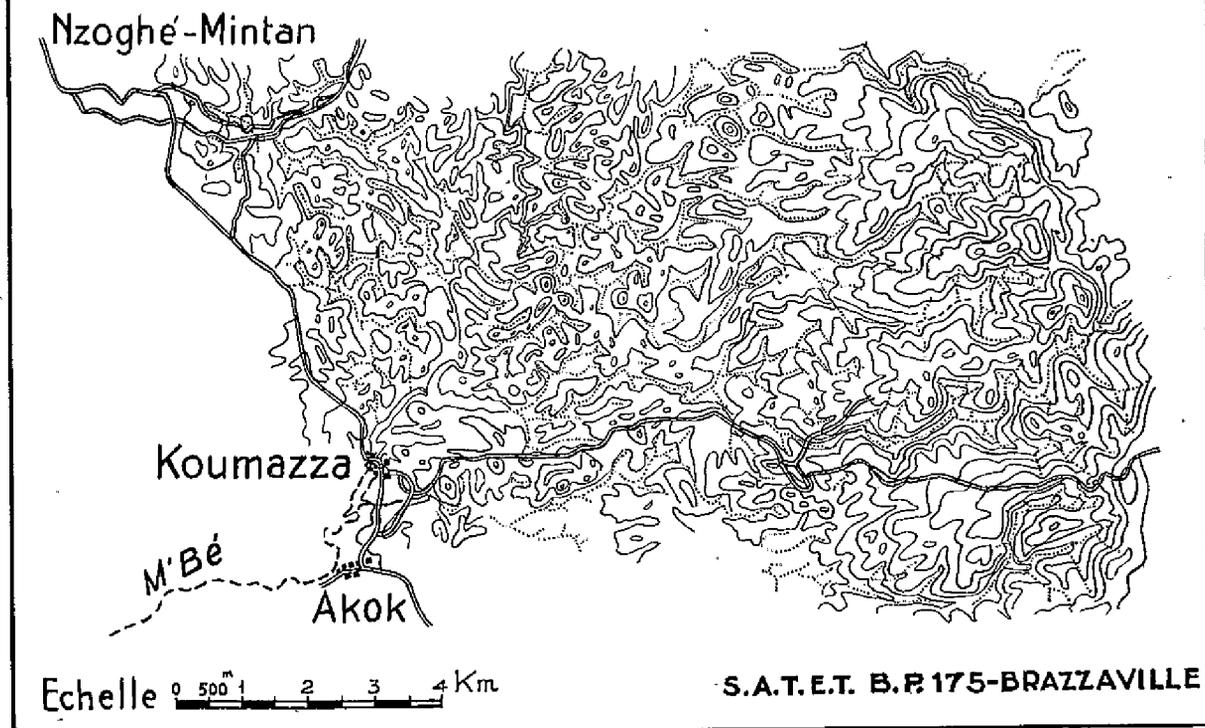
de toutes façons les limites devant être matérialisées par des layons cet inconvénient n'en est pas un ; par contre le premier document doit donner en général les coordonnées d'un point quelconque avec une précision de l'ordre de 100 mètres, c'est-à-dire largement suffisante en exploitation forestière. Enfin dans les zones plates de couverture végétale intense le tracé des petits marigots peut être entaché d'erreurs.

*Croquis cartographique réalisé par l'I. G. N. à partir des photographies aériennes ci-contre.
(Echelle = 1/25.000. — Equidistance des courbes de niveau = 10 m.)*

Station sylvoicole de l'Ikoy-Bandja. Libreville (Gabon).



ÉTUDE STÉRÉOSCOPIQUE & TOPOGRAPHIQUE D'UNE RÉGION FORESTIÈRE SITUÉE AU GABON



b) *en nivellement* : il est classique de dire qu'en forêt dense les courbes de niveau obtenues à partir des photos aériennes représentent un lieu géométrique de la cime des arbres et non du relief au sol. Les documents ci-dessus n'échappent pas à cette critique, mais l'inconvénient entraîné n'est pas considérable.

Les courbes à équidistance fixe donnent évidemment une vision plus nette du relief, de la valeur des dénivellées entre les sommets et les rivières (important pour le débardage), mais ne semblent pas présenter une très grosse supériorité quant au tracé des routes puisque, comme nous l'avons vu plus haut, il doit être déterminé sur le terrain lui-même.

2° comment se servir :

a) *du premier document* : on l'utilise comme une carte ordinaire soit en identifiant les points à vue, soit en utilisant des appareils de topographie pour levés expédiés (boussoles etc...) et en se souvenant toutefois que la précision du document est seulement moyenne.

b) *du deuxième document* : on a beaucoup plus de difficultés qu'avec une carte à situer sa position exacte sur le terrain, puisque ni distances, ni angles, ni courbes n'étant rigoureusement conformes à la réalité on ne peut utiliser valablement des appareils de topographie pour se rattacher à des points facilement identifiables ; en dehors de ces derniers points on ne sait jamais très exactement où l'on se trouve ; pour les mêmes raisons il est pratiquement impossible de suivre un cheminement tracé *à priori* sur le croquis en ne se servant que des appareils. On ne peut le suivre qu'en identifiant à vue les points remarquables situés à proximité du cheminement.

Pour se servir d'un tel croquis, il faut donc impérativement partir d'un point remarquable (sommets, tête de marigot, confluent, etc...), et avancer en identifiant de proche en proche et notamment en suivant les lignes de crête. C'est la raison pour laquelle, dans une dernière étude, nous avons demandé à la S. A. T. E. T. qui s'était chargée de l'étude en courbes de niveau, d'effectuer

le même travail en ne mentionnant sur le croquis que le réseau hydrographique et les lignes de crête. Elle a d'ailleurs perfectionné ce travail en mentionnant les lignes de crête formant obstacle au passage d'une route, les lignes de crête « secondaires », et enfin, les cols, toutes choses qui ressortent sous le stéréoscope pour un observateur ayant une bonne pratique de la forêt dense.

L'expérience nous a montré que dans bien des cas ce document était suffisant et même d'un maniement plus commode que l'étude en courbes de niveau. Nous pensons même qu'il lui est supérieur dans les régions au relief tourmenté mais présentant des dénivellées de faible amplitude (relief en « peau d'orange ») où le réseau des courbes de niveau est tellement complexe et serré que son interprétation (pour des courbes non cotées) est longue et difficile. Nous pensons également que dans bien des cas un exploitant forestier se déclarera satisfait s'il possède seulement le réseau hydrographique et les lignes de crête qui constituent pour lui les deux principaux obstacles à vaincre pour « glisser » ses routes. Car, après tout, que demande-t-il ?

— Une vue d'ensemble de son permis, aussi fouillée que possible : la mosaïque topographique la lui donnera.

— la position même approximative des marigots et des lignes de crête, des falaises et des pics pour arriver à glisser ses routes entre tous ces obstacles avec le minimum de ponts et sur des pentes acceptables : comme il sera obligé de toute façon de les faire reconnaître sur le terrain, il lui suffit au départ de posséder un simple croquis cartographique où ils seront mentionnés avec une précision relative ; le croquis en lignes de crête qui donne seulement l'ossature du relief nous semble en général suffisant et très parlant.

Toutefois, lorsque l'enchevêtrement du relief n'est pas excessif, ou lorsque l'utilisateur est habitué au maniement des courbes de niveau, cette dernière formule donne une interprétation plus précise, plus fouillée du relief : on peut d'ailleurs transformer sans grosses erreurs un croquis en courbes de niveau en un croquis en lignes de crêtes.

VI. — CÔÛT DES TRAVAUX

Ce facteur est évidemment déterminant. Il comprend :

A) la fourniture des photographies : deux cas sont à envisager :

1° l'utilisateur désire des photos au 1/50.000 : comme cette échelle est celle de la couverture générale I. G. N., on peut se procurer partout les photos correspondantes pour un prix extrêmement faible,

environ 100 fr C. F. A. l'unité (port aérien compris) ; comme la surface utile d'une photo au 1/50.000 est d'environ 2.600 ha, on admettra que le prix à l'hectare est négligeable. Si la région à étudier n'a pas été photographiée, il faut demander une mission spéciale dont le prix est fixé par l'I. G. N. ou les Sociétés spécialisées.

2° l'utilisateur désire une échelle plus grande : il faut passer une convention spéciale avec l'I. G. N.

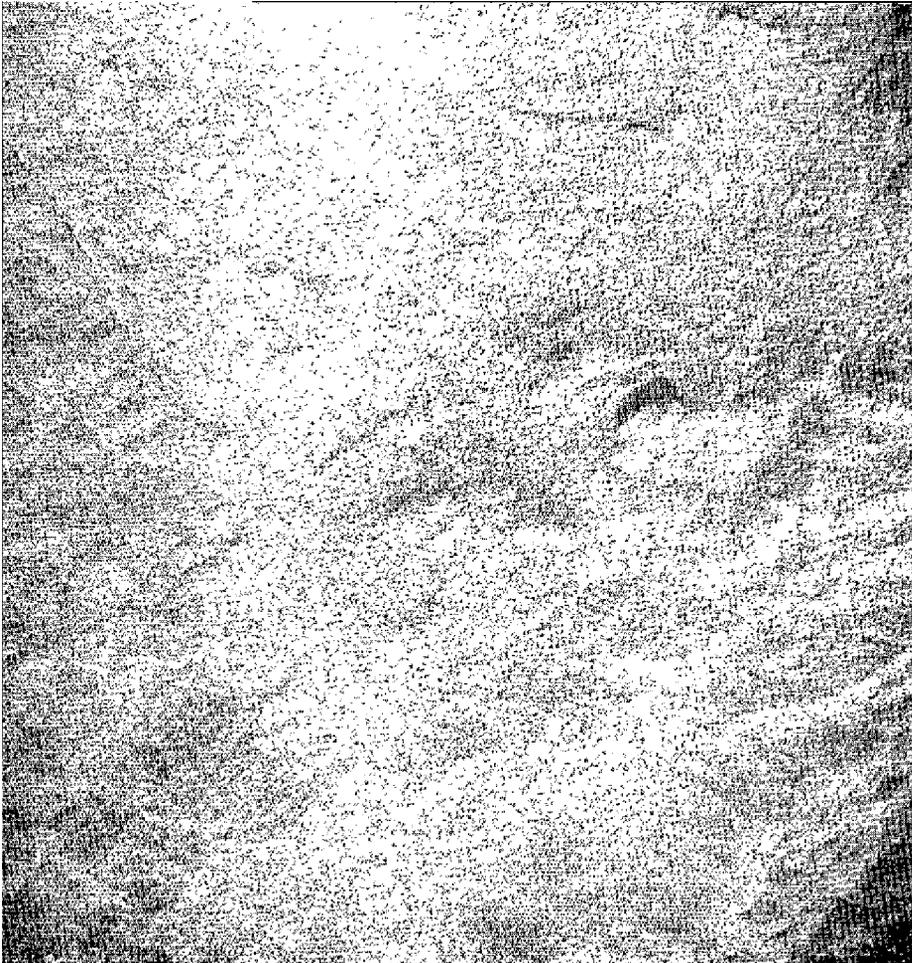


Photo I. G. N. pour mosaïque photographique.

ou une Société privée. Les prix sont fonction de la surface à photographier, et de l'éloignement

échelle 1/25.000^e..... 9 fr C. F. A./ha,
 échelle 1/50.000^e..... 4,50 fr C. F. A./ha

VII. -- CONCLUSION

Pour conclure, nous allons résumer dans le tableau ci-dessous les différentes solutions qu'offrent à l'Exploitation forestière l'utilisation des photos aériennes et leur interprétation cartographique sans points au sol, ainsi que les prix de revient correspondant à l'hectare en francs C. F. A. :

Opérations	1/50.000		1/25.000	
	Mosaïque et lignes de crêtes	Mosaïque et courbes de niveau	Mosaïque et lignes de crêtes	Mosaïque et courbes de niveau
Fourniture des photos	0	0	15	15
Cartographie ..	4,5	9	6	12
Prix total	4,5	9	21	27

On voit que, quelle que soit la solution adoptée le prix de revient global n'est pas prohibitif eu égard aux services considérables que peuvent rendre les documents fournis.

Nous nous permettons toutefois d'insister sur le fait suivant : une exploitation forestière ne peut pas se servir utilement de documents d'échelle inférieure au 1/25.000, c'est-à-dire qu'il faut au

(4) *Bois et Forêts des Tropiques* 1958, n° 61, page 33 (LE RAY).

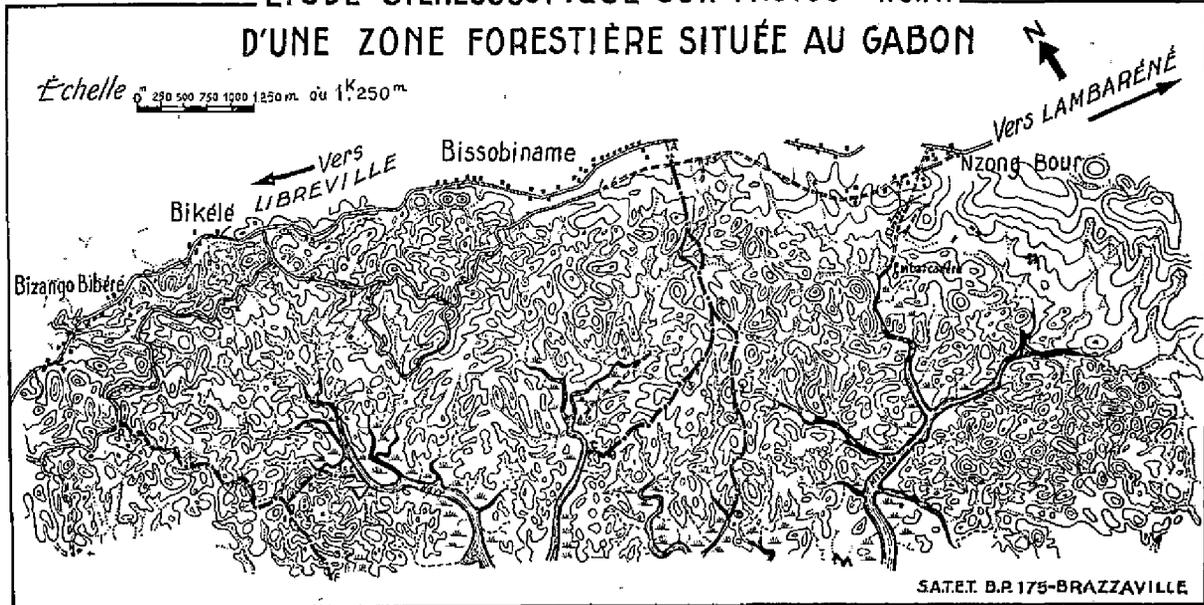
(5) Nous n'avons pas encore de chiffres très précis concernant les travaux que peut effectuer l'I. G. N. ; il faudrait consulter ses Services pour chaque cas particulier ; cependant ils seraient au plus égaux à ceux de la SATET.

moins faire agrandir au double une mosaïque au 1/50.000 avec courbes de niveau et lignes de crête.

Mais il nous semble grandement préférable, malgré l'augmentation sensible du prix, de faire éta-

blir un travail original au 1/25.000 et de le faire agrandir au 1/10.000, ce qui constitue un instrument de chantier bien adapté aux besoins de l'exploitation forestière en pays tropical.

ÉTUDE STÉRÉOSCOPIQUE SUR PHOTOS I.G.N. D'UNE ZONE FORESTIÈRE SITUÉE AU GABON



Legende Route Rivière Cours d'eau
 Ligne de faite formant obstacle Marécage Village

