

SUIVI ET CARTOGRAPHIE DES ZONES DEFORESTÉES EN GUYANE FRANÇAISE
A L'AIDE D'IMAGES SPOT ET D'UN SYSTÈME D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE.

PAN AMAZONIA- DEFORESTED ZONES IN FRENCH GUIANA USING
SPOT DATA AND A GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM.

Denis Girou (1) et Jacques Beauchêne (2)

(1) et (2) Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts
Centre de recherches en forêts et bois tropicaux.
BP 316 97379 KOUROU Guyane française.
Tel: (594) 32 26 75. Fax: (594) 32 43 02

BP 5002 97300 CAYENNE. Guyane française.
Tel: (594) 30 29 05. Fax: (594) 30 29 39

ABSTRACT

French Guiana is covered by 90% with tropical moist forest. The boundary zone of the MARONI valley (Guiana/Suriname frontier) saw a very important increase of the population, particularly with the civil war in Surinam during the years 86 to 89.

With two images from SPOT, 1986 and 1989, (panchromatic and multispectral), we have tried different method of mapping deforested areas. The more efficient method, regarding to the particularity of the agriculture mode (small parcels) is semi-automatic with the panchromatic image. Due to the spectral resolution of the satellite, we could not distinguish secondary forest, with the classical methods used in this study.

On the study area, the deforested zones increased between 86 and 89 more by 60%. Considering the complete SPOT image, we have a strong decrease in Suriname, and little increase in French Guiana. All the results have been integrated in a G.I.S.

We will continue this study will following two directions: test of middle infra-red, and test of ERS-1 micro-waves datas.

RESUME

La Guyane française, couverte à 90% de forêt tropicale humide, présente un écosystème généralement peu perturbé. Toutefois, la frontière avec le Suriname (Vallée du Maroni), a connu, en particulier avec la guerre civile au Suriname entre 1986 et 1989, une forte augmentation de la population.

A l'aide de deux images SPOT de 1986 et 1989 (multispectrale et panchromatique), nous avons testé différentes méthodes de cartographie des abattis (zones déforestées pour la culture). La méthode la plus efficace utilise l'image panchromatique, en particulier à cause du nombre important de parcelles assez petites. Il n'a par contre pas été possible, avec des méthodes classiques et les canaux utilisés de cartographier la forêt secondarisée. Dans la zone étudiée, l'augmentation des abattis atteint 60%. Lorsque l'on considère l'image complète, il y a une diminution, qui est extrêmement forte côté Surinamien et une légère augmentation du côté de la Guyane Française. Tous les résultats de l'étude ont été intégrés dans un S.I.G., et l'étude se poursuivra dans deux directions: d'une part le test du moyen infra-rouge, et d'autre part le test des images radar ERS-1.

Mots clés Forêt tropicale. Télédétection. Cartographie. Système d'information géographique. Guyane.

Keywords Tropical moist forest. Remote sensing. Mapping. Geographic information system. French Guiana

INTRODUCTION

La vallée du Maroni représente, en Guyane Française, une réelle entité géographique. Ce grand fleuve constitue en effet la principale voie de communication vers l'intérieur du (des) pays. Ses rives sont, peuplées depuis longtemps. Outre les villages amérindiens, très anciens, le Maroni a vu s'installer dès le 18^{ème} siècle des populations originales, dites "noirs marrons", esclaves évadés de la Guyane Hollandaise de l'époque, aujourd'hui Suriname.

Les différentes ethnies se répartissent sans vraiment se mélanger au long du cours du fleuve.

La frontière Guyano-Surinamienne a une longueur de plus de 300 km. Nous nous intéresserons à une zone de 60 km de long, elle-même située à 30 km de l'embouchure du fleuve. (voir carte).

LE CONTEXTE

Politique et économie

La Guyane Française, après une longue période de stagnation, connaît une forte augmentation de sa population (+52% entre 1982 et 1990). Cette augmentation est accentuée dans l'ouest du département, où s'ajoute une forte immigration en provenance du Suriname. Une bonne partie de cette immigration a été liée à la guerre civile qui a eu lieu dans ce pays à partir de 1986.

La région fait actuellement l'objet de nombreuses études en vue de son aménagement, dans le contexte de retour de 6000 réfugiés au Suriname.

Le site étudié est centré sur le village d'Apatou (2500 h.); ce village abrite un petit camp de réfugiés.

Agriculture et habitats traditionnels

L'agriculture traditionnelle de Guyane, utilise la technique de l'abattis, c'est à dire une agriculture sur brûlis, dans une zone où les arbres ont été abattus. Les abattis ont des tailles très variables, de un à quelques hectares.

L'abattis se pratique partout en Guyane. D'un point de vue administratif il peut être de deux natures différentes: Soit il rentre dans une zone d'aménagement agricole programmée, auquel cas, il est considéré comme une étape vers une agriculture sédentaire, soit il est "sauvage", c'est à dire incontrôlé. La durée de vie d'un abattis est typiquement de deux années (in CNRS-ORSTOM, Atlas de de Guyane.)

Si Jeanjean et Husson (91) évaluent, pour le sud-est asiatique à 50% la part de déforestation due à des actions programmées telles que les opérations agricoles de grande envergure et à 50 % la déforestation spontanée, la situation est ici très différente. On peut en effet considérer que la déforestation spontanée représente plus de 75% des surfaces déforestées annuellement. Dans le cas de la vallée du Maroni, ce pourcentage avoisine les 100%(SCEES 1990). La mise au point d'une méthode fiable pour le suivi de la déforestation et si possible l'analyse prospective revêt donc une importance extrême.

La déforestation et les surfaces concernées sont faibles par rapport à la surface de la Guyane, mais il faut tenir compte, dans une perspective globale, des chiffres de la déforestation en Amazonie.

Tableau 1:

Années	78/79	88/89	89/90
Taux annuels (*)	21 135	17 871	13 818

Source: PEREIRA DA CUNHA 1991

(*) en milliers de km², non compris la déforestation liée aux projets hydro-électriques

Données disponibles

Cartes

Les seules cartes disponibles sont à moyenne échelle (1/50 000, Institut géographique national) et datent des années 50. Il est donc primordial, d'un simple point de vue opérationnel de pouvoir disposer de données plus récentes.

Images satellites

Des images ont été acquises par le satellite SPOT en 1986, avec une image multispectrale et en 1989 avec une image panchromatique (KJ 687 340). Ces images sont de bonne qualité, avec une couverture nuageuse remarquablement faible pour une région tropicale humide, elle est inférieure à 10% de la superficie de l'image. Elles ont été acquises au niveau 1B, et S, ce qui n'a pas posé de problèmes pour superposer les images, mais en a posé pour l'intégration dans le S.I.G.

Photos aériennes

Les photos aériennes les plus récentes datent de 1953, ce sont celles qui ont servi à faire les cartes de l'IGN.

Données de terrain

Les renseignements de terrain sont rares et dispersés. Par ailleurs, il est très difficile, à moins d'utiliser de gros moyens, d'obtenir des renseignements utiles sans la moindre idée a priori. Le recensement général agricole, réalisé à base d'enquêtes en 1988/89 (SCEES 1990) donne, des informations moyennes par commune sur l'utilisation du sol.

LES TRAITEMENTS UTILISES

Méthodologie générale

Nous avons identifié dans un premier temps un site-test de dimensions réduites de l'ordre de 10x10 kilomètres. Ce site, centré autour du village d'Apatou a été choisi parcequ'il comprenait l'ensemble des contraintes et des thèmes présents sur l'image:

- Nuages
- Eau libre
- Zone d'habitat dense
- Abattis récents
- Abattis anciens et abandonnés devenant de la forêt secondaire
- Forêt primaire
- Piste forestière

Le site n'est accessible que par le fleuve, en quelques heures de pirogue depuis Saint Laurent du Maroni. Sa facilité relative d'accès est un argument supplémentaire de choix. Il a fait l'objet d'une visite de

terrain, puis les images XS et P ont été traitées (Racaut, 1990). Chaque image a fait l'objet d'une interprétation qui a permis de définir une ensemble de parcelles de "vérités visuelles". Ils ont servi à évaluer les méthodes de classification des images. Après une seconde visite de terrain, la méthodologie a été affinée, puis le traitement retenu a été appliqué aux images entières. Dans un même temps, les "vérités visuelles" ont été vérifiées sur le terrain.

La pertinence du résultat obtenu a été vérifié sur deux autres sites pris au hasard. Les fichiers résultants ont subi une rectification géométrique, puis ont été intégrés dans le S.I.G.. L'intégration a utilisé les outils de transfert des logiciels Multiscope et Arc info et n'a pas posé de problème informatique particulier.

Image multispectrale

Les coefficients de corrélation entre les canaux bruts sont les suivants:

Tableau 2:

	XS1	XS2	XS3
XS1	1	1	0,43
XS2	1	1	0,39
XS3	0,43	0,39	1

Les premiers traitements ont consisté à améliorer autant que possible l'information. Dans un premier temps, il a fallu se débarrasser des zones nuageuses. Les zones d'eau libre, c'est à dire principalement le cours du Maroni, ont été ensuite découpées. Puis on a cherché quels canaux, ou combinaison de canaux semblaient les plus pertinents.

Statistiques de l'image brute masquée

Tableau 3:

	XS1	XS2	XS3
XS1	1	0,97	0,32
XS2	1	1	0,21
XS3	0,32	0,21	1

Les différents indices, classiques, ne permettent pas une distinction fiable des différentes zones forestières (indice de végétation...). Les traitements spatiaux tels ceux proposés par Adams et coll. (90) permettraient peut-être de générer de tels canaux. Dans notre cas, l'image présentant les meilleures qualités de contraste et de couleur est une composition colorée utilisant les canaux ACP1 en vert et ACP2 en rouge. Les ACP ont finalement été calculées pour des zones dans lesquelles tant les nuages que l'eau, mais aussi la route et le village, ont été masqués dans le but de concentrer les efforts sur la distinction des différents types de forêt. Les éléments masqués (eau, piste de latérite, village) ne peuvent se confondre compte tenu de leur signature spectrale différente de la végétation.

Les tests n'ont pas été facilités, par la présence de nombreux nuages aux contours mal définis. En effet, pour ne pas entraîner d'erreurs dans les ACP, il a été nécessaire d'extraire de l'image une zone relativement large autour des nuages, à cause des brumes, invisibles sur une composition colorée classique, mais très gênantes pour les traitements numériques tels que ACP ou décorrélation. De plus l'image, de 1986, était relativement bruitée.

Après un choix sur des critères tant visuels que statistiques des canaux pertinents, il a été procédé à une classique classification supervisée de l'image.

Un lot de parcelles de nature représentative des différentes occupations du sol ont été choisies et réparties entre parcelles d'entraînement et de contrôle.

Image panchromatique

Sur cette image des tests simples ont été faits: filtrages pour améliorer la netteté de l'image, puis seuillages, en recherchant en particulier à cartographier d'une part les abattis en activité, et d'autre part les vieux abattis abandonnés. Il est vite apparu que les zones de forêt secondaire ne se différencient des zones de forêt primaire que par leur texture, beaucoup plus fine et régulière, la radiométrie moyenne restant partiquement la même. Des méthodes simples (variance locale par exemple) ne permettent pas d'obtenir un canal significatif de cette différence de texture et il serait intéressant de tester des méthodes de segmentation basée sur la texture telles que celles présentées par Deshayes et coll. (90).

Photos aériennes

A titre de comparaison, des photos aériennes de 1953 et 1987 ont été analysées de façon traditionnelle. Leur étude permet d'identifier les zones d'abattis abandonnés, en distinguant (mais avec quelle précision?) les vieux abattis de la forêt secondaire proprement dite.

L'inconvénient majeur de cette méthode a été le manque d'étalonnage par rapport aux données de terrain, et donc le risque de dérive dans les interprétations. De plus, pour des grandes surfaces, compte tenu de la petite taille des abattis, le travail devient très vite fastidieux.

RESULTATS

Image multispectrale

La classification supervisée a classé quatre types de forêts, la forêt primaire, la forêt secondaire, et deux types d'abattis, à végétation plus ou moins dense. Les surfaces obtenues, par rapport aux vérités visuelles, (120 parcelles environ) sont les suivantes:

	Image classée	Vérité visuelle
Abattis	140,3	136,7
Ab. sol nu	32,5	16,8
(en hectares).		

La matrice de confusion montre toutefois un mélange important entre les différents types d'abattis d'une part, et entre la forêt primaire et la forêt secondaire d'autre part, entre les abattis et la forêt secondaire enfin. Cette dernière confusion a été induite par un choix particulier de parcelles de contrôle. Après la visite de terrain (contrôle d'une vingtaine de zones représentatives), et le regroupement des classes en "abattis" et "Forêt", elle a notablement diminué.

- Classe 1: Abattis peu denses "sol nu"
- Classe 2: Abattis en activité
- Classe 3: Zones d'abattis abandonnés
- Classe 4: Forêt primaire

Tableau 4

Classe	1	2	3	4	Rejet
1	89,6	2,4	0	0,6	7,3 %
2	1,9	63	30,1	2,7	2,3 %
3	0	16,7	89,6	0,6	0 %
4	0,1	0,4	2,5	92,5	4,4 %

Image panchromatique

Les zones en cours de culture, s'identifient sans trop de problèmes. La précision de classification, évaluée comme précédemment sur les parcelles de "vérités visuelles" est de 93% d'abattis bien classés. C'est le meilleur résultat obtenu, et il l'est avec la méthode la plus simple, c'est à dire un seuillage, suivi du passage d'un certain nombre de filtres sur l'image. Ici encore, on se retrouve réduit à ne pouvoir cartographier de façon fiable les seuls abattis en activité comme le montre la matrice de confusion ci dessous.

Tableau 5

Classe	1	2	3	4	Rejet
1	82,5	14,1	0,3	1,4	1,6 %
2	11,8	63	1,2	23,9	0,1 %
3	0	0	58,9	40	1,1 %
4	0,1	3,6	22,6	73,4	0,2 %

Comparaison entre les dates

La comparaison, après recalage et superposition des images de 1986 et 1989, donne les résultats suivants:

Sur le site test, autour du village d'Apatou, augmentation de 60 % de la surface en abattis. Cette surface est passé de de 124 à 192 hectares en trois ans. L'augmentation a trois causes: d'une part l'augmentation naturelle de la Population, d'autre part, les réfugiés situés dans le camp, et enfin des habitants Surinamiens ayant établis leurs cultures côté Guyanais.

Par ailleurs, les zones cultivées ont changé, confirmant en cela le caractère itinérant de la plupart des abattis présents sur le site.

Si on se place dans le cadre de l'image complète, côté français, la surface en abattis varie assez peu entre les deux dates, de 911 à 1100 hectares. Il est intéressant de noter que le recensement général de l'agriculture (SCEES 1988) donne 1200 hectares pour la commune d'Apatou, zone légèrement plus étendue que les images étudiées.

Par contre, sur l'ensemble des deux rives, la surface déforestée chute de 2670 à 1681 hectares. Le pourcentage des abattis situés sur la rive Française est donc passé de 42% à 65%. (+50%).

Intégration dans le S.I.G.

L'intégration des images classées dans le système d'information géographique a imposé dans une premier temps une rectification des images pour les rendre superposables aux coordonnées U.T.M.. Cette transformation n'a pas été facilité par le fait que très peu de points d'amer fiables étaient disponibles sur les images: Pas de routes, ponts, ni croisements ou limites

nettes. Dans l'optique d'une utilisation avec un S.I.G., l'usage d'images au niveau 1B est donc à proscrire, surtout lorsque, comme ici, on dispose de peu ou pas de repères au sol.

CONCLUSION

L'étude de deux images SPOT, a permis de mettre au point une méthodologie de cartographie des zones déforestées utilisées pour l'agriculture. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec une image panchromatique, et une méthode à base de seuillages et traitements d'image simples. Elle est robuste, et a été généralisée sans problème au traitement de toute l'image.

Les cartes résultantes ont confirmé, mais ont surtout permis de quantifier et de localiser le phénomène d'exode qu'a connu la rive Surinamienne, entre 1986 et 1989.

Il n'a toutefois pas été possible de cartographier de façon fiable la forêt secondaire, et des recherches en ce sens doivent être poursuivies.

Nous envisageons deux axes de recherche:

D'une part, par l'utilisation du moyen infra-rouge, avec des images Landsat TM. La limite de landsat TM risque d'être sa résolution spatiale.

D'autre part, par l'utilisation des images radar de ERS-1. Si leur résolution est sans doute un peu importante, les canaux de ERS 1 et surtout la répétitivité des images devrait permettre un suivi amélioré de ces zones sensibles.

BIBLIOGRAPHIE

Adams J.B. et col. 1990. 1990 "A new Landsat view of land use in Amazonia. International symposium on primary data acquisition. Manaus 1990; "International archives of photogrammetry and remote sensing, pp. 177-185.

Basa VF. 1991 Results of multirate assesment of deforestation using high resolution satellite data in the philippines in Traing course in remote sensing application to deforestation in southeast Asia, ISY, Bangkok, November 1991

Changchui H, Chaudhury MU 1991 The deforestation process in southeast Asia in Traing course in remote sensing application to deforestation in southeast Asia, ISY, Bangkok, November 1991

Conese C., Maracchi F, Miglietta F., maselli F. 1988. 1988 Forest classification by principal component analyses of TM data. International journal of remote sensing. vol 9, n°10 et 11, pp 1597-1612.

Deshayes et coll, 1990; 1990 Projet SPOT et FORETS, Rapport final. Laboratoire commun de télédétection CEMAGREF ENGREF.

Gastellu-Etchegorry JP. et Gambart D.1984

Automatic analysis of bi-temporal Landsat data: An application ti the study of the evolution of vegetation-covered areas in a tropical region. Proc. IGARSS, pp. 187-192

Gastellu-Etchegorry JP. et Gambart D.1991 Use of SPOT Data in indonesia. International journal of remote sensing.

Jeanjean H, Husson A 1991 Detailed studies with SPOT data and global perception with NOAA data. in Traing course in remote sensing

application to deforestation in southeast Asia, ISY, Bangkok, November 1991 pp. 34-48

Leckie DG, 1990, 1990 Synergism of synthetic aperture radar and visible/infrared data for forest type discrimination. Photogrammetric engineering and remote sensing, vol 56, n°9, pp. 1237-1246.

Price J.C. 1987 Combining panchromatic and multispectral imagery from dual satellite instruments Remote sensing of environment n° 21, pp. 119-128

Racaut C.1991: 1991 Méthodologie d'extraction semi-automatique des abattis à l'aide des images satellite SPOT. Rapport de Mastère en sciences forestières. Ecole Nationale du génie rural, des eaux et des forêts.

Roy PS et coll. 1991. Tropical forest type mapping and monitoring using remote sensing. International journal of remote sensing. vol 12, n°11, pp 2205-2226

Salo J. Kalliola S. , Häkkinen I., Mäkinen Y, Niemela P., Puhakka M., Coley P.D." 1986 River dynamics and the diversity of Amazon lowland forest Nature Vol 322, n°6076, pp. 254-258

SCEES, 1990. Recensement général de l'agriculture en Guyane. Tableaux PROSPER. Ministère de l'agriculture et de la forêt; service central d'études économiques et statistiques.

Singh Asbindu, 1987. Spectral separability of tropical forest classes. International journal of remote sensing. vol 8, n° 7, pp. 971-980

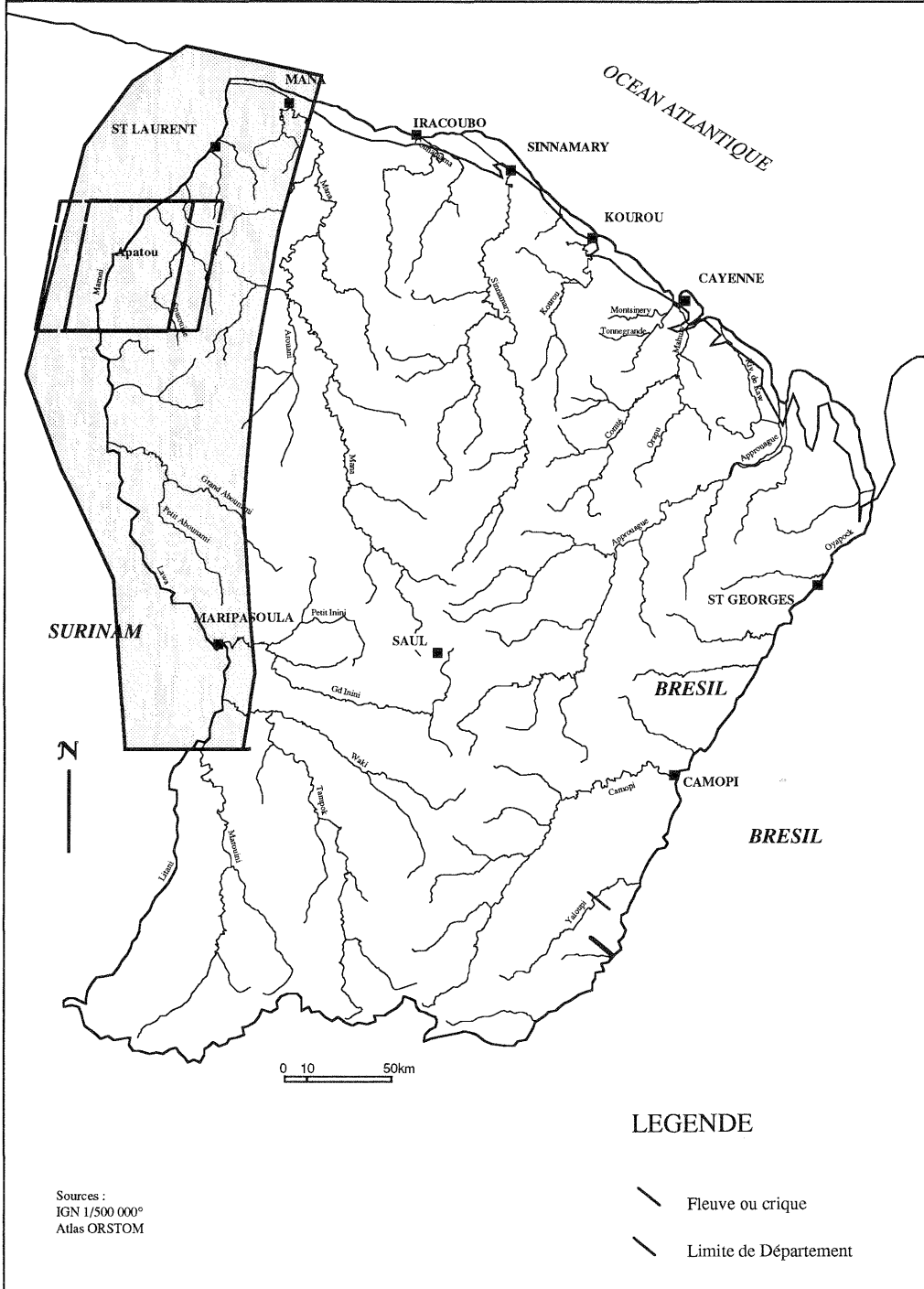
Singh KD et Janz K. 1991, Evaluation des ressources forestières et suivi de leur évolution. 10ème congrès forestier mondial, Paris.

Singh KD. 1990, FAO Tropical forest monitoring programme. "In In depth review of the forest resources assessment 1990 project; FAO."

Thang HC 1991 Monitoring deforestation with the use of satellite data with special reference to peninsular Malaysia in Traing course in remote sensing application to deforestation in southeast Asia, ISY, Bangkok, November 1991

Towshend J.R.G., Justice C.O. et Kalb V; 1987 Characterisation and classification of south american land cover types using satellite data. International journal of remote sensing. vol 8, n°8, pp. 1189-1207.

Zone d'étude et localisation des images SPOT utilisées pour le site-test



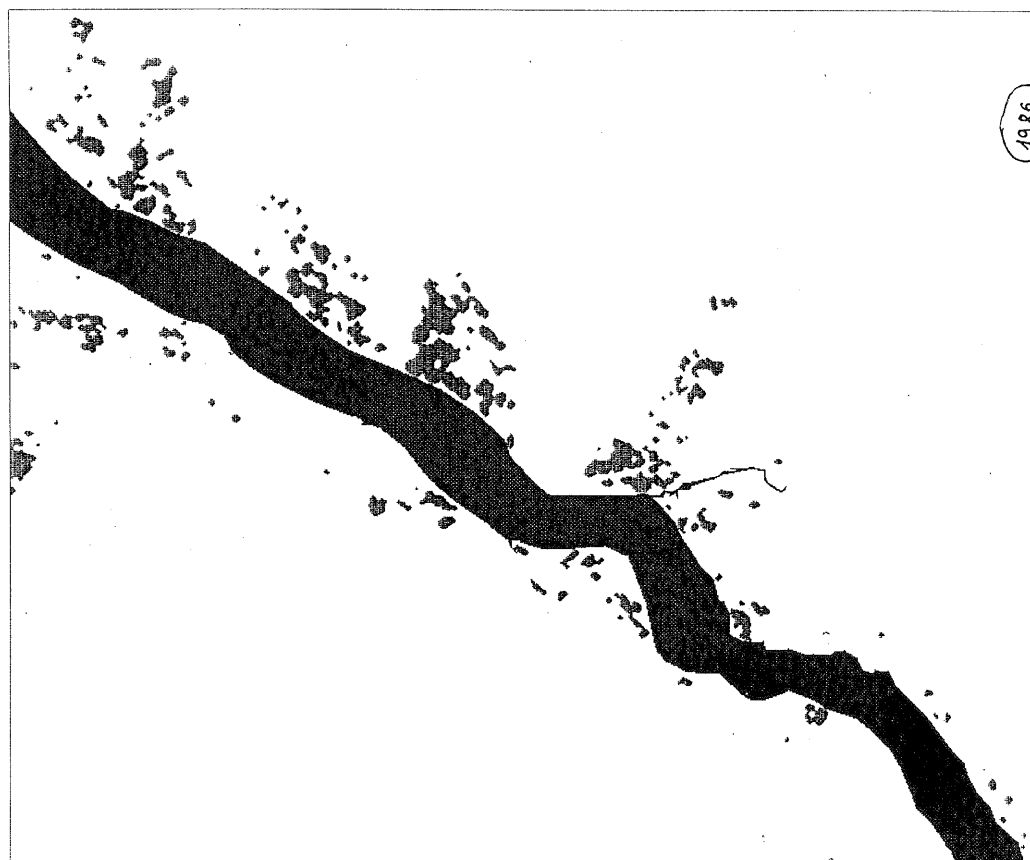


1983

ÉCH. 1:50000



ÉCOLE NATIONALE DU GENIE RURAL, DES EAUX ET DES FORÊTS
 GREF



1986

ÉCH. 1:50000



ÉCOLE NATIONALE DU GENIE RURAL, DES EAUX ET DES FORÊTS
 GREF