

NOUVELLE CARTOGRAPHIE DU GABON AU 1/1.000.000  
PAR IMAGERIES RADAR

New cartography of Gabon at the scale of 1/1.000.000  
with the help of radar imaging

V. MOULEINGUI\* & A.C. PERRUSSET\*\*

ABSTRACT

*The radar survey carried out in 1981-1982 by Aero-services for the Gabonese Government has made an important contribution to the cartography of the country. A 3 cm radar wave emitted by a synthetic aerial wire with horizontal polarization allows a ground resolution of 15 m, whatever meteorological condition and soil nature may be. Radar remote sensing represents a main tool for equatorial regions mapping where trees and clouds are hindering terrestrial and aerial surveys.*

*The new map at the scale of 1/1,000,000 is drawn with the help of a first interpretation of radar imagery in addition to aerial photographs and previous maps. Rectifications and precise details are introduced in matters of topography, geology, hydrology and soil science.*

RESUME

*La mission Radar effectuée en 1981-1982 par Aéro-services pour le compte du Gouvernement Gabonais constitue un apport essentiel à la cartographie du pays. L'onde Radar de 3 cm de longueur, émise par une antenne synthétique à polarisation horizontale autorise en effet une résolution au sol de 15 m, quelles que soient les conditions météorologiques et édaphiques. La télédétection par Radar s'avère ainsi représenter un outil indispensable au niveau de l'équateur où, jusqu'à présent, le filtre forestier et la couverture nuageuse avaient gêné les missions de reconnaissance terrestres et aériennes, et empêché toute cartographie homogène.*

---

\* Département de Géographie, B.P. 13364, Libreville, Gabon.

\*\* Université Nationale Omar Bongo, B.P. 13364, Libreville, Gabon. Actuellement, à l'Université Nationale Hassan II à Casablanca, Maroc.

*Une première interprétation des imageries radar, complétée par l'étude des photographies aériennes et des cartes existantes, permet de présenter cette première esquisse cartographique du Gabon au 1/1.000.000. Des corrections et des précisions sont apportées dans les domaines topographique, géologique, hydrologique et pédologique.*

### Principes de télédétection par radar

Après une première mission de démonstration effectuée en 1977 par MOTOROLA, le Gabon a été entièrement couvert par radar en décembre 1981, pour le compte du Gouvernement Gabonais. La maître d'oeuvre, Aéro-services, constituait un consortium associant Goodyear, Mars et Motorola. La campagne, assurée par un vecteur du type Caravelle (altitude de vol de 11.000 m, vitesse de 800 km/h), a duré trois semaines. Le traitement des données, assuré à Phoenix, s'est étendu sur un an. Le devis total, de l'ordre de un milliard de Francs C.F.A., comprend un enregistrement sur film holographique, la couverture du Gabon au 1/400.000, avec restitutions aux 1/200.000 et 1/1.000.000, des coupures aux 1/200.000 et 1/1.000.000 et quelques agrandissements au 1/50.000.

En mission S.L.A.R. (Side Look Airborne Radar), l'antenne émet latéralement un train de micro-ondes électromagnétiques (domaine des hyperfréquences, avec une longueur d'onde de trois centimètres) qui sont réfléchies par le terrain. L'antenne radar fournit sa propre source de "lumière" et l'écho qu'elle reçoit dépend de son énergie d'émission. L'intensité de l'écho commande la luminosité d'un spot lumineux se déplaçant sur un tube cathodique. L'écran de l'oscilloscope est balayé par des lignes successives où l'intensité de chaque point dépend de la nature et de la position des éléments du relief. Ces lignes peuvent s'inscrire sur film photographique.

Sur l'imagerie, le détail des réflexions dépend de la longueur d'onde et de la polarisation du rayon incident, des caractéristiques géométriques et réfléchissantes de chaque facette du terrain. Les ondes se propageant en ligne droite, les régions cachées ("ubacs") ne sont pas "vues" et ne renvoient donc pas d'écho (elles apparaissent en noir sur les imageries). L'écho est, par contre, maximal sur une surface perpendiculaire au rayon radar incident. Certains éléments, comme les champs de céréales ou de bananiers, constituent des réflecteurs intermédiaires de type diffus. Les surfaces horizontales, comme les étendues d'eau ou les parkings, réfléchissent les micro-ondes à la manière d'un miroir (effet dit spéculaire); du fait de l'inclinaison du rayon incident,

aucune énergie n'est renvoyée vers le capteur et ces zones apparaissent en noir sur l'imagerie. Par contre, dans une ville ou contre les piles d'un pont par exemple, l'écho peut être maximal : il s'agit alors de réflecteurs dits multiples constitués par les surfaces horizontales (routes par exemple) associées aux surfaces verticales (immeubles par exemple) qui forment des dièdres piégeant les rayons incidents.

Le relief modifie les détails de l'imagerie. En particulier, une surface élevée, donc plus proche de l'avion vecteur, renvoie plus vite l'écho radar vers l'antenne réceptrice. Il en résulte une distorsion dite de perspective qui accentue la pente des montagnes. Ceci a cependant l'avantage de donner une impression de relief lorsque l'on examine une imagerie à l'oeil nu, sans qu'il soit nécessaire d'utiliser un stéréoscope (l'usage de cet instrument reste bien sûr possible lorsque deux imageries ont un recouvrement suffisant).

Tous les objets situés à une même distance dans une direction perpendiculaire au déplacement du vecteur sont confondus sur l'imagerie. L'effet de perspective est, par contre, supprimé dans le sens longitudinal du déplacement de l'avion, car sa vitesse peut être considérée comme négligeable par rapport à la vitesse des micro-ondes.

Un système de navigation inertiel commande l'auto-pilotage du vecteur et permet de suivre une trajectoire optimisée. Des capteurs de position angulaire règlent l'inclinaison de l'antenne pour éviter les effets de tangage et de roulis.

### Imageries radar

Deux objets terrestres dont l'espacement est inférieur à la largeur du faisceau incident coïncident sur l'imagerie, s'ils sont placés à la même distance du vecteur : les impulsions les atteignent en même temps et les échos sont renvoyés vers l'antenne au même instant.

Le pouvoir de résolution dans la direction longitudinale diminue avec la distance car le faisceau S.L.A.R. diverge. La résolution dans la direction perpendiculaire à la ligne de vol est d'autant meilleure que l'impulsion est de courte durée. Sur le plan théorique, on peut séparer sur l'imagerie les échos renvoyés par deux obstacles distincts si leur distance est égale à la demi-longueur d'onde de l'impulsion. Par contre, l'effet spéculaire croît avec la longueur d'onde, de sorte que le choix de la longueur d'onde entraîne un premier compromis entre définition et spécularité.

Dans la direction de la ligne de vol, la résolution est proportionnelle à la largeur du faisceau émis et donc à la longueur de l'antenne. En fait, il y a quelques années encore, on était limité par la taille de l'avion. Aujourd'hui cette difficulté est écartée grâce à l'emploi d'une deuxième antenne synthétique qui permet, en outre, de rendre la résolution longitudinale indépendante de la distance du terrain à l'avion. En conclusion, nous rappelons ci-dessous les avantages énormes apportés par la télédétection radar en zone équatoriale :

- pour les micro-ondes, à l'opposé des ondes du visible, de l'ultraviolet et de l'infrarouge, la notion de fenêtre atmosphérique n'existe pas : de jour comme de nuit, quelles que soient les conditions météorologiques, l'atmosphère peut être considérée comme "transparente" aux ondes radar. Une seule exception est constituée par les grosses gouttes de pluie des cumulo-nimbus, d'ailleurs mises en évidence par les radars météorologiques des aéroports (radars circulaires),
- les ondes radars sont pénétrantes, à travers une partie de la végétation et jusque dans le sol. C'est un avantage important dans les régions équatoriales dont la géomorphologie se lit facilement sur "l'écorché" par les imageries (on a l'impression que le filtre végétal a été gommé). En contre-partie, l'intérêt de ces documents est moindre en botanique, avec cependant des exceptions (par exemple, les bananeraies renvoient un écho remarquable),
- le relief est accentué par l'effet stéréoscopique et par l'effet rasant des ondes incidentes qui donnent des ombres artificielles. Cet avantage disparaît cependant en région montagneuse.

Bien entendu, l'idéal en télédétection reste la possibilité de disposer, pour une même région, d'un arsenal important comprenant les photographies aériennes classiques et dans le proche infrarouge, les données satellitaires dans le visible, l'infrarouge et, bientôt les ondes radars, surtout lorsqu'elles sont répétitives, et enfin les imageries radar dont il vient d'être question.

Dans le domaine de la télédétection par radar, l'avenir est à l'enregistrement sur films en couleur à couches sensibles aux différentes gammes d'énergie des échos, ainsi qu'à l'utilisation de différentes longueurs d'onde et de polarisations variées.

L'exploitation des imageries radar, obtenues à la suite de la mission effectuée sur le Gabon par Aéroservices en 1981-1982, permet de proposer une esquisse structurale et géomorphologique du pays.

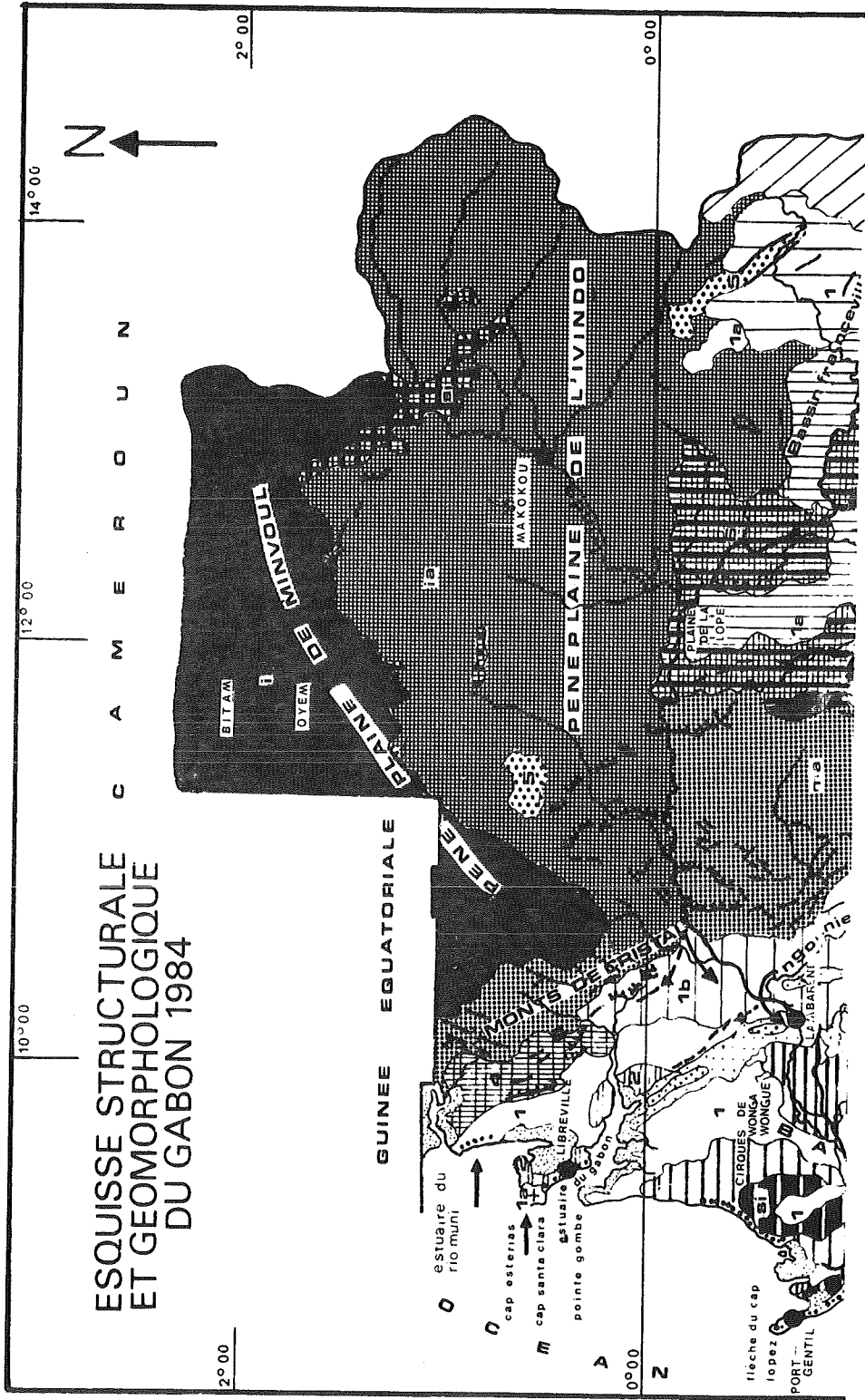
En pratique, les études de télédétection ont été fondées sur l'examen des imageries radar au 1/1.000.000, complété par des coupures au 1/200.000, celui des imageries Landsat au 1/1.000.000 (seule quatre documents Landsat A 1973 sont exploitables) et celui des photographies aériennes IGN au 1/35.000 environ.

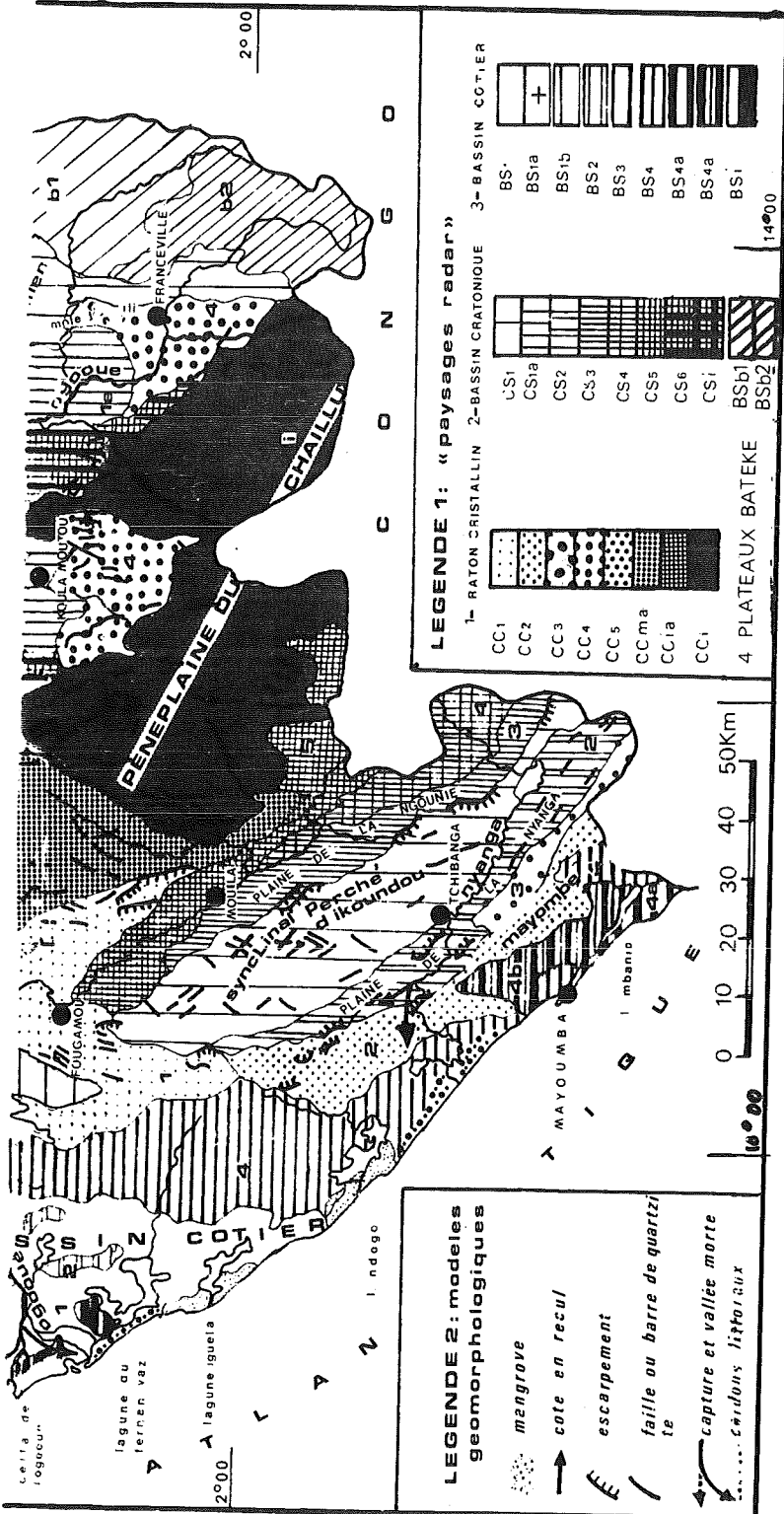
L'esquisse ci-jointe fait d'ores et déjà apparaître d'importantes précisions et même des modifications dans les différents domaines cartographiques. Nous en citerons quelques unes, à titre d'exemple.

Les réponses spécifiques de l'écho radar aux conditions édaphiques (sol + roche + eau) et végétales font apparaître une grande variété de "paysages radar", délimités avec plus de précision que ne l'autorisèrent trois générations de cartographes et géologues de terrain. C'est ainsi qu'un examen rapide des trois principaux domaines structuraux (craton cristallin, bassin cratonique, bassin sédimentaire) permet de mettre en évidence 25 unités géologiques différentes. Parmi les nouvelles unités mises en évidence, retenons :

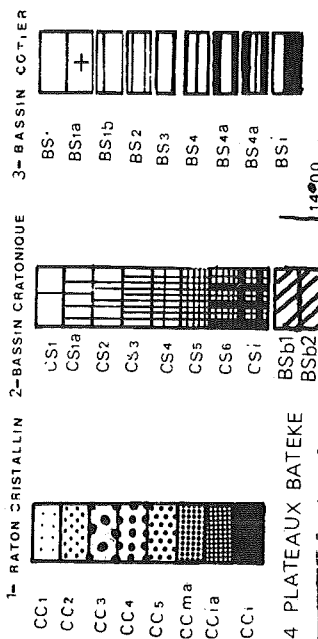
- la distinction BSb1/BSb2 faite sur le bassin sédimentaire des Plateaux Batékés à l'est du pays. Il semble que l'unité b2 corresponde, pour une même lithologie sableuse, à des contraintes de drainage et de pente (25 à 30 %) trop fortes pour les cultures arbustives et vivrières, et, en tout cas, inutilisables pour l'agriculture moderne.
- la limite entre la Pénéplaine de Minvoul (CCi) et celle de l'Ivindo (CCia), au nord du pays, jusque là suivie de façon fragmentaire sur photographies aériennes, et soulignée par des escarpements et des pains de sucre.
- le graben Nyanga-Ikoundou-Ngounié, bassin effondré entre le Mayombe et le Chaillu au sud du pays, marqué par des escarpements de faille; la structure du Massif de l'Ikoundou, en son centre, est hachée par un réseau d'accidents encore jamais cartographiés.
- Les captures des fleuves Ogooué et Nyanga, et de la Ngounié, apparaissent évidentes : il est probable que l'Ogooué débouchait jadis dans l'estuaire du Gabon (Libreville), avant son détournement vers le delta actuel (Port-Gentil).

# ESQUISSE STRUCTURALE ET GEOMORPHOLOGIQUE DU GABON 1984





**LEGENDE 1: «paysages radar»**



**LEGENDE 2: modeles geomorphologiques**

- mangrove
- cote en recul
- escarpement
- faille ou barre de quartzite
- capture et vallee morte
- cours d'eau

- à une échelle plus grande que celle de la carte ci-jointe, et à partir des imageries au 1/200.000, des structures géologiques particulières ont pu être mises en avant par le Service des Mines; des travaux de terrain supplémentaires et des levés aéromagnétiques devraient déboucher sur la mise en évidence de roches ultrabasiques et de minéralisations associées.
- enfin, dans un pays qui a pourtant connu de nombreuses missions cartographiques, des tracés de cours d'eau et même la localisation d'agglomérations devront être modifiées; c'est ainsi que la ville de Tchibanga, capitale de la Province de la Nyanga, voit sa position déplacée sur les cartes de 10 km vers l'est !

En conclusion, on reste étonné par la variété des observations qu'autorise la télédétection par radar, dans une contrée réputée par sa monotonie de paysages celés sous une épaisse couverture végétale. Cette méthode de cartographie moderne de l'environnement s'avère en fait des plus précieuses. Sa mise en oeuvre, qui pourrait se faire sous l'égide d'organismes internationaux pour en tempérer le coût, devrait permettre une relance de la reconnaissance, de la mise en valeur et de l'aménagement des pays de la zone équatoriale et forestière.

#### BIBLIOGRAPHIE

- BOUMA, M., LANAU, M., PERRUSSET, A.C. & WEYDERT, P., 1978. Nouvelle esquisse géologique de la partie nord du bassin côtier gabonais grâce à l'imagerie radar. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 287, Série D 11.
- HUDELEY, H. & BELMONTE, Y., 1970. Carte géologique de la République Gabonaise au 1/1.000.000. B.R.G.M., 72.
- JANSEN, H., GRAHAM, L.C., LEITH, E.N. & PORCELLO, L.J., 1977. Cartographie par radar. *Pour la Science*, 5.
- MARTIN, D., CHATELIN, Y., COLLINET, J., GUICHARD, E. & SALA, G., 1981. Les sols du Gabon. *O.R.S.T.O.M.*, Paris.
- PERRUSSET, A.C., 1981. Aperçu de la géomorphologie du Gabon. *Bull. Assoc. Géogr. Franç. Paris*.
- Cartes topographiques et photographies aériennes IGN du Gabon.