



Un aspect de la forêt du Gabon.

Photo C.T.F.T.

CLASSIFICATION DES TERRAINS POUR L'EXPLOITATION FORESTIÈRE TROPICALE

Application au cas du Gabon

par

D. MAZIER, L. BAUMGARTNER, C. LEPITRE
Centre Technique Forestier Tropical

SUMMARY

TERRAIN CLASSIFICATION FOR TROPICAL LOGGING : APPLICATION IN THE CASE OF GABON

In the context of an inventory carried out by the CTFT for the FAO in Gabon, it was seen to be essential to work out a method of classification of terrains applicable to tropical logging. Systems of classification employed in Nordic countries are unsuited to tropical conditions.

The method had to take account of the difficulties of wood extraction, and also of road construction. This article deals with the development of a system of classification taking account of ground slopes as observed during an inventory and as observed by aerial photography.

The two most important factors adopted for the classification are the breaking up of the relief, and the slopes ; particularly the latter.

Other factors are examined, in so far as it is possible to take them into account in relation to the inventory carried out.

RESUMEN

CLASIFICACION DE LOS TERRENOS PARA EL APROVECHAMIENTO FORESTAL TROPICAL. APLICACION AL CASO DEL GABON

En el marco de un inventario efectuado por el CTFT, por cuenta de la FAO en el Este del Gabón, ha parecido indispensable estudiar un sistema de clasificación de los terrenos aplicable al aprovechamiento forestal de madera. Los sistemas de clasificación aplicados en los países nórdicos se adaptan incorrectamente a estas condiciones tropicales.

El método que se trataba de elaborar debía tener en cuenta las dificultades de la extracción y, asimismo de la construcción de una red de carreteras.

Se presenta en este artículo la puesta a punto de un sistema de clasificación, en el cual se tiene en cuenta, en primer lugar, las pendientes de terreno, tal como son observadas al proceder a un inventario, y, en segundo lugar, las pendientes tal como se observan en las fotografías aéreas.

Los dos factores, más importantes tenidos en cuenta para la clasificación son la parcelación del relieve y, sobre todo, las pendientes.

Los demás factores de clasificación son también examinados por tanto que se pueden tener en cuenta a nivel de un inventario detallado.

N. D. L. R. — L'article présenté ci-dessous donne les résultats d'une étude sur la classification des terrains pour l'exploitation forestière tropicale qui a été effectuée au Gabon à l'occasion d'une opération d'inventaire forestier réalisée par le CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL POUR L'ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE (O. A. A.-F. A. O.). Il a été rédigé à l'origine pour UNASYLVA, revue de l'O. A. A., et il est publié dans « BOIS ET FORÊTS DES TROPIQUES » avec l'accord de cette organisation internationale que nous remercions de son autorisation.

La classification du terrain est un sujet sur lequel se sont toujours penchés les chercheurs, les planificateurs et les gestionnaires de la forêt.

De nombreux systèmes de classification, plus ou moins élaborés, ont été proposés ; la plupart ont été conçus en vue d'une application en zone tempérée et permettent essentiellement de prévoir les méthodes d'exploitation les plus adéquates ; ceci pour la raison essentielle qu'ils ont été mis au point principalement par des spécialistes nord-américains et européens parmi lesquels il convient de signaler la place importante des scandinaves.

Ces systèmes se révèlent d'un emploi incommode en forêt tropicale, dans des régions non aménagées où la classification doit tenir compte des difficultés à la fois de création de l'infrastructure (routes) et d'exploitation proprement dite (débardage).

Un inventaire forestier important a été effectué au Gabon sur 3.000.000 ha dans une région située au Nord, à l'Est et au Sud de Booué, région qui sera desservie par le futur chemin de fer transgabonais. Il fut réalisé par le CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL pour le compte de l'ORGA-

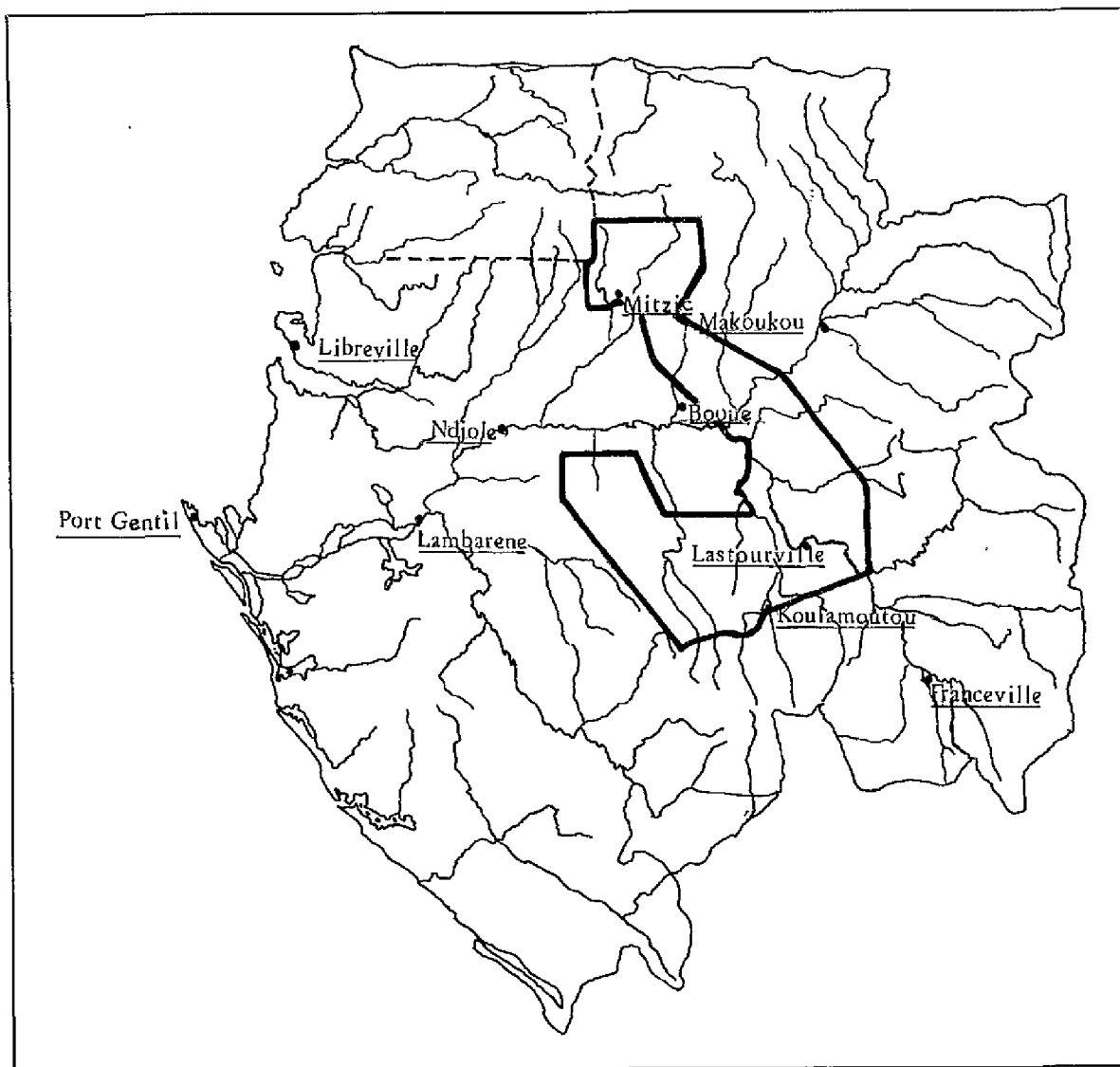


FIG. 1.

RÉGION INVENTORIÉE AU GABON.

NISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE (F. A. O.) agissant en qualité d'agence d'exécution du P. N. U. D.

La région présente une grande variété de types de terrain allant de zones assez plates à d'autres où le relief complique singulièrement l'exploitation.

Il a donc paru indispensable de compléter l'inventaire du potentiel forestier par une étude des terrains permettant de caractériser les diverses zones autrement que par de simples appréciations qualitatives. Pour cela il nous a fallu mettre au point rapidement une méthode pratique et adaptée susceptible de donner un classement fiable et homogène du terrain.

Plusieurs voies possibles ont été envisagées et

certaines abandonnées rapidement. Nous avons pensé en particulier à faire appel à la géomorphologie structurale. Chacun sait que les formations géologiques ont leur relief propre : les granites par exemple, donnent un relief en « ruche » avec un chevelu hydrographique de structure polygonale... Donc on pouvait espérer utiliser la carte géologique dressée à partir des photographies aériennes pour faire une première stratification à l'intérieur de la zone à étudier. Malheureusement, si on peut distinguer dans la zone étudiée des parties appartenant soit au Précambrien inférieur, soit au Précambrien moyen, dans une même formation géologique les reliefs peuvent être totalement différents du fait des différences d'altitude moyenne.

La carte géologique n'apporte que des renseignements très limités.

Nous avons donc posé le problème sous un autre

angle en examinant, d'une part, ce que la classification du terrain au Gabon pourrait comprendre et, d'autre part, ce qui était disponible.

1. — CLASSIFICATION DU TERRAIN AU GABON

L'exploitation forestière au Gabon diffère de l'exploitation en région tempérée par un certain nombre de points essentiels :

— le volume extrait à l'hectare,

— l'exploitant doit traiter des zones sans infrastructure à l'exception d'une ossature très lâche de routes publiques qu'il utilisera pour l'évacuation des produits,

— la première de ses activités est donc de doter sa zone d'exploitation d'un réseau routier. Mais il est maître de ce réseau, de sa densité et de ses caractéristiques,

— ce réseau routier devra être complété par un réseau de pistes de débarquement second au moins équivalent en longueur.

Au Gabon, le relief intervient donc au niveau de deux des facteurs de coût les plus importants dans la production de bois :

— l'établissement de l'INFRASTRUCTURE,
— le DÉBARDAGE.

Ce qui a été dit plus haut montre que l'étude de classification fut basée essentiellement sur des RELIEFS ANCIENS, de structure très différente de celle du relief de type, par exemple, alpin.

COMPOSITION D'UNE CLASSIFICATION DU TERRAIN

La classification du terrain peut se décomposer en plusieurs éléments.

Données générales climatiques.

Bien que le climat ne soit pas vraiment une caractéristique du terrain, il a trop d'importance pratique pour ne pas être pris en considération.

Le Gabon situé à cheval sur l'Equateur bénéficie d'un climat équatorial humide. Cependant la pluviométrie y est très variable d'une année sur l'autre et d'une région à l'autre. La pluviométrie moyenne varie de 1,50 m à 3,50 m répartis sur 100 à 200 jours de pluie par an. La zone côtière est la plus arrosée.

Dans la zone qui nous intéresse, les données climatiques varient peu puisque les hauteurs annuelles s'échelonnent entre 1,6 et 2 m avec 4 saisons.

Données générales géologiques.

Nous avons signalé la relative homogénéité des formations géologiques dans la zone qui nous intéresse.

Nous n'insisterons donc pas sur leur influence sur le relief. Ce sont les mouvements tectoniques qui ont le plus d'importance.

Données générales du relief à l'échelle du permis.

Ces données générales peuvent être obtenues à l'échelle d'un permis par examen des documents

cartographiques. Cartes au 1/200.000^e et beaucoup mieux, cartes (ou stéréominutes) au 1/50.000^e avec courbes de niveau tous les 20 m, quand ces cartes existent. Elles fournissent des informations sur les lignes de crête — ces crêtes sont-elles relativement plates ou, au contraire formées d'une succession de pitons abrupts ? —, sur le morcellement du relief et sur le type de vallées rencontrées, rivières très encaissées entaillant profondément le relief ou rivières développant de nombreux méandres dans une large vallée encombrée de sols alluvionnaires plus ou moins récents.

L'examen des photographies aériennes renseigne, en plus des informations précédentes, sur les types de végétation rencontrés. Il s'agit surtout de déceler l'importance éventuelle et la localisation des zones marécageuses.

Une étude rapide de ces divers documents permet de donner une impression globale, parfois subjective, des difficultés probables d'exploitation d'une vaste zone.

Obstacles à la pénétration.

En forêt, l'état du sous-bois est extrêmement variable : de la forêt à sous-bois clair, où la vue porte relativement loin, à la forêt au sous-bois très dense : mais cela ne gêne que les déplacements à pied et n'influe pratiquement pas sur l'exploitation. Quant aux chablis, ils sont uniformément répartis et ne gênent guère l'exploitation.

Si les obstacles dus à la végétation ont peu d'importance, il n'en est pas de même des roches qui peuvent encombrer le parterre. Ces obstacles sont parfois des dalles rocheuses et plus généralement de gros blocs rocheux. Si les blocs rocheux sont peu nombreux et disséminés ils interviennent peu. Par contre, s'ils sont nombreux et groupés, cela empêche la pénétration des zones rocheuses. Cette affirmation doit cependant être nuancée selon que l'on considère la construction de routes ou le débardage. L'exploitant fera tout son possible pour que les routes évitent les zones rocheuses, par contre, si une zone renferme un certain potentiel et qu'elle est couverte de rochers à un point tel que les tracteurs de débardage à chenilles ne puissent approcher, cette zone ne sera pas exploitée.

Au Gabon ces zones inexploitablement disséminées et de peu d'étendue. La fréquence des rochers (blocs ou dalles) semble liée à la difficulté du relief. Les rochers seront d'autant plus nombreux que la pente du terrain est plus forte, de tels obstacles apparaissent essentiellement sur les flancs de montagne escarpés.

Il n'a pas été possible, dans le cadre de l'inventaire

effectué au Gabon, de quantifier l'importance des obstacles rocheux : le taux de sondage était trop faible (0,2 %).

Qualité du sol.

Les formations superficielles sont constituées de roches altérées que l'on peut décomposer en plusieurs niveaux.

Pour la construction de routes, l'exploitant doit terrasser et asseoir la plate-forme routière dans les couches superficielles qui sont souvent relativement uniformes dans une zone donnée. Ce qui l'intéresse au plus haut point c'est la fréquence de la latérite ou de tout matériau de granulométrie convenable pour constituer les couches de roulement.

Le taux de sondage de la plupart des inventaires est trop faible pour servir de base à une recherche systématique des gîtes à matériaux graveleux : cette recherche, si elle était effectuée comme pour l'étude d'un itinéraire routier, nécessiterait la présence d'un personnel spécialisé. Cela dépasse les moyens d'un inventaire classique.

Abattage en forêt du Gabon.

Photo C.T.F.T.



Seuls les indices très visibles sans travaux complémentaires peuvent être relevés. Ces indices latéritiques peuvent être notés dans le lit des marigots, aux ruptures de pente, dans le système radicaire des arbres déracinés, etc...

Il convient de programmer dans toute prospection une recherche et un relevé systématique de ces indices.

RÉCAPITULATION, CADRE DE LA CLASSIFICATION

La classification du terrain au Gabon peut ainsi comprendre un certain nombre de choses.

Paramètres retenus pour mémoire.

Certains paramètres, évoqués ci-dessus, ne seront pas examinés plus en détail.

a) Données climatiques : relativement homogènes dans la zone à traiter.

b) Données géologiques : deux grandes formations ayant des aires bien distinctes, le Précambrien inférieur — granite — et le Précambrien moyen — grès.

c) Données générales de relief à l'échelle du permis : ces renseignements descriptifs d'ensemble sont à étudier au niveau de chaque permis.

d) Obstacles à la pénétration : l'état du sous-bois et la présence de châblis ne sont pas une gêne considérable pour la pénétration. La présence de rochers peut en être une, mais elle est invisible sur photographies aériennes ; de plus l'inventaire au taux de 0,2 % ne permet pas d'en déterminer objectivement l'importance et la localisation.

e) Qualité du sol : sous couvert forestier, les couches superficielles sont relativement homogènes ; la présence d'indices de matériau graveleux doit être systématiquement notée.

f) Méthode d'exploitation susceptible d'être utilisée : la méthode d'exploitation est uniforme à travers tout le Gabon.

Description du terrain.

C'est elle qui retiendra le plus notre attention dans les pages qui suivent.

La description du terrain peut être, soit une macrodescription qui porte sur la configuration générale du paysage, soit une microdescription destinée à rendre compte des conditions de terrain à l'échelle locale.

Description du terrain.

Ce sont les paramètres de description du terrain qui retiendront toute notre attention.

a) Pour effectuer la **microdescription du terrain**, les seuls documents disponibles sont les documents établis par les équipes de terrain. L'utilisation de ces documents est présentée plus loin.

b) Pour la **macrodescription du terrain** la tâche impartie devait être menée à bien dans les conditions suivantes :

- travail à effectuer sur 3.000.000 ha,
- aucun caractère d'universalité recherché,
- la moitié des 3.000.000 ha à étudier est couverte par des restitutions au 1/50.000^e avec espacement de 20 m des courbes de niveau, l'autre moitié est presque intégralement couverte de photographies aériennes à une échelle généralement proche du 1/50.000^e. C'est la présence de ces documents qui a rendu la recherche possible,
- la zone à étudier, bien qu'intérieurement de relief peu homogène, est peu différente de la zone exploitée actuellement, ce qui permet des références précises.

L'élaboration, étape par étape, de la méthode adoptée pour la macrodescription du terrain sera décrite également ci-après.

2. — MICRODESCRIPTION DU TERRAIN

Nous définirons la microdescription du terrain comme la description du microrelief : c'est-à-dire le terrain — en fait ses pentes — tel qu'il apparaît à celui qui circule à pied en forêt. Il s'agit d'un relief local, mais c'est celui qui conditionne effectivement les terrassements routiers et sur lequel les engins de débardage circulent.

La microdescription du terrain est obtenue à partir des documents de terrain établis par les équipes de comptage. Celles-ci effectuant un sondage, le terrain est donc connu grâce à ce sondage : son taux est le même que pour l'évaluation du potentiel forestier.

DOCUMENTS DE TERRAIN

Dans le cas de l'inventaire considéré ici, les équipes parcourent des layons en effectuant le comptage des arbres sur une bande de 25 m de large à cheval sur le layon. Une feuille de comptage est remplie pour chaque parcelle. La dimension de la parcelle est soit de 1 ha, bande de 400 m de long sur 25 m de large, soit de 0,5 ha, bande de 200 m de long.

La feuille de comptage, en plus des indications se rapportant à la végétation, porte des renseignements topographiques. Cette connaissance de la topographie est intéressante à deux points de vue, dont, seul, le second nous concerne ici :

- **Calcul de la surface de la projection horizontale** de la parcelle. Celle-ci couvre en effet 0,5 à 1 ha, mais en suivant le terrain.

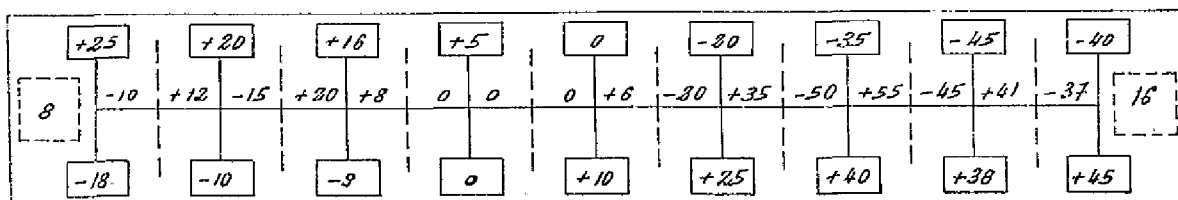
- **Connaissance du terrain** : bien que le relevé du terrain, par endroits, ne puisse remplacer

une carte avec cotes et lignes de niveau, il complète très utilement l'étude des documents disponibles. Nous allons examiner les informations ainsi recueillies.

Les relevés topographiques consistent essentiellement dans la mesure de profils longitudinaux et transversaux de la parcelle. Le layon, axe longitudinal de la parcelle, est marqué de piquets implantés tous les 50 m. A chaque piquet, le pointeur de l'équipe de comptage chargé de la tenue de la feuille, mesure au clinomètre les pentes dans quatre directions orthogonales privilégiées : une le long du layon dans le sens de la marche, une autre, dans le sens opposé, les deux dernières de chaque côté du layon et perpendiculairement à ce dernier.

Le schéma ci-dessous reproduit la partie concernée de la feuille de comptage — parcelle d'un hectare —, les chiffres portés aux extrémités de la parcelle sont les numéros de piquet, tous les autres chiffres sont des pentes en %.

Fig. 2.



CALCUL DES LIGNES DE PLUS GRANDE PENTE

Pour chaque piquet, tous les 50 m le long du layon, quatre pentes sont disponibles, ce sont généralement deux pentes orthogonales vers l'amont et deux pentes orthogonales vers l'aval.

Il est possible de calculer la ligne de plus grande pente P dans chaque quadrant par la formule :

$$P = \sqrt{P_1^2 + P_2^2}$$

P_1 et P_2 étant les pentes lues selon les deux directions qui limitent le quadrant.

Chaque piquet est ainsi assorti de quatre valeurs de la pente (« ponctuelle ») qu'il suffit de classer par catégorie.

Pour une parcelle de 1 ha (400 m × 25 m) comprenant 8 piquets, 32 valeurs peuvent être calculées.

Les lignes de plus grande pente obtenues sont réparties dans les classes suivantes :

- de 0 à 20 %
- 20 à 30 %
- 30 à 40 %
- 40 à 50 %
- 50 à 60 %
- et plus de 60 %.

GROUPEMENT DES DONNÉES OBTENUES

Les résultats ainsi obtenus sont associés de façon différente selon les dispositifs de sondage.

Dans le cas de sondages à un degré par layons parallèles, les valeurs sont groupées layon par

layon. Lorsque les layons sont très longs, ils sont scindés en utilisant soit une limite naturelle (rivière importante) soit une limite artificielle (layon transversal de raccordement par exemple).

En rassemblant plusieurs layons, on obtient des groupements à l'échelle de bloc de superficie plus ou moins grande. On a alors une appréciation du microrelief au niveau de chaque bloc.

Cas d'un sondage à deux degrés. La plus grande partie de l'inventaire au Gabon utilisait un dispositif de ce type : le schéma était le suivant, sur lequel nous baserons la suite de l'exposé :

— découpage de la zone à inventorier en carrés de 6 km de côté,

— choix systématique — premier degré — d'un carré sur quatre,

— comptage dans ce carré de deux bandes ou layons orientés Est-Ouest, longs de 6 km, et représentant chacun 15 parcelles d'un hectare, la bande Nord est située à 1,5 km au Sud de la limite Nord du carré et l'écartement entre bandes est de 3 km.

Dans ce cas les groupements ont été faits par carré (ou unité primaire). Par unité primaire, le nombre de valeurs regroupées est de $32 \times 30 = 960$.

Le taux de sondage théorique avoisine 0,2 %.

Il est facilement concevable qu'il serait illogique de faire des groupements plus importants sous peine d'escamoter la plupart des variations notées.

RÉSULTATS

Répartition par classe de pente.

En reprenant l'exemple du sondage à 2 degrés ci-dessus, on peut donner, dans le tableau 1, quelques exemples de résultats à l'échelle de l'unité primaire :

TABLEAU 1

Répartition en % par classe des pentes ponctuelles

Unité primaire	Classe en %					
	Moins de 20	20 à 30	30 à 40	40 à 50	50 à 60	Plus de 60
E 2	95,3	2,6	1,2	0,7	0,2	—
E 3	90,0	6,9	1,7	1,4	—	—
F 5	72,8	15,3	6,4	4,3	1,0	0,2
G 5	26,7	23,1	18,1	15,1	9,6	7,4
V 12	7,8	8,6	15,5	18,8	18,1	31,2
Y 15	20,8	15,3	12,8	16,0	12,7	22,4
Z 16	15,5	7,1	17,6	14,3	14,3	31,2

Les différences entre unités primaires sont extrêmement nettes, au vu de l'échantillon représenté ci-dessus.

Estimation d'une pente moyenne pondérée.

Rappelons que par point de sondage, ou piquet, sont déterminées quatre lignes de plus grande pente, la moyenne entre ces valeurs est équivalente à la pente moyenne ponctuelle au point considéré.

Il est apparu intéressant au niveau des groupements effectués, unité primaire par exemple, afin de permettre des comparaisons plus faciles de grou-

pement à groupement, de ne disposer que d'une seule valeur. Pour cela la moyenne pondérée a été calculée à partir de la répartition en % de la manière suivante :

$$\bar{p} = \frac{\sum x_i p_i}{\sum x_i}$$

où \bar{p} est la moyenne pondérée,

p_i est le centre de chaque classe de pente,

et x_i est la proportion en % dans chaque classe

$$(\sum x_i = 100).$$

La figure 3 donne une représentation schématique des pentes moyennes ainsi calculées par unité primaire pour une grande partie de la zone inventoriée où un dispositif d'inventaire homogène a été mis en place. Ce schéma d'ensemble permet de remarquer que *grosso modo* les pentes moyennes croissent d'Est en Ouest.

En résumé, l'analyse des documents de terrain (feuilles de comptage) offre un certain nombre d'avantages : elle permet des comparaisons globales entre permis (cf. figure 3) et traite des pentes réelles au sol ce qui, par rapport aux photographies aériennes ou documents en découlant, est très intéressant car les photographies, du fait de l'importance du couvert forestier masquant le relief de détail, ne permettent pas l'examen du relief réel du sol. Par contre, en raison du faible taux de sondage, l'analyse des feuilles de comptage ne fournit que des informations très partielles. Il convient donc de procéder à une étude des documents cartographiques pour avoir une vue d'ensemble complétant l'étude du microrelief.

PENTE MOYENNE PONDÉRÉE PAR UNITÉ PRIMAIRE

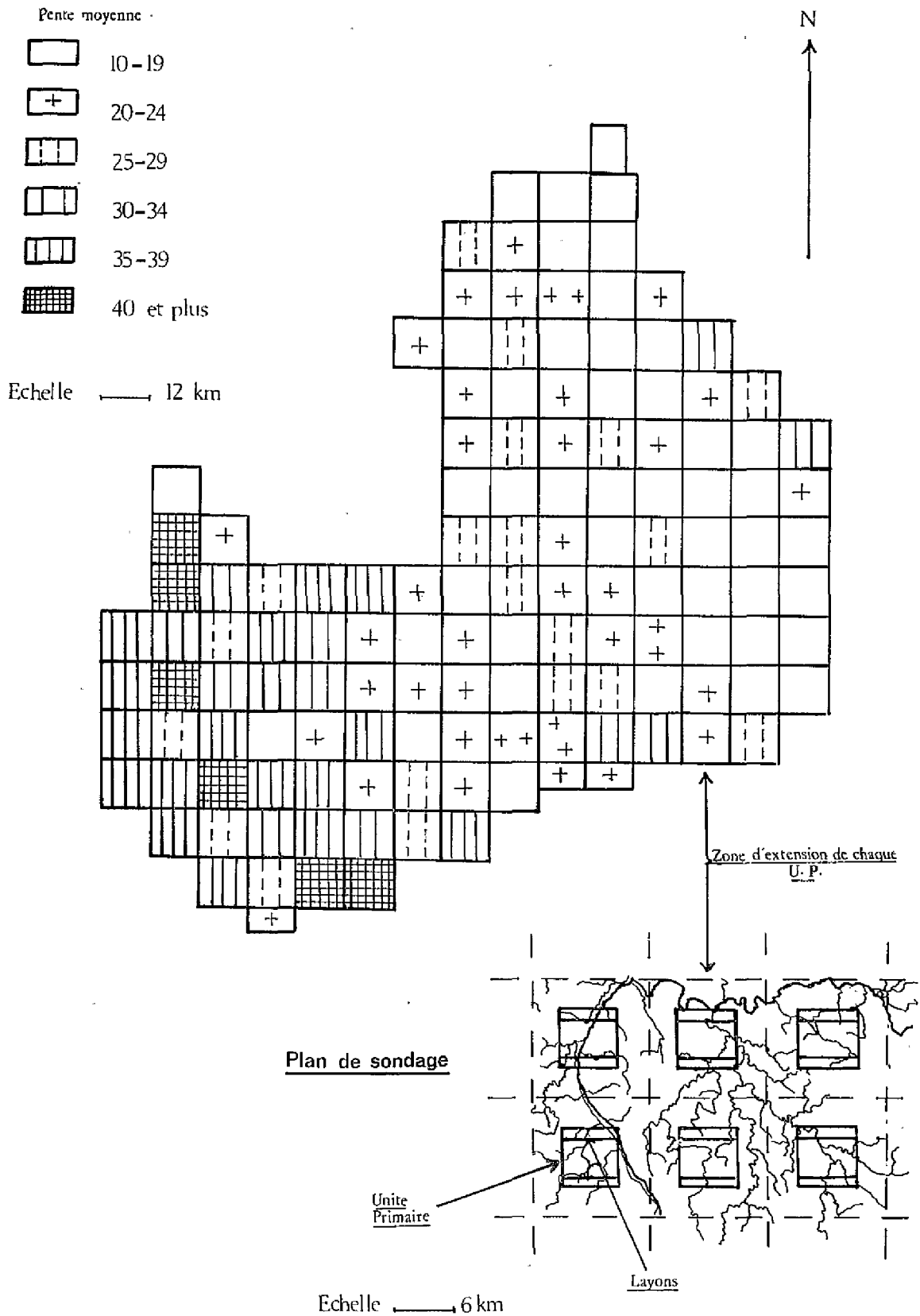


FIG. 3. — Le plan de sondage sur le terrain est représenté en bas de la figure. Chaque unité primaire a une superficie de 6×6 km sa zone d'extension est de 12×12 km. Sur la partie supérieure du croquis, chaque U. P. est figurée par sa zone d'extension.

3. — MACRODESCRIPTION DU TERRAIN, ÉLABORATION DE LA MÉTHODE

La macrodescription du terrain est celle qu'il est possible d'effectuer à partir d'un survol aérien : elle ne porte que sur les aspects du relief qui apparaissent sur photographies aériennes. Elle ne tient pas compte des détails que masquent la végétation et la petite échelle.

L'étude du macrorelief est effectuée à partir non seulement des photos aériennes, mais aussi des cartes en courbes de niveau au 1/50.000^e ou des stéréominutes qui en tiennent lieu. Les documents cartographiques restitués facilitent l'analyse mais masquent certains détails.

L'étude du macrorelief a l'avantage de pouvoir être effectuée presque partout au Gabon puis-

qu'on y dispose au moins de photographies. Elle complète avantageusement l'étude du microrelief, car les documents d'inventaire au sol, utilisés pour cette dernière, ne donnent que les informations d'un sondage : elles sont limitées aux parcelles de comptage ; les photos et cartes constituent au contraire un document exhaustif.

Pour effectuer la macrodescription du terrain, il a d'abord fallu élaborer une méthode, puis l'appliquer à la zone étudiée.

L'élaboration de cette méthode s'est déroulée en plusieurs étapes. L'objet de ce qui suit est de décrire, phase par phase, le déroulement du processus adopté.

PREMIÈRE PHASE

Cette première phase a consisté à rassembler un certain nombre de données concrètes ; après traitement, elles ont servi de fondement à une méthode d'étude proprement dite.

La moitié de la zone inventoriée au Gabon est couverte de cartes ou stéréominutes au 1/50.000^e avec courbes de niveau espacées de 20 m. Il fut décidé de travailler dans un premier temps sur stéréominutes.

Procédé de sondage.

Même au niveau de l'élaboration de la méthode, il est apparu opportun de traiter une vaste superficie comprenant une grande partie de la zone inventoriée couverte de cartes et une zone, également couverte de documents au 1/50.000^e, en cours d'exploitation. Ceci permettait de couvrir un éventail aussi large que possible de types de terrain.

Un sondage systématique à taux très faible fut choisi pour la zone d'inventaire.

Chaque carte au 1/50.000^e couvre 15 mn sexagésimales au carré soit approximativement 75.000 ha ; sur chaque coupure, 9 unités de sondage furent implantées systématiquement, de façon à obtenir un dispositif homogène avec les feuilles voisines. Quelques zones en cours d'exploitation ont été traitées avec un dispositif à taux variable mais beaucoup plus dense.

Paramètres mesurés. Appréciation subjective.

L'unité de sondage est un carré de 2 km de côté, soit 4 cm sur la carte. Le carré a été choisi parce que c'est la figure géométrique la plus régulière permettant par juxtaposition, l'étude

complète d'une zone (les côtés du carré sont orientés Nord-Sud et Est-Ouest). Le choix de la dimension du carré est un compromis entre une très petite unité, qui à la limite ne donne qu'une information ponctuelle restreinte, et un carré très étendu qui risque de couvrir plusieurs types de relief différents et de ne donner qu'une information moyenne masquant l'hétérogénéité de la zone couverte.

Un certain nombre de paramètres, choisis pour représenter le maximum d'aspects du terrain, ont été mesurés dans ce carré.

1. Surface à pente inférieure à 20 %.
2. Surface à pente supérieure à 40 %.

Ces limites de 20 à 40 % ont été choisies pour deux raisons principales. La première est qu'en dessous de 20 % l'exploitation est très facile, et qu'au-dessus de 40 %, le débardage par chenillard devient difficile. La seconde est d'utilité pratique : aux pentes de 20 % et 40 % correspondent respectivement des écarternements planimétriques entre courbes de niveau de 2 mm et 1 mm. L'importance des surfaces est déterminée grâce à une grille de points.

3. Nombre d'inversions de pente sur les deux médiatrices du carré.

4. Nombre d'inversions de pente sur les côtés du carré. Il est supposé que chacune des lignes, médiatrice ou côté, est parcourue par l'observateur qui compte le nombre de fois où la pente s'inverse.

5. Nombre de rivières coupées par les médiatrices.

6. Nombre de rivières coupées par les côtés du carré.

Le nombre de changements de pente et la densité du réseau hydrographique imagent le morcellement du relief. La distinction entre côtés et médiatrices du carré correspond à des dispositifs

de sondage différents, ces lignes ayant été retenues pour leur facilité d'implantation.

Il faut remarquer que les paramètres 3 et 4 sont plus fidèles et plus sensibles que les paramètres 5 et 6. Au franchissement d'une rivière indiquée sur la carte correspond un changement de pente, la réciproque n'est pas vraie. De plus, suivant les auteurs de la restitution et le type de relief, le réseau hydrographique est plus ou moins détaillé.

7. Nombre de courbes de niveau coupées par les médiatrices.

8. Nombre de courbes de niveau coupées par les côtés du carré.

Ces deux paramètres correspondant à une somme de dénivellations.

9. Dénivellation maximum dans le carré, exprimée en m.

10. Longueur totale des rivières dans le carré. Cette longueur a été déterminée au curvimètre ; précision : 100 m.

Ces dix premiers paramètres sont une transcription directe des informations du document cartographique. Les paramètres suivants résultent d'une élaboration plus poussée de ces informations brutes.

11. Longueur de la route permettant à partir du centre du carré de sortir du cercle inscrit et respectant la contrainte de pente maximale en long de 10 %.

12. Somme des pentes en travers exprimées en %, mesurées tous les 100 m le long de la route.

Ces deux derniers paramètres pouvaient représenter la difficulté de terrain.

A ces douze paramètres mesurés sur la stéréominute, ont été ajoutées deux autres valeurs combinant des paramètres précédents.

13. Paramètre 7 divisé par le paramètre 3, c'est-à-dire nombre de courbes divisé par nombre d'inversions de pente, le tout étant mesuré sur les médiatrices.

14. Paramètre 8 divisé par le paramètre 4, même processus que ci-dessus mais pour les côtés du carré.

Enfin chaque carré de sondage a été coté de 1 à 5 suivant l'appréciation subjective de sa difficulté :

cote 1 : terrain faiblement ou pas accidenté,

cote 3 : terrain moyennement accidenté,

cote 5 : terrain fortement accidenté.

Les cotes 2 et 4 étant des classes intermédiaires.

Gabon. Une route en forêt.

Photo C.T.F.T.



Echantillon observé.

Cette première phase de mesures a porté sur

124 unités en zone d'inventaire et une trentaine en zone en cours d'exploitation.

DEUXIÈME PHASE : ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES

Chaque unité de sondage peut être représentée par un point dans l'espace à 14 dimensions. La dispersion géométrique des points ne peut être visualisée concrètement. Pourtant elle apporterait une vue extrêmement synthétique et fructueuse de l'ensemble des résultats.

La méthode la mieux à même de représenter concrètement ce nuage de points est l'analyse en composantes principales qui consiste à projeter le nuage dans un sous-espace ayant un nombre de dimensions plus faible, donc représentable graphiquement de façon que le nuage projeté ressemble le plus possible au nuage de départ ; plus précisément on retient, parmi les sous-espaces de dimension réduite, celui qui rend minimum la somme des carrés des distances des points à leurs projections.

L'analyse en composantes principales fournit un outil qui permet de voir dans un plan une représentation de l'espace à 14 dimensions, moyennant, ce qui est inévitable, une certaine distorsion qui est rendue la plus faible possible.

Cette méthode d'analyse fut donc appliquée aux 156 points de sondage étudiés pour obtenir les informations classiques que fournit le programme de calcul, notamment :

- corrélation entre variables,
- corrélation entre les variables et les quatre premières composantes principales,
- histogramme de fréquence des variables,
- graphique situant les 156 points sur le plan des deux premières composantes principales C_1 et C_2 .

La forêt gabonaise.

Photo C.T.F.T.



TROISIÈME PHASE

Exploitation des résultats précédents.

Les corrélations entre les 14 variables et les composantes principales montrent que les variables 1, 2, 7, 8, 9, ont une bonne corrélation avec la composante C_1 et que les variables 3, 4, 5, 6, et 10 sont bien corrélées avec la composante C_2 . Parmi les variables restantes, 12 et 14 sont médiocrement corrélées avec C_1 et aucune corrélation très nette ne se dégage pour les variables 11 et 13.

Il semblerait que la composante C_1 corresponde à la **pen**te du terrain : la corrélation est forte avec les variables 1 et 2. La composante C_2 correspondrait alors au « morcellement du relief ».

L'un des buts de l'analyse entreprise est de voir s'il est possible de classer les types de terrain sur un graphique plan grâce à deux variables que cette analyse permet de choisir au mieux. Ces variables doivent répondre à deux critères :

— être bien corrélées avec les résultats de l'analyse,

— être mesurables sur cartes en courbes de niveau, mais aussi sur photographies aériennes de façon à pouvoir travailler où il n'y a pas de cartes.

Le classement du terrain par 2 paramètres permettrait un travail rapide. Par contre, la mensuration de 12 variables ne peut être généralisable à l'étude de grandes régions.

Choix de deux variables.

— SELON LA PREMIÈRE COMPOSANTE (C_1).

Les variables 1 et 2 satisfont aux conditions ci-dessus.

La variable 2 a l'inconvénient de présenter beaucoup de valeurs nulles ce qui diminue fortement son intérêt. La variable 1 est beaucoup mieux dispersée mais, si l'application porte sur un terrain très accidenté, cette variable manquerait de finesse en fournissant beaucoup de valeurs nulles.

Il est alors concevable de prendre une combinaison de ces deux variables permettant une description complète du terrain, tant dans les zones intermédiaires où l'emploi de chacune des variables est valable, que dans les zones extrêmes où l'emploi de la variable 1, en terrain très accidenté, et de la variable 2 en terrain plat, manque de précision.

RELATION ENTRE LES VARIABLES 1 ET 2

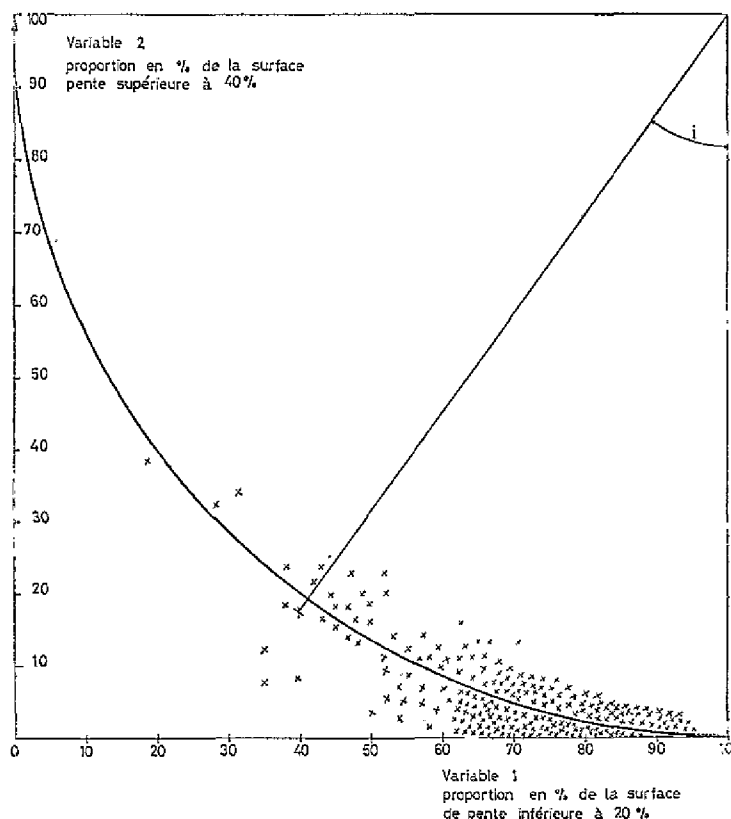


FIG. 4. — Si on construit un graphique avec la variable 1 en abscisse (de 0 à 100) et la variable 2 en ordonnée, chaque unité de sondage (carré 2×2 km) est représentée par un point.

Le nuage obtenu avec les 156 points est groupé de part et d'autre d'un cercle tangent aux axes de coordonnées aux points 100 %.

Pour chaque point l'indice i est la mesure en grades de l'angle i tel que défini sur la figure.

Cette combinaison a été trouvée sous la forme d'un indice i défini par la relation :

$$\operatorname{tg} i = \frac{100 - x}{100 - y}$$

avec x = valeur de la variable 1
 y = valeur de la variable 2

} exprimé en pourcentage dans un carré donné

i est exprimé en grades.

$i = 0$ en terrain plat

$i = 100$ si tout le terrain a une pente supérieure à 40 %.

On peut encore écrire :

$$\operatorname{tg} i = \frac{\text{proportion de terrain à pente supérieure à } 20\%}{\text{proportion de terrain à pente inférieure à } 40\%}$$

Dans la suite de l'exposé, l'angle i , exprimé en grades, sera appelé indice de pente.

— SELON LA SECONDE COMPOSANTE (C_2).

Toutes les variables 3, 4, 5, 6 et 10 répondent aux

critères de corrélation avec la seconde composante. De plus elles sont largement indépendantes des variables 1 et 2.

La variable 4 (nombre d'inversions de pente sur les côtés du carré) présente certains avantages par rapport à la variable 10 (longueur totale des rivières). En effet, la densité du chevelu hydrographique sur carte dépend de l'auteur de la carte, cet inconvénient de la variable 10 sera encore plus gênant sur photographies où on ne saura pas très bien où s'arrêtent les rivières : alors qu'il y aura beaucoup moins d'ambiguïtés pour mesurer un changement de pente.

La variable 4 sera donc retenue. Pour améliorer la qualité du paramètre lié à la seconde composante, il est possible d'y ajouter la variable 3.

La variable globale, nombre d'inversions de pente sur les côtés et les médiatrices du carré, sera appelée m indice de morcellement.

QUATRIÈME PHASE : MISE AU POINT PRATIQUE

Définition de classes homogènes de difficultés de terrain.

Les classes de difficultés ont été déterminées en tenant compte d'une part des divisions subjectives précédentes et d'autre part d'une équivalence approximative d'amplitude des classes ; de plus, l'examen du graphique et de documents au 1/50.000^e en courbes de niveau de zones très accidentées a montré la nécessité de prévoir plusieurs classes en terrain difficile.

La classification adoptée pour i est finalement la suivante :

- i de 0 à 12 : terrain facile,
- i de 13 à 24 : terrain moyen,
- i de 25 à 38 : terrain moyennement difficile,
- i de 39 à 54 : terrain difficile,
- i de 55 à 69 : terrain très difficile,
- i 70 : terrain extrêmement difficile.

Pour le morcellement, deux catégories seulement ont été retenues : un terrain à faible morcellement, m jusqu'à 40 inclus, et un terrain à fort morcellement, m supérieur ou égal à 41. Cette distinction correspond aux conditions gabonaises, en dehors de la plaine littorale, où la valeur moyenne de m se situe autour de 40-41. Pour une étude portant sur des zones différentes, il conviendrait peut-être d'adopter pour l'indice de morcellement des distinctions plus fines.

Matérialisation graphique.

La figure 5 indique la position de chacune des 156 unités de sondage dans un graphique où i , indice de pente, est en abscisse et m , indice de morcellement, est en ordonnée. Les 5 classes de cotes subjectives mentionnées p. 56 ont été reproduites pour chaque point.

L'examen de ce graphique montre que la difficulté d'exploitation, estimée subjectivement, correspond aux variations de l'indice de pente malgré un certain chevauchement.

Les deux valeurs — i inférieur à 1 et m inférieur à 15 — représentées en bas et à gauche du graphique correspondant à des points de sondage en Côte-d'Ivoire dans la région de Daloa où l'exploitation forestière est réputée être facile. L'unité de sondage au Gabon qui s'en rapproche le plus — i égal à 2,5 et m égal à 18 — provient d'une zone plate marquée de flats marécageux situés au Nord de Koumameyong. Ce graphique montre également la grande variabilité de m , l'indice de morcellement.

Mise au point de la méthode d'étude sur documents.

MESURES PRATIQUES SUR UNITÉ DE SONDAGE.

Le carré de 4 cm de côté, pris sur une carte au 1/50.000^e avec courbes de niveau tous les 20 m, est couvert d'une grille de 64 points par carré, le nombre de points où la pente est inférieure à 20 % — écartement supérieur à 2 mm — et celui où la pente est supérieure à 40 % — écartement inférieur à 1 mm — sont déterminés à l'aide d'un double décimètre transparent gradué à la face inférieure au contact de la grille et en utilisant dans les cas limites une loupe — un grossissement relativement faible suffit —. Si x est le premier chiffre obtenu et y le second, l'indice de pente i est égal à la valeur de i en grades tel que

$$\operatorname{tg} i = \frac{64 - x}{64 - y}$$

Ensuite le nombre d'inversions de pente est compté sur les côtés du carré et sur les deux médiatrices représentées sur la grille. Différentes mesures ont été faites sur les mêmes unités afin d'estimer la précision : sans emploi de la loupe l'écart maximum peut être de 15 %. En utilisant la loupe l'erreur relative entre plusieurs mesures ne peut dépasser 5 %.

DISPOSITIF PRATIQUE DE SONDAGE.

Différents essais ont été conduits sur une coupe au 1/50.000^e couvrant 60.000 ha. En s'ap-

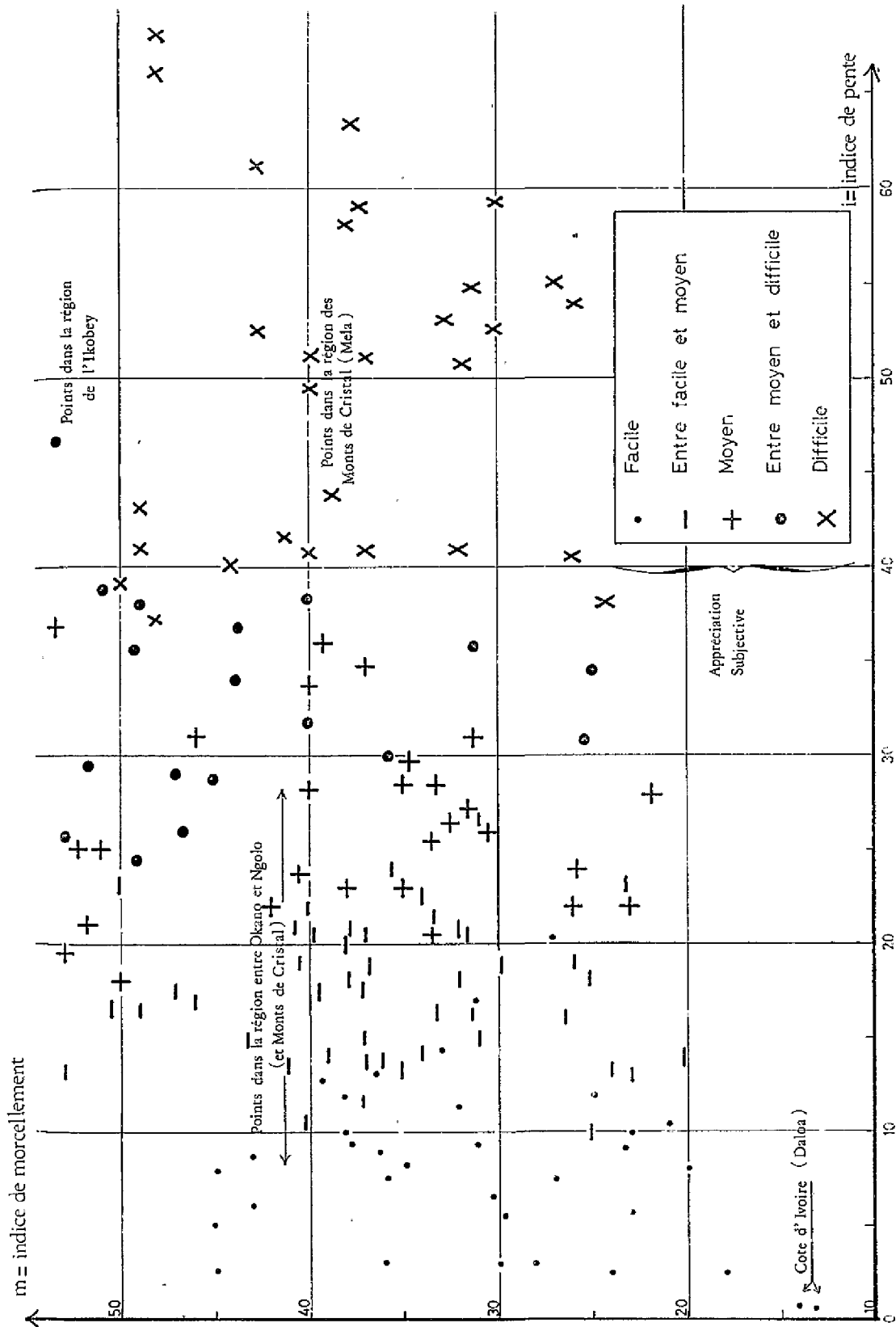


FIG. 5. — Les indications « Points dans la région de ... » montrent où se situent un certain nombre de points provenant de diverses régions du Gabon. Les points « Monts de Cristal » sont très dispersés ; l'indice i varie énormément selon qu'on se situe dans une vallée ou dans une zone de relief.

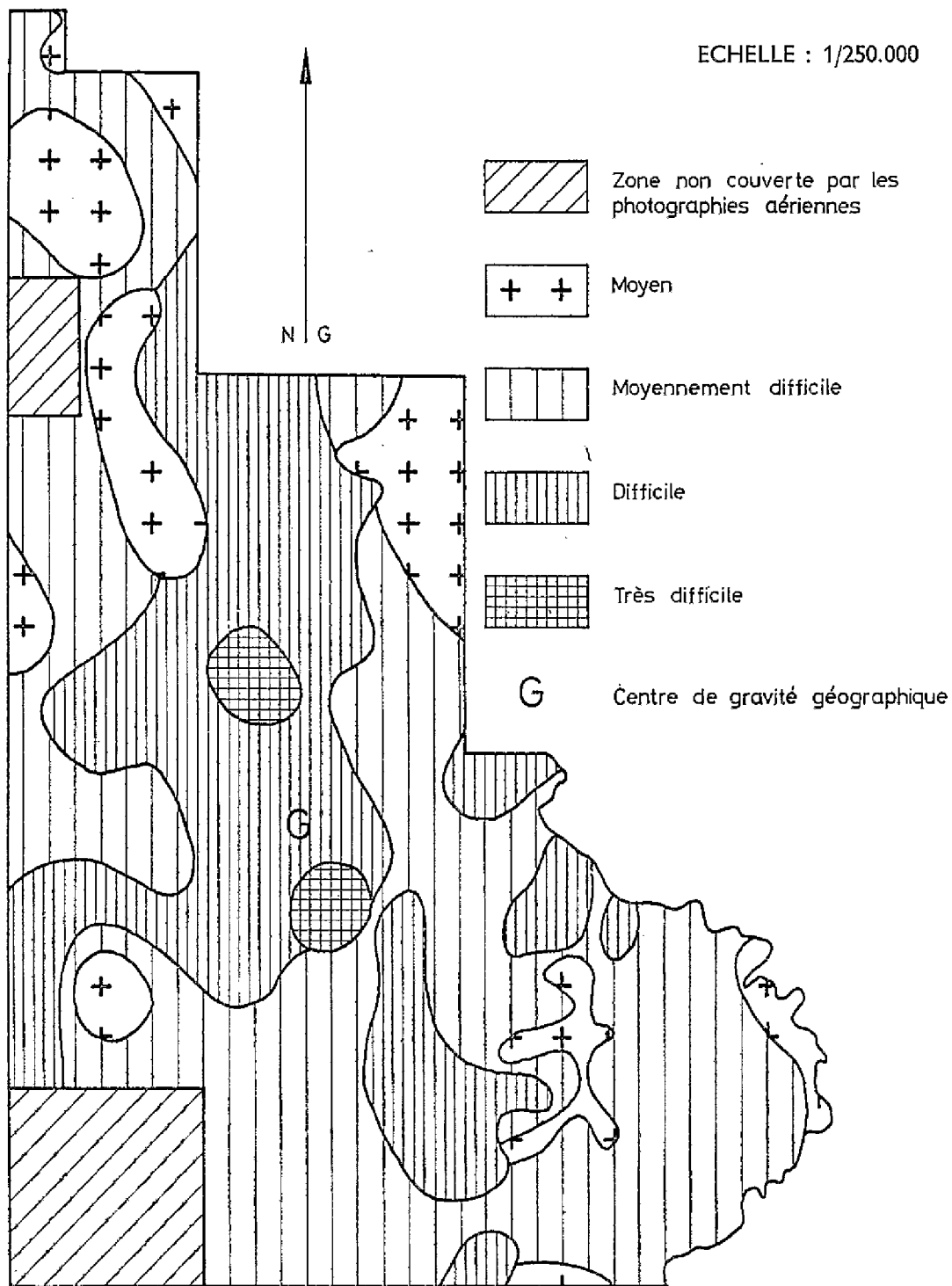


FIG. 6. — Exemple de cartographie au 1/250.000 d'un permis en fonction de l'indice *i*.
 Le procédé utilisé est celui décrit p. 60 sur cartes au 1/50.000 un sondage est effectué par unités de 4 × 4 cm disposées systématiquement au taux de 11 %. Les limites entre zones d'équidifficulté sont ensuite tracées au jugé. En cas d'incertitude des carrés supplémentaires sont implantés.
 Le document au 1/50.000 obtenu est ensuite réduit au 1/200.000.

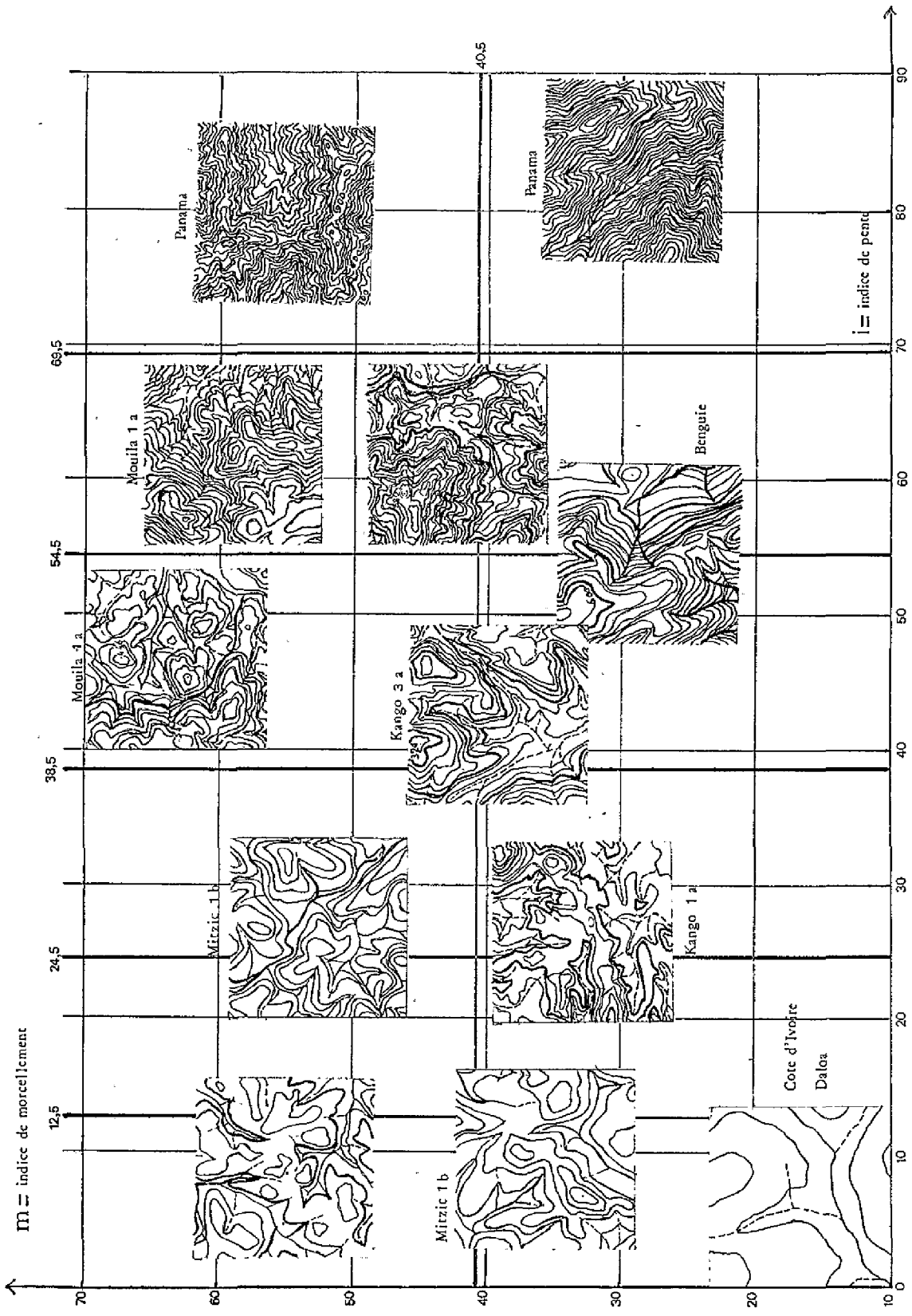


FIG. 7. — Les limites entre classes de difficultés définies p. 60 sont représentées sur le croquis, en abscisse, en abscisse. Quelques échantillons de terrain sont figurés au moyen de carrés de 4×4 cm extraits de cartes au 1/50.000, échelle légèrement réduite pour les besoins de la mise en pages, avec équidistance des courbes de 20 m. Le centre de chaque carré correspond à la position de chaque point (sauf en bordure de la figure). Nous avons fait figurer 2 échantillons provenant de la péninsule d'Azero au Panama. Pratiquement, dans les conditions gabonaises, la limite d'exploitabilité se situe vers $i = 50$ à 55 .

puyant sur le carroyage U. T. M., un dispositif systématique de sondage a été implanté à des taux de plus en plus élevés ; pour un taux donné les contours de zones d'équidifficulté (d'après l'indice de pente) ont été portés à vue sur la carte ; ensuite une étude exhaustive de tous les carrés de la carte, a permis de placer avec précision les limites des classes d'indice de pente. Cela a montré que d'excellents résultats peuvent être obtenus en implantant un dispositif systématique où l'écart entre deux carrés comptés, est, en latitude et longitude, de deux carrés non comptés, soit un taux de sondage minimum de $1/9 = 11,1 \%$.

Ce dispositif systématique est complété par l'étude de quelques carrés supplémentaires pour lesquels la classe d'indice de pente n'apparaît pas nettement. Dans les régions à relief très hétérogène ces points de sondage complémentaire sont plus nombreux que lorsque le relief est relativement homogène. En définitive, le taux de sondage global fut de l'ordre de 14% .

Le dispositif pratique, conduit par une étude

par sondage, a déterminé les limites des zones d'équidifficulté en s'appuyant uniquement sur l'indice de pente. L'indice de morcellement comprenant moins de classes et étant beaucoup plus facile à saisir a été gardé en seconde position.

EXAMEN DES PHOTOGRAPHIES CORRESPONDANTES.

L'examen simultané mais rapide des photographies aériennes s'est avéré intéressant et même nécessaire lorsque le terrain est facile — *i* de 0 à 12 —. En effet, deux cas typiques peuvent se présenter :

- Les documents au $1/50.000^e$ ne sont pas des cartes renseignées mais des stéréominutes qui n'indiquent pas les formations marécageuses.

- Ces documents sont équipés de courbes de niveau espacées de 20 m. Un tel espacement masque les mouvements de terrain de faible amplitude, tels que les micro ondulations à pente parfois forte qui sont bien visibles, sur photographies et n'apparaissent pas sur les documents cartographiques (relief en « peau d'orange »).

APPLICATION AUX PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES

Documents photographiques disponibles.

Au Gabon, vers la fin de l'année 1973, les stéréominutes au $1/50.000^e$ couvraient environ la moitié de la zone inventoriée. L'autre moitié était couverte seulement par des photos.

Méthode de classification sur photos.

Deux possibilités s'offrent pour appliquer la classification du terrain aux zones couvertes de photographies aériennes : l'une consisterait à transporter la méthode précédente aux photographies aériennes et l'autre procéderait par analogie.

La méthode utilisée pour les stéréominutes peut être appliquée aux photographies aériennes. La détermination de l'indice de morcellement serait facile, sous stéréoscope, les changements de pente apparaissent très bien. La détermination de l'indice de pente pourrait être effectuée par application d'une grille de points sur la zone choisie sur l'une des photos du couple stéréoscopique et par comptage des points d'une part où la pente est inférieure à 20% et d'autre part où elle est supérieure à 40% . Cela serait fait bien entendu sous stéréoscope. Un tel procédé suppose que l'observateur est parfaitement entraîné à l'estimation de la valeur des pentes sur photographies aériennes et qu'il contrôle périodiquement l'étalement de sa vision stéréoscopique. La seule diffi-

culté théorique est celle de l'échelle des photographies qui varie autour du $1/50.000^e$. Pour être rigoureux il convient donc de déterminer l'échelle des photographies et d'en tenir compte pour la taille de l'unité de sondage.

Une méthode plus rapide peut être employée ; elle est basée sur le fait que dans la zone traitée par étude des stéréominutes une couverture aérienne existe à la même échelle approximative que dans le reste de la zone à inventorier. Les opérations sont à effectuer en deux stades : le premier est l'établissement d'un échantillon représentatif de couples stéréoscopiques, le second est le classement de la zone à étudier en se référant à l'échantillon.

Exécution pratique.

Les photographies aériennes sont examinées sous stéréoscope ; en se reportant aux couples étalon, les limites des différentes classes d'indice de pente sont portées sur les photos d'une même bande. Ensuite un assemblage des photos par bande puis entre bandes est réalisé et l'homogénéité des limites tracées est vérifiée. Souvent le raccordement des limites de classe entre bandes n'est pas parfaitement réalisé ; cela provient de la moins bonne qualité des photographies sur les bordures, où la prise de vue est oblique et où les photographies sont généralement moins nettes du fait de la plus grande distance à l'appareil ; il est



Gabon. Route à flanc de colline.

Photo C.T.F.T.

alors nécessaire d'ajuster ces raccords par examen stéréoscopique de bande à bande — recouvrement faible de l'ordre de 10 % — et, éventuellement par un nouvel examen sous stéréoscope des photos d'une même bande.

L'indice de morcellement étant divisé en catégo-

ries beaucoup plus grossières ses différentes valeurs n'ont pas, au Gabon, été matérialisées en détail sur une carte, d'autant plus que sa variation est relativement homogène; certaines régions sont peu morcelées, alors que d'autres régions présentent une topographie uniformément hachée.

RÉSULTATS D'ENSEMBLE

LIAISON ENTRE MICRODESCRIPTION ET MACRODESCRIPTION DU TERRAIN

Il apparaît généralement une **bonne corrélation** entre les résultats fournis par les deux méthodes de description.

Cela résulte des études détaillées dont il serait trop long de rendre compte ici.

Mais la macrodescription du terrain utilisant les

documents cartographiques donne une image adoucie des pentes réelles du terrain. Elle a cependant l'avantage de fournir une vue exhaustive de l'ensemble du terrain alors que la microdescription s'appuyant sur les relevés au sol donne des indications dont la portée est limitée par le taux de sondage de l'inventaire.

LIAISON ENTRE LA MACRODESCRIPTION DU TERRAIN ET LES DONNÉES GÉNÉRALES DU RELIEF

Une colline localisée, à pentes difficiles, mais située au milieu d'une zone facile, ne posera pas de problèmes graves d'exploitation : il sera toujours possible d'établir, à bon compte, les routes d'accès indispensables.

Mais un relief identique à celui de cette colline, s'il est généralisé, sans vallées larges, rendra l'exploitation difficile, ne serait-ce qu'en raison du coût de la pénétration du massif.

Ces deux exemples montrent la nécessité de considérer ensemble la macrodescription du terrain (fournissant des indications à l'échelle de carrés de 4 km²) et la *description générale* du relief, dont il a été question p. 52. En d'autres termes les résultats de la macrodescription doivent être replacés dans leur contexte.

L'existence de larges vallées, ou de vastes lignes de crête continues, facilitant la pénétration, ne se voit bien que si on examine le relief dans son ensemble ; il en est de même des zones de marécages dont l'effet est inverse.

Concrètement, on peut prendre quelques exemples :

— Le système d'appréciation du macrorelief a été appliqué à Panama, à la péninsule d'Azuero

dont le relief est très difficile ou extrêmement difficile.

Mais ces difficultés du relief résultent, certes, des indices de pente élevés, mais aussi de ce que le relief est **partout** le même, sans vallées de pénétration.

— Les difficultés constatées au Gabon, dans la région Est de Mouila doivent être évaluées aussi en tenant compte de ce que le relief reste le même, sur de vastes superficies (une seule grande vallée existe).

— Sur une zone étudiée, dans les Monts de Cristal au Gabon, l'examen de la carte montre une grande variabilité du relief : des vallées existent où le réseau routier peut être établi dans de bonnes conditions. Mais il est important de noter que cette particularité ressort de la macrodescription du terrain : les 8 carrés de 2 km × 2 km étudiés sont très dispersés montrant la présence de terrains très variés.

Cette notion de dispersion (ou inversement d'uniformité) est très importante pour apprécier les difficultés d'exploitation. Elle ne peut être observée que sur la carte si le taux de sondage, par unité de 2 km × 2 km, ne permet pas de la saisir, ce qui est souvent le cas.

CONCLUSION

La méthode décrite ici n'est pas une panacée ; elle peut cependant être perfectionnée et utilisée dans des pays de la zone tropicale autres que le Gabon, à caractéristiques d'exploitation relativement voisines.

On notera l'importance donnée dans l'étude effectuée ici, aux pentes. Ce sont elles qui commandent en fait l'essentiel des distinctions qui ont pu être effectuées.

Un certain nombre de recommandations peuvent être formulées pour des opérations futures du même type.

En ce qui concerne le travail effectué par les équipes de terrain, il serait très important qu'en plus des tâches courantes de comptage et de relevé de pentes, un relevé systématique d'éléments intéressants d'exploitation future des lots traversés soit mené à bien. Ce relevé supplémentaire, sans avoir la lourdeur d'une recherche géotechnique systématique, pourrait s'intéresser à tous les indices de matériau apte à une utilisation en revê-

tement de chaussée et à la présence de blocs de rocher et de dalles rocheuses.

La macrodescription du terrain, étude sur cartes en courbes de niveau et photographies, devrait être entreprise conjointement avec les études de photointerprétation destinées à délimiter les différentes formations végétales et ce pour plusieurs raisons.

— Les photographies aériennes ne seraient examinées qu'une fois par un photointerpréteur qualifié qui traiterait les formations végétales et les difficultés de terrain.

— Le document alors établi pourrait éventuellement comporter deux types d'information, formations végétales et relief ; ceci permettrait une facile mise en évidence de certaines relations. Par exemple, pour le Gabon les zones estimées faciles quant au relief, contiennent la quasi-totalité des formations marécageuses, il est important de savoir si ces zones d'exploitation aisée correspondent à du sol ferme ou à des marécages, l'utilité de cette

information est évidente : suivant la proportion de marécages, l'intérêt de la zone est très fort ou nul. De même certains reliefs classés « très difficile » ou « extrêmement difficile » peuvent porter un couvert forestier à petites ou très petites cimes, dont le potentiel peut être supposé nul ; les difficultés d'exploitation ne sont plus alors à considérer, l'utilisateur n'ayant pas à pénétrer dans ces zones pauvres.

Seul l'aspect classification du terrain a été traité ici. Une liaison avec le prix de revient de l'exploitation est à établir en fonction du coût d'établissement de l'infrastructure routière et du coût de débardage. Il faut rappeler à ce propos que le coût d'exploitation proprement dit dépend non seule-

ment du terrain, mais également du volume extrait à l'hectare, paramètre au moins aussi important. L'application de coût d'exploitation par types de terrain tels qu'ils ressortent de la macrodescription, présentera un certain nombre de dangers et devra être nuancée. En effet, le coût d'exploitation pour une zone de faible étendue, 1.000 ha par exemple, doit être modulé en fonction de la difficulté des zones environnantes : ainsi une petite zone difficile ou très difficile, voire une chaîne montagneuse étroite — 2 km — ne posera pas de graves problèmes d'exploitation si cette zone est entourée de terrain facile ou moyen ; il n'en sera pas de même si l'ensemble est d'une grande difficulté et dépourvu de possibilités de pénétration faciles — lignes de crête cohérentes ou larges vallées.

DE NOUVEAUX CAHIERS SCIENTIFIQUES

Dans la nouvelle série de compléments à la revue : « **Les Cahiers Scientifiques** », vient de paraître, sous le numéro 4, une importante étude de MM. C. BAILLY, G. BENOIT de COIGNAC, C. MALYOS, J. M. NINGRE et J. M. SARRAILH intitulée : Étude de l'influence du couvert naturel et de ses modifications à Madagascar — Expérimentations en bassins versants élémentaires.

Les Cahiers Scientifiques déjà publiés concernent les sujets suivants :

- N° 1. — « **Bioclimatologie et dynamique de l'eau dans une plantation d'Eucalyptus** », par MM. Y. BIROT et J. GALABERT.
- N° 2. — « **Analyse en composantes principales des propriétés technologiques des bois malgaches** », par MM. F. CAILLIEZ et P. GUENEAU.
- N° 3. — « **Contraintes de croissance** », par M. P. GUENEAU.

On peut se les procurer en en faisant la demande à :

BOIS ET FORÊTS DES TROPIQUES
45 bis, avenue de la Belle-Gabrielle,
94130 NOGENT-SUR-MARNE — France.

Le prix de chaque numéro est de **15 F.**