

EMPLOI DE PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES AU 1/40.000^e POUR L'INTERPRÉTATION DE LA VÉGÉTATION ET LES INVENTAIRES FORESTIERS AU CAMBODGE ET AU VIETNAM

par B. ROLLET,
Expert F. A. O.

SUMMARY

UTILIZATION OF AERIAL PHOTOGRAPHS, SCALE 1 : 40000, FOR THE INTERPRETATION OF VEGETATION AND FOREST INVENTORIES IN CAMBODIA AND VIETNAM

The author describes his conclusions as regards :

- *interpretation of soil utilization,*
- *interpretation and inventory of existing vegetation,*

The author feels that the interpretation of aerial photographs to a scale of : 40.000 is subject to a fair number of limitations, This interpretation is extremely useful for the estimation of the area of identifiable forest types. On the other hand, the application of aerial tables to estimate the volumes of standing timber from the photographs seems liable to give rise to objections.

RESUMEN

EMPLEO DE FOTOGRAFÍAS ARÉAS, CON ESCALA DE 1/40.000 PARA LA INTERPRETACIÓN DE LA VEGETACION Y DE LOS INVENTARIOS FORESTALES EN CAMBODGE Y EN VIETNAM

El autor hace constar sus conclusiones por lo que respecta a :

- *la interpretación de la utilización de las tierras,*
- *la interpretación de la vegetación actual,*
- *los inventarios forestales.*

El autor estima que la interpretación de las fotografías aéreas, tomadas con una escala de 1/40.000 presenta limitaciones bastante numerosas, aun cuando reconoce que presta inmensos servicios para la estimación de las superficies de los tipos de bosques identificables. Contrariamente, la utilización de las fotografías aéreas para prever los volúmenes en pie según las fotografías parece presentar cierto número de objeciones.

L'étude de la couverture aérienne française au 1/40.000 du Cambodge et du Sud-Vietnam (IGN 1953 panchro + filtre jaune) a permis d'arriver aux conclusions suivantes en ce qui concerne.

- 1° l'interprétation de l'utilisation des terres.
- 2° l'interprétation et l'inventaire de la végétation actuelle.

I. — UTILISATION DES TERRES

On reconnaît parfaitement sur les photos.

1. **les types d'habitat** : dispersé, diffus, groupé, habitat de berges.
2. **les types de rizières** : (zones inondables).
 - ouvertes (sans arbres. Ex. région de Bat-tambang).
 - ouvertes à *Borassus* (W et N. W de Kom-pong-Cham W et N W de Phnom-Penh).

Ce palmier est typique du Cambodge dans le Sud de l'Indochine. Il est absent du Vietnam et il s'arrête pratiquement à la frontière politique Vietnam-Cambodge.

- rizière bocagère avec arbres ou boqueteaux dispersés appartenant aux différentes grandes formations (Dans les zones d'implantation récente. Ex. N. de Svay-Rieng).

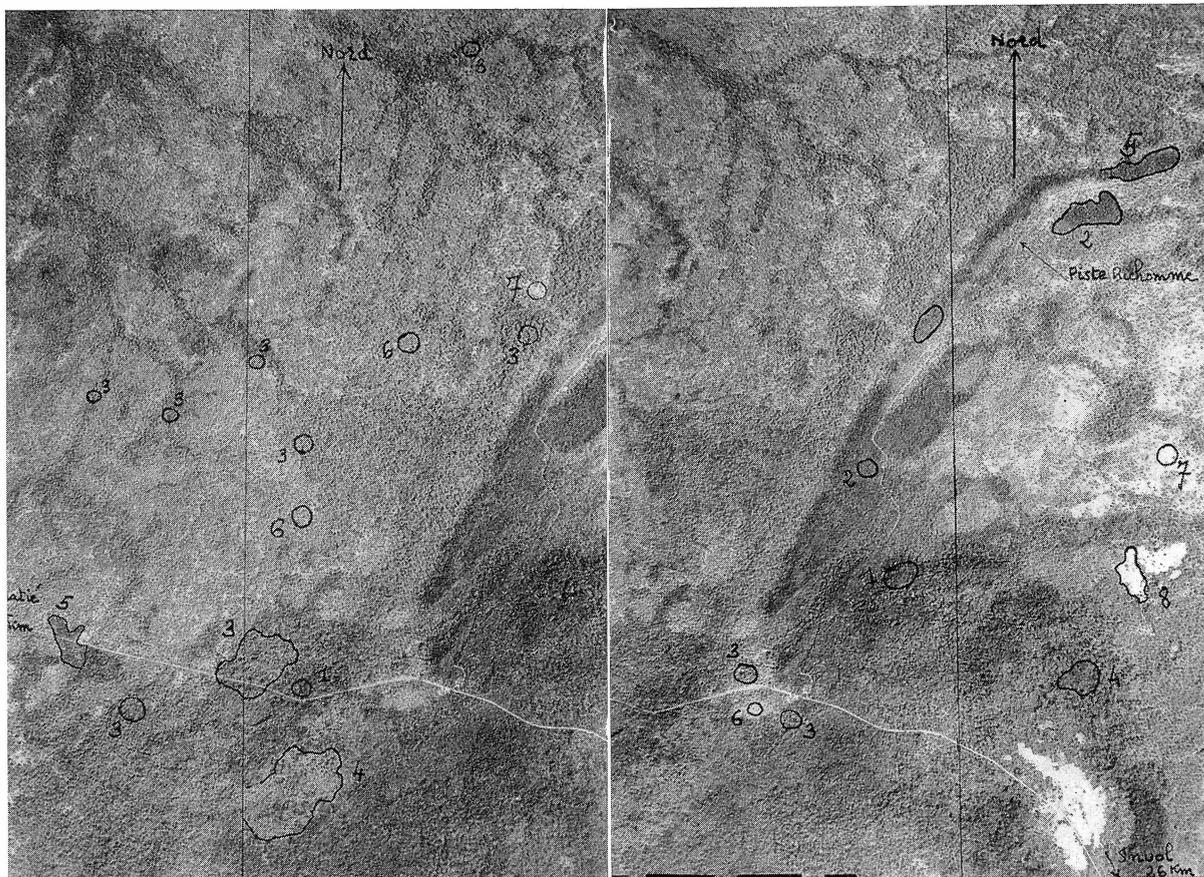


Photo Institut Géographique National.

IGN 072 256-257 1/45.000. Altitude 100 à 130 m.

Pleine saison sèche. Route de Snuol à Kratié. Cambodge.

1. Forêt dense à *Diptérocarpacées*. 2. Forêt secondaire pauvre. 3. Forêt à *Lagerstroemia* et légumineuses (en massif ou en galerie). 4. *Lagerstroemia* pur ou presque pur. 5. Forêt intermédiaire (= 3 sans *lagerstroemia* ni bambou). 6. Forêt claire mélangée. 7. Forêt claire à *Diplérocarpus intricatus*. 8. Rizières.

— Un gros arbre dont le houppier semble sur la route près du signe 1 est *Diptérocarpus alatus* : haut. tot. 43 m. Circonf. 1 m 50 : 4 m. 10 non identifiable isolément.

— Ce couple de photos est un exemple du mélange des types de forêts dans l'Est Mékong. Certains types peuvent se confondre : exemple 2 et 5.

— rizières bocagères avec diguettes à *Combretum quadrangulare* au Sud de Phnom-Penh.

3. **Les cultures sèches.** — (zones non inondables) de colonisation récente ou ancienne : croupes, flancs de collines coulées basaltiques sur chamcar (nom cambodgien pour la culture itinérante) ou rays (nom Vietnamien).

4. **Les cultures de berge.** — Tabac, maïs, plantations de coton, de Kapok.

5. **Les cultures irriguées et maraîchères.** — Au voisinage des villes ; très faibles surfaces au Cambodge, plus importantes, au Vietnam au voisinage des villes.

6. **Les cultures arbustives et les plantations.** — Vergers d'aréquiers, decitrus, Cocoteraies (peu nombreuses au Cambodge ; Bananeraies, Hévées (environ 30.000 ha au Cambodge, 60.000 au Vietnam).

Pour les Hévées, les rythmes de défoliation, les conditions de croissance, les différences de clones, les carences dans le sol, les conditions d'humidité se matérialisent bien sur les photos.

Tout essai de classification des terres par généralisation du 1/40.000 aux échelles moyennes ou petites, (1/250.000 à 1/1.000.000) sur les fonds de cartes actuellement disponibles est susceptible des mêmes critiques que celles qui seront exposées ci-dessous au sujet de l'interprétation de la végétation.

Une cartographie de l'utilisation actuelle des terres avec estimation des surfaces est facile. Une estimation des possibilités à l'échelle du pays et dans le cadre d'une planification nécessite une connaissance approfondie des sols et la poursuite d'expériences agronomiques, actuellement en plein développement au Vietnam, mais limitées faute de moyens au Cambodge.

D'une manière générale on appréciera facilement la pression démographique et la *famine* de terres très variable d'une région à l'autre. La Thaïlande défriche ses forêts claires sur le plateau de Korat tandis que d'immenses surfaces au Cambodge restent non cultivées parce que la population est moindre.

II. — INTERPRÉTATION ET INVENTAIRE DE LA VÉGÉTATION NATURELLE ACTUELLE

La végétation naturelle est essentiellement forestière, sauf dans les zones deltaïques et autour des Lacs. Il n'y a pas mélange intime des cultures et des forêts. Si l'on stratifie convenablement, on a des régions presque entièrement en cultures, ou presque entièrement sous forêts. La région du Cambodge à l'Est du Mékong, qui comprend des zones importantes de rizières dans sa partie méridionale, cependant forestière à 79 %.

On distingue facilement au 1/40.000.

- Des grandes formations forestières.
- Certains types de forêts.
- Certaines essences individuelles.

Tout d'abord on peut poser certaines règles.

1. Une essence pure ou presque pure à toutes les chances d'être reconnue.

2. Des mélanges simples et constants de 3 à 5 espèces se reconnaissent bien sans qu'on puisse toutefois distinguer les essences individuellement.

3. Les mélanges complexes, comportant un très grand nombre d'essences apparaissant sans ordre ne peuvent être nommés qu'en tant que formations.

4. Dans des conditions tropicales à saison sèche accusée, l'interprétation donne les meilleurs résultats à partir de photos prises en fin de saison sèche. Sur des photos prises en saison des pluies, on commet souvent des erreurs.

5. La topographie aide considérablement l'interprétation surtout quand les variations sont brusques ou qu'il y a répétition. On distinguera ainsi les formations de crêtes, de bas-fond, de lits de rivière ou de galeries, des catenas dans les zones à coulées basaltiques. L'exposition a souvent une influence marquée. Les accidents tectoniques (failles, anticlinaux pénéplanés, volcans et nappes) sont soulignés par la végétation.

6. Les zones peu remaniées par l'homme sont relativement faciles à cartographier. Les zones très remaniées sont difficiles à délimiter avec objectivité, elles se présentent souvent comme des « bouillies » de formations impossibles à cartographier sans conventions strictes de généralisation. (Rizières bocagères récentes, écotones, mosaïques, « zones marbrées »).

7. Il faut constamment se contrôler au 1/40.000. La cartographie à grande échelle est déjà difficile.

La différence est frappante entre le paysage aérien du delta du Mékong où peu de terres non cultivées subsistent et se présentent en quadrillage régulier, et le paysage aérien de la région des Lacs et du Sud Cambodgien où les rizières sont en bien des endroits discontinues, de forme arrondie, ce qui correspond aux méthodes ancestrales de labour.

La généralisation pour les petites échelles est délicate pour le choix des critères, et sujette à critiques. L'extrapolation est dangereuse en pays inconnu. On omet très facilement les variations floristiques. Une forêt dense sans modification de structure ni de floristique peut recouvrir indistinctement des formations pétrographiques très variables. Les différentes conditions d'accroissement échappent presque totalement à l'interprétation.

8. Il y aurait intérêt à commencer l'interprétation de la végétation après une bonne connaissance de la répartition des formations pétrographiques et pédologiques et de leur relation avec les types de forêts. Cette condition est rarement remplie.

9. Le grand intérêt des photos est de permettre une appréciation correcte des surfaces des différents types ou formations, ce qu'autrefois on ne pouvait pratiquement pas faire, sauf par des inventaires détaillés (système britannique du stock-mapping pratiqué aux Indes et en Birmanie. Inventaires commerciaux complets en Indochine par Système Allouard).

10. Les photos sont intéressantes également pour apprécier les phénomènes de progression-régression (taches de forêt dense en forêt claire, embryons de forêt claire en forêt dense, galeries) et peuvent peut-être apporter des arguments pour une théorie du dynamisme des forêts.

Les traces de feux récents, l'ouverture de nouveaux rays et l'évidence de rays récents permettent d'apprécier l'importance du facteur humain dans l'évolution régressive si on dispose comme c'est le cas en Indochine de 2 couvertures au 1/40.000 prises à quelques années d'intervalles (1953 et 1959).

11. Compte tenu de toutes ces remarques on pourra stratifier la végétation d'après.

- (1) la tropophilie
- (2) la structure
- (3) la dominance de certaines essences
- (4) la densité en espèces commerciales.

(1) (2) et (3) permettront de produire une carte générale des grandes formations (au 1/500.000 ou au 1/1000.000).

Si on veut faire des inventaires forestiers, tous les facteurs ci-dessus (1) + (2) + (3) + (4) permettront une stratification adéquate. On pourra ajouter des

considérations de géomorphologie, de pédologie de climatologie et de floristique et produire une carte plus précise à l'échelle du 1/50.000 au 1/250.000. L'utilisation des facteurs (1) (2) et (3) permet d'arriver à la classification suivante.

a) Végétation non forestière.

— Cultures (voir utilisation des terres ci-dessus).

— Prairies de plaine plus ou moins marécageuses : zone entre Mékong et Bassac et autour des Lacs, plaine de la Lagna (Sud-Vietnam) « Veal » et zones à Trapeang (étangs) au Cambodge.

— Prairies d'altitude : région de Fyan (Sud-Vietnam) plateau de cagne prairies d'herbes hautes sur pentes après rays.

— Taches stériles : zones des 3 frontières. Région de Dalat et de Pleiku.

— Végétation des dunes.

— Zones dégradées par activité minière (exemple : localisées aux alentours des mines d'étain au Laos mais ayant pris une extension importante dans la Thaïlande péninsulaire et en Malaisie).

— Vides dans les forêts denses très dégradées sur sables.

b) Végétation forestière.

N. B. — Des petites surfaces d'un type inclus dans un autre peuvent parfaitement passer inaperçues. Les règles qu'on adoptera pour généraliser dépendront en outre de l'échelle de la carte produite

| Formations | Formations dégradées correspondantes | Types de Forêts | Essences individuelles |
|--|--|--|--|
| Forêts inondées (eau douce) de l'intérieur. Mangrove. Peuplement à Casuarina (très limité) rideau en bord de mer. Arrière-Mangrove. Pinares. | Fourrés inondés Fourrés à <i>Melaleuca</i> | Probablement 3 types distinguables sur le 1/40.000. | <i>Phœnix</i> . <i>Nipa</i> . <i>Avicennia</i> . <i>Rhizophora</i> . <i>Casuarina</i> . <i>Melaleuca pur</i> . <i>Pinus merkusii</i> . <i>Pinus khasya</i> . indiscernables si mélangés ou clair-plantés en forêt dense. Les autres conifères non grégaires ne se distinguent pas ou très mal (<i>Keleleeri</i> et <i>Podocarpus</i> spp.) |
| Forêts claires. | Forêts claires mélangées. | — forêt claire mélangée — forêt claire à <i>Dipterocarpus obtusifolius</i> . — forêt claire à <i>Dipterocarpus intricatus</i> | <i>Dipterocarpus obtusifolius</i> . <i>Dipterocarpus intricatus</i> . |
| Forêts mixtes. | Forêts mixtes dégradées. | Sous-bois sempervirent ou caducifolié avec ou sans bambou (possible à distinguer). | <i>Lagerstroemia</i> groupés. |
| Forêts denses de plaine. A densités variables : riche riche déjà exploitées naturellement pauvres. | Savanes (sur sols basaltiques). Savanes à <i>Corypha</i> . Prairies d'altitude. Taches stériles (sur sols basaltiques). Bambusaies sur terres rouges et terres grises. Forêts denses dégradées en boqueteaux. | Forêt sempervirente à Diptérocarpacées. Forêt semi-caducifoliée à Diptérocarpacées + essences à feuilles caduques (<i>Lagerstroemia</i>). Forêt semi-caducifoliée à <i>Lagerstroemia</i> . Forêts denses marécageuses à Palmiers. | Diptérocarpacées : <i>Dipterocarpus</i> spp. <i>Anisoptera</i> spp. <i>Shorea</i> spp. <i>Lagerstroemia</i> si en taches. <i>Livistona cochinchinensis</i> . <i>Licuala</i> sp. <i>Oncosperma</i> sp. <i>Areca</i> sp. |
| Forêts denses d'altitude 600 m. | Forêts secondaires d'âges variés, forêt dense dégradée à <i>Parinari-Irvingia</i> . | Forêts des sommets avec ou sans <i>Dacrydium</i> -Fagacées et <i>Rhododendron</i> . | |
| Forêts basses de crêtes (sommets peu élevés). | | | |

Les formations et types qu'on peut distinguer au 1/40.000 sont indiqués dans le tableau de la page 19.

Les types régressifs qui dérivent des formations fondamentales (Ex. forêt sur terre rouge — savane tache stérile) seront figurés sur la carte de telle manière que cette filiation soit bien mise en évidence.

Outre les stades régressifs d'une même formation, on pourra figurer dans un but économique la den-

sité, (surface terrière; volume sur pied etc...) ou la richesse relative de cette formation (pauvre-riche, ou pauvre-moyen-riche).

En suivant cette terminologie il a été cartographié sur un fond au 1/400.000 la totalité du Sud Vietnam (environ 170.000 km²) et la partie du Cambodge à l'Est du Mékong (65.000 km²). Ces cartes sont à réduire au 1/1.000.000, ce qui a déjà été fait pour le Sud Vietnam.

LIMITES DE L'INTERPRÉTATION PHOTOGRAPHIQUE QUALITATIVE AU 1/40.000

La reconnaissance des essences individuelles au 1/40.000 est plutôt décevante pour de multiples raisons, la *structure des houppiers* étant à peine perceptible.

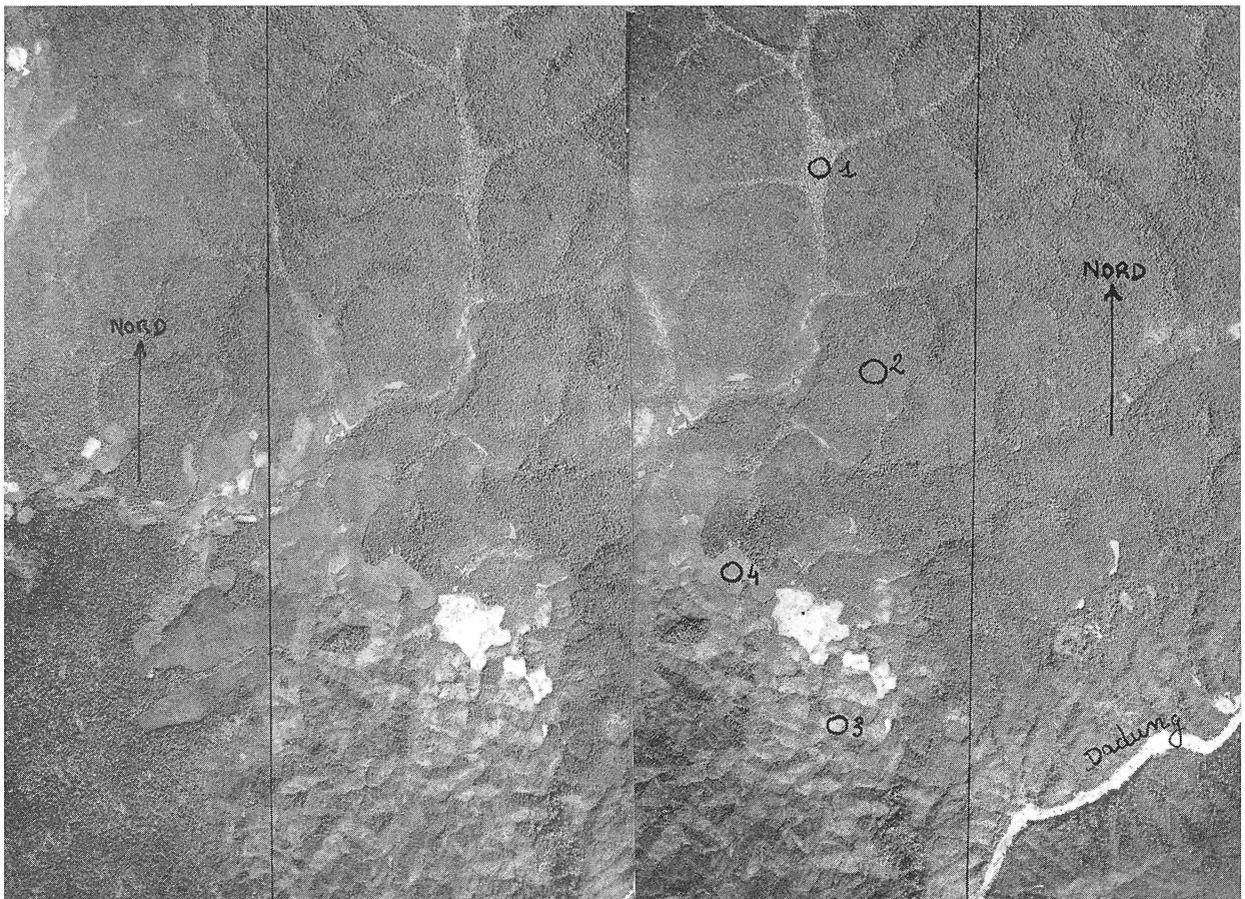
Les *floraisons et foliaisons* sont à manier avec une extrême prudence. Les floraisons remarquables sont le fait d'un petit nombre d'essences. Heureusement, dans les étages dominants les grandes Diptérocarpacées sont abondantes et leur floraison

bien visible, (blanches pour les *Dipterocarpus*, jaune pour les *Shorea* de novembre à février) à l'époque où la photographie est possible. Les houppiers viennent en blanc sur la photo et on peut avec beaucoup d'efficacité statistique distinguer dans les forêts denses de plaine une strate « forêt basse » ou pauvre et une strate « forêt haute » ou riche, les 2 contenant une majorité de Diptérocarpacées mais floristiquement différentes et très

— IGN 075 998-999 1/40.000. Altitude 500 à 600 m. Sud Vietnam NW d'une boucle de la Dadung (Haut Donai) 40 km N-NW de Blao.

1 : Bas-fond à palmiers purs (*Livistona cochinchinensis*) marécageux ; 2 : Forêt dense de moyenne altitude ; 3 : Forêt secondaire ; 4 : Abandon récent de culture itinérante (nom cambodgien : Chamcar) ; (nom vietnamien : ray).

Photo Institut Géographique National.



distinctes par leur stature. On ne peut distinguer les différentes Diptérocarpacées.

Les *Lagerstroemia* se distinguent bien. Généralement grégaires, très abondants et tropophiles, ils caractérisent une gamme étendue de formations par leur abondance relative. Leurs floraisons blanches, mauves ou violettes sont très remarquables vues d'avion, moins sur les photos, mais la disposition serrée en table de leurs rameaux fins les révèle presque infailliblement quand ils sont relativement abondants, même sur une photo de saison des pluies.

En dehors de ces grandes essences, on utilisera les floraisons des arbres de 2^e grandeur (< 30 m de haut) avec une extrême prudence. En effet les floraisons se succèdent assez vite dans une région donnée ; les arbres d'une même espèce ne fleurissent pas d'une manière explosive, mais pied par pied, isolément. Certaines floraisons sont très brèves, quelques jours (Ex. *Shorea talura*). On pourra avoir successivement en fleurs les 3 espèces de même grandeur, *Shorea talura*, *Pentacme siamensis* *Shorea obtusa*, avec des différences d'année en année et de région à région. La région de Kiriroom pourra par exemple être en avance sur l'Est du Mékong.

Dans ces conditions, même en ayant la date de prise de vue, il sera difficile de tirer des conclusions sur les espèces.

Les conifères en mélange avec les feuillus ne sont pas visibles en panchro s'ils sont disséminés. C'est le cas en forêt dense de *Pinus merkusii*, *Dacrydium pierrei*, *Keteleeria davidiana*, *Podocarpus imbricatus* (ainsi que les 3 autres *PODOCARPUS*) *Pinus armandii* et *Fokieniu* sur le Chu-Yang-Sin (Sud-Vietnam) ; *Pinus merkusii* et *Pinus khasya* sont indiscernables en mélanges.

Par contre le mélange presque pied à pied de *Pinus Merkusii* + *Dipterocarpus obtusifolius* est très visible (Lang-Hanh Sud-Viet-Nam) par suite de son état généralement clairplanté et à sous-bois faible.

— L'examen de photos ne permet pas de tirer des conclusions sur les structures des peuplements car on ne voit pas en général les sous-étages. Cer-

tains produits secondaires intéressants et abondants tels que les bambous, le « Latanier » (*Corypha lecomtei*) ne sont pas décelables.

— L'examen sur photo des formations très dégradées permet difficilement de les rattacher à leur formation d'origine. Les broussailles de forêt mixte ressemblent sur les photos aux broussailles de forêt dense. Un contrôle sur le terrain est toujours nécessaire.

— Une même formation peut couvrir des sols de valeurs et propriétés très variables. Une forêt dense voisine du climax est le résultat d'une évolution rapide quand le milieu est favorable à la réinstallation, ou lente quand le milieu est très défavorable. On voit des sols potentiellement très pauvres et dont la dégradation en sable pur peut être très rapide, porter des forêts denses dont les grands arbres ont généralement plus de 40 m. de hauteur totale et dépassant quelquefois 50 m. Une forêt puissante se signifie donc pas du tout qu'elle est portée par des sols riches, et l'interpréteur qui voudra utiliser la végétation sur les photos pour une carte d'utilisation des terres devra s'en souvenir.

— Il semble qu'on ne puisse pas aller très loin dans la stratification à l'intérieur d'une même formation. Il y a de toutes manières de multiples intermédiaires entre les forêts-types.

La constance dans l'interprétation est difficile à respecter quand les distinctions sont trop fines. L'augmentation de la précision en stratifiant peut être perdue par des distorsions introduites par l'interpréteur. De plus il n'est pas toujours facile de rapporter avec précision la parcelle comptée à son image photographique.

On ne sait pas toujours, après un long cheminement, où on est exactement en forêt dense à moins de faire de la topographie précise. Comment dans ces conditions rapporter des mesures au sol avec des mesures sur photo pour chercher des corrélations ?

La cartographie d'une stratification poussée est inutile parce qu'illisible à petite échelle. Elle pourrait par contre être intéressante au 1/100.000 et surtout au 1/50.000. Mais là encore on n'échappera pas à la nécessité de généraliser.

LIMITATION A L'INTERPRÉTATION QUANTITATIVE MESURES SUR PHOTOS ET TARIFS AÉRIENS

— Etant donné la structure des forêts denses tropicales, on ne peut généralement pas mesurer la hauteur totale des essences dominantes, à cause de la présence des sous-bois.

— Les seules mesures que l'on peut faire sont les diamètres des houppiers et la densité des arbres dominants à l'unité de surface.

— En forêt secondaire jeune, dans les forêts inondées de l'intérieur, les mangroves et arrière-mangroves et dans certaines vieilles futaies de

Lagerstroemia pur ou presque pur, les houppiers sont, ou petits ou confluent ; ils ne peuvent être individuellement mesurés. On ne peut qu'apprécier les vides du peuplement.

— Comme on ne peut distinguer les différentes essences parmi les zones de « forêts hautes » présumées riches, en particulier, comme on ne peut faire la distinction commerciale fondamentale entre essences de 1^{re} catégorie (très durables) et essences de 2^e catégorie (moyennement durables),

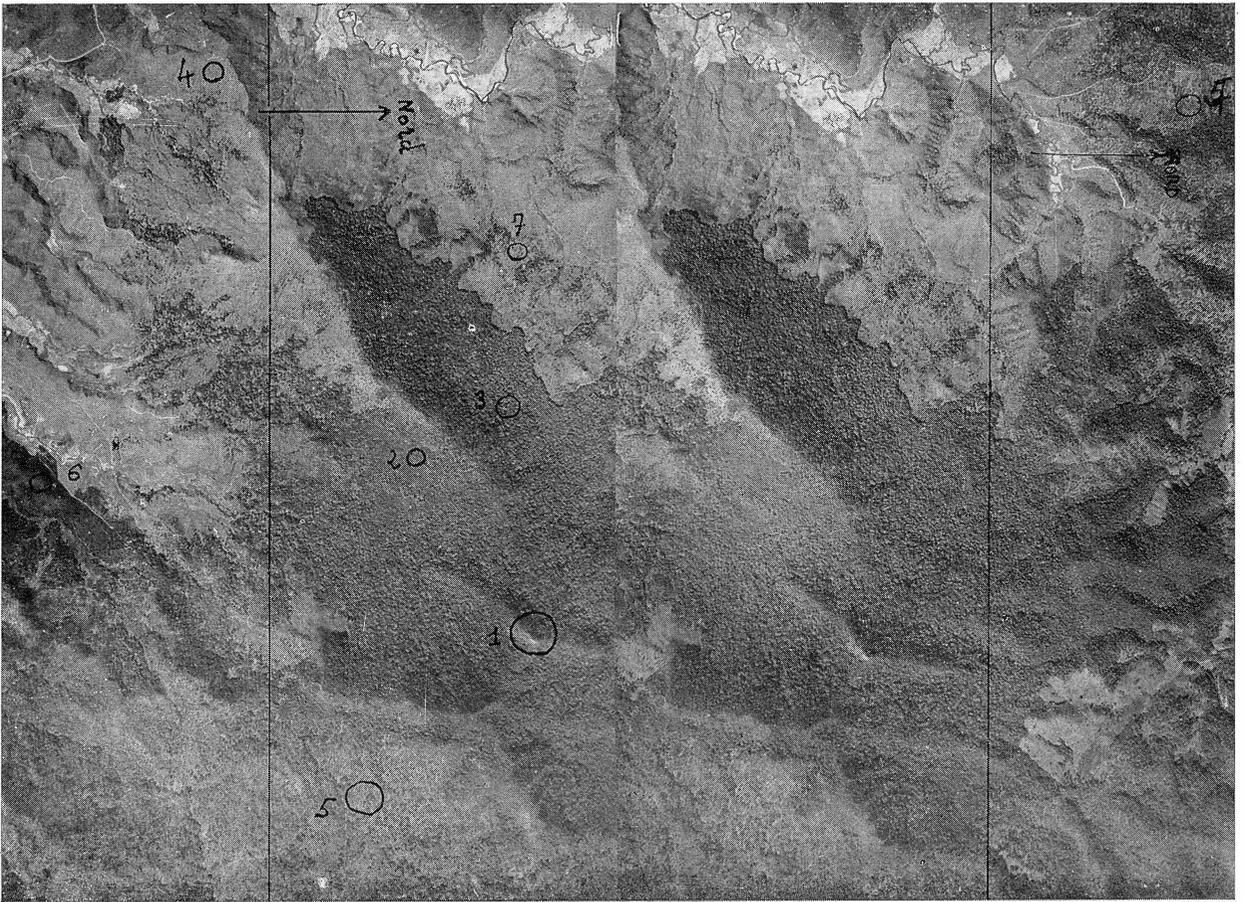


Photo Institut Géographique National.

— IGN 079 496-497 1/40.000. Altitude 1 500 à 2 160 m. Sud Vietnam. Pics du lang Bian. 12 km Nord de Dalat.

1 : Point culminant du Lang Bian 2 163 m. Forêt moussue à Rhododendron ; 2 : Forêt à Fagacées ; 3 : Forêts dense d'altitude : 1700 à 2000 m. ; 4 : Pseudosteppe 1 500 à 1 600 m. ; 5 : *Pinus khasya* presque pur, sous bois faible à Fagacées ; 1 500 m. ; 6 : Traces de feu sur pseudosteppe ; 7 : Savane à *Pinus khasya* intermédiaire entre 4 et 5.

on est obligé d'évaluer le **volume global** du peuplement. Il est sous-entendu qu'on cherche à connaître seulement le volume des arbres de plus de 60 cm de diamètre à 1 m 50 de hauteur, limite inférieure de l'exploitabilité (au Cambodge et au Vietnam, pour les grandes essences commerciales courantes). Les volumes ou le nombre de tiges des différentes catégories de diamètres inférieures à 60 cm ne peuvent être connus que par échantillonnage au sol. Cette évaluation sera trop faible parce qu'on omettra les arbres à petit houppier qui peuvent avoir cependant des fûts de plus de 60 cm de diamètre.

Elle sera d'autre part trop forte parce que dans ces taches de forêts hautes à dominance de Diptérocarpacées, on prendra indistinctement tous les houppiers, donc des houppiers appartenant à des grands arbres peu appréciés et non exploités : *Mangifera sp.* *Swintonia sp.* *Sterculia lychnophora*, *Tetrameles nudiflora* etc... qui sont localement très abondants.

Il serait vraiment optimiste de considérer que ces 2 facteurs peuvent se contrebalancer.

On a étudié pour 3 régions : Sré-Khtum Snuol et Kompong-Som. et 5 grandes Diptérocarpacées :

- Koki Phnong : *Shorea hypochra*
- Lumber : *Shorea sp.*
- Koki : *Hopea odorata*
- Chhoeuteal : terme générique pour les *Dipterocarpus* de forêt dense (*D. alatus*, *dyeri*, *costatus*, *turbinatus* sont les plus importants).
- Phdiek : *Anisoptera sp.*

les corrélations entre le diamètre du houppier et 3 variables dépendantes :

- Circonférence du fût à 1 m 50 du sol.
- Volume commercial : volume effectivement sorti de la forêt.
- Volume total : volume sorti + volume laissé sur le parterre des coupes (bois tarés, tordus, cassés ou bois sains laissés sur place).

Voir le tableau général ci-après.

TABLEAU RÉSUMÉ DES CORRÉLATIONS
 Corrélation diamètre houppier. Circonférence à 1 m 50

| Régions | Essences | Nombre de tiges | r | Différence à 0 (P=0,05) significative (x) non significative (0) |
|-------------------|-----------------------|-----------------|----------------|---|
| Kompong-Som | Koki Phnong | 12 | 0,454 | 0 |
| | Phdiek | 37 | 0,308 | 0 |
| | Chh. Néang-deng | 67 | 0,070 | 0 |
| | Total | 116 | 0,223 | × |
| Srè-Khtum..... | Koki | 54 | 0,479 | × |
| | — | 84 | 0,252 | × |
| | — | 65 | 0,312 | × |
| | — | 64 | 0,035 | 0 |
| | — | 70 | 0,190 | 0 |
| Total | 337 | 0,254 | × | |
| Snuol | Lumbor | 64 | 0,164 | 0 |
| | — | 67 | 0,311 | × |
| | — | 50 | 0,154 | 0 |
| | — | 68 | 0,309 | × |
| | Total | 249 | 0,285 | × |
| | Chhoeuteal. Phdiek | 31 27 | 0,474 0,002 | × |
| Total Snuol. | 307 | 0,275 | × | |

Corrélation diamètre houppier } volumes commerciaux
 volumes totaux (+)

| Régions | Essences | Nombre de tiges | r | Différence à 0 |
|-------------------|-------------------|-----------------|-------------|----------------|
| Kompong-Som | Phdiek | 37 | 0,207 | 0 |
| | Chh. Néang-deng | 67 | 0,250 | × |
| | — | 67 | 0,010 | 0 |
| | Phdiek | 37 | 0,348 | × |
| | Phdiek + Chh. | 104 | 0,246 | × |
| | — | 104 | 0,146 | 0 |
| Snuol | Phdiek (+) | 27 | 0,027 | 0 |
| | Chhoeuteal | 24 | 0,406 | 0 |
| | — (+) | 31 | 0,292 | 0 |
| | Lumbor (+) | 64 | 0,03 | 0 |
| | — (+) | 67 | 0,04 | 0 |
| | — (+) | 67 | 0,526 | × |
| | — (+) | 50 | 0,096 | 0 |
| | Résumé Lumbor (+) | 248 | 0,153 | × |
| | Lumbor | 57 | 0,069 | 0 |
| | — | 51 | 0,104 | 0 |
| — | 68 | 0,368 | × | |
| Total Lumbor. | 176 | 0,135 | 0 | |
| Srè-Khtum | Koki | 59 | 0,155 | 0 |
| | (+) | 65 | 0,221 | 0 |
| | (+) | 50 | 0,389 | × |
| | (+) | 65 | 0,324 | × |
| | (+) | 57 | 0,283 | × |
| | (+) | 67 | 0,331 | × |
| | (+) | 81 | 0,169 | 0 |
| | (+) | 66 | 0,263 | × |
| | (+) | 68 | 0,235 | 0 |
| | (+) | 66 + 68 | 0 E négatif | 0 |
| Résumé Koki | 247 | 0,211 | × | |
| (+) | 331 | 0,155 | × | |
| Chhoeuteal | 34 | 0,460 | × | |
| — (+) | 54 | 0,528 | × | |

Le nombre de tiges étudié est faible (environ 850), mais suffisant pour constater des tendances et tirer quelques conclusions.

— Les diamètres des houppiers varient entre 10 et 30 m.

— Les corrélations sont en général positives, quelquefois nulles, ou même négatives pour la corrélation volumes totaux/diamètre du houppier. Elles sont presque toujours assez faibles, entre 0,150 et 0,300, et très variables pour une même région quand on étudie séparément des lots de 50 à 100 arbres, d'où les conséquences suivantes.

— Dans au moins 50 % des lots de 50 à 100 tiges le coefficient de corrélation r calculé n'est pas significativement différent de zéro. ($P = 0,05$). Il le devient toujours quand on augmente le nombre de tiges par regroupement des lots.

— Les résultats sont parfois contradictoires pour une même essence quand on passe d'une région dans une autre. Ainsi les *Dipterocarpus* présentent un coefficient de corrélation élevé à Snuol, nul à Kompong-Som (diamètre houppier — circonférence à 1 m 50). C'est l'inverse pour les *Anisoptera* ($r = 0$ Snuol ; r élevé à Kompong-Som).

D'où le danger d'utiliser un coefficient de corrélation à partir d'un petit nombre de tiges (différence à 0 non significative) et de mesurer des houppiers sans pouvoir reconnaître exactement l'essence. Donc : mesurer au moins 200 houppiers pour une région déterminée.

Si on considère un grand nombre de tiges, toutes essences réunies (toutes sont des Diptérocarpacées) r prend en général des valeurs significativement différentes de 0 ($P = 0,05$) mais qui restent faibles (0,150 à 0,250 à Kompong-Som). La conséquence est que la prévision d'un volume pour un diamètre de houppier donné est mauvaise : la représentation de la corrélation par une droite de régression n'est pas satisfaisante ; le volume total ou commercial prend des valeurs trop faibles pour les valeurs extrêmes du diamètre du houppier, ce qui ne rend pas compte de l'intervalle réel de variation de ces volumes.

C'est ainsi qu'à Kompong-Som l'étude de la relation : volumes totaux (y en m^3) — diamètre du houppier (x en m.) donne avec un coefficient de corrélation de 0,146 et 104 tiges différence à 0 non significative $P = 0,05$ $y = 0,156 x + 7.474^3$. x varie en gros entre 12 et 24 m, ce qui donne pour y les valeurs 9,3 et 11, 3 m^3 , alors que dans la réalité les volumes varient entre 4,0 m^3 pour une

tige de 60 cm de diamètre à 1 m 50 et 14,0 m^3 pour une tige de 120 cm de diamètre.

La corrélation est plus forte entre volumes commerciaux et diamètre des houppiers : $r = 0,246$ $n = 104$ avec les mêmes notations on a : $y = 0,296 x + 4.490$. différence à 0 significative $P = 0,05$. Pour x entre 12 et 24 m, y varie entre 8,0 et 11, 6 m^3 , alors qu'on attendrait l'intervalle de variation 4,0 — 14,0.

La conclusion est identique à ci-dessus. S'il y a inconstablement corrélation entre les 2 variables cette corrélation est faible et ne permet pas de prévoir convenablement l'une des variables connaissant l'autre. L'équation de régression ne rend pas compte de la réalité (*).

Mais il y a des raisons supplémentaires pour utiliser avec circonscription le diamètre des houppiers pour prédire les volumes, quand on se sert du 1/40.000 ; l'erreur relative sur la mesure même du houppier est très élevée. Il est difficile de descendre au dessous du 1/10 de mm parce que les houppiers sont irréguliers. Cela fait 4 m d'erreur sur un houppier qui varie de 10 à 30 m., soit 40 % à 13 % respectivement.

Cette erreur s'ajoute à l'erreur d'échantillonnage commise sur la valeur estimée y donnée par les équations de régression ci-dessus. On a calculé que l'erreur minimum sur y , environ 7 %, est commise pour $x = 18$, soit $7 \% + \frac{4 \times 100}{18} = 29 \%$.

L'erreur d'échantillonnage est évidemment maximum pour les valeurs extrêmes de x . Pour $x = 10$ ou 26 ou commet 18 % d'erreur, soit une erreur totale de $18 + 40 = 58 \%$ pour $x = 10$ et $18 + 14 = 32 \%$ pour $x = 26$.

En gros, on commettra une erreur de 30 à 60 % sur les volumes. Cela montre que l'utilisation du diamètre des houppiers est très peu précise pour prévoir les volumes avec le 1/40.000. La critique reste en grande partie vraie quand on utilise le 1/10.000. On peut alors certainement estimer le diamètre des houppiers à 1 m près. L'erreur relative due à cette mesure passe de 10 à 3 % (cf. 40 à 13 % ci-dessus). L'erreur cumulée varie de 28 % ($x = 10$) à 21 % ($x = 26$). Mais cette précision est illusoire : la valeur des coefficients de corrélation reste inchangée. La critique fondamentale ci-dessus (*) subsiste. On émet par conséquent des doutes sur la possibilité d'améliorer les estimations faites à partir de parcelles en passant par les mesures faites sur photos sur un nombre élevé de parcelles prises au hasard.

CONCLUSION

L'interprétation des photos aériennes au 1/40.000 connaît des limitations assez nombreuses. Elle rend d'immenses services pour l'estimation des surfaces des types de forêts identifiées.

Par contre l'utilisation de tarifs aériens pour prévoir les volumes sur pied d'après les photos

semble soulever des objections. Des mesures supplémentaires dans d'autres régions, sur d'autres espèces et sur un plus grand nombre de tiges sont cependant nécessaires avant de porter un jugement définitif sur la possibilité d'emploi des tarifs aériens de cubage au Cambodge et au Vietnam.