

ISSN

RÉPUBLIQUE DU BÉNIN

N° ISBN 99919-
992-58-12-6

Dépôt Légal N°
0020
du 29-12-2005



ACTES

2^{èmes} Journées Scientifiques Internationales

DES UNIVERSITES NATIONALES DU BENIN

JSI-UNB 2

(13 au 16 Avril 2004)

UNIVERSITÉ D'ABOMEY-CALAVI
UNIVERSITÉ DE PARAKOU

Réunis et présentés par

TOME 2

Cyprien GNANVO
&
Edmond ADJOVI

Abomey-Calavi, décembre 2005

Editeur :

Université d'Abomey-Calavi (Bénin)
01 BP : 526 Cotonou-Bénin

Comité de rédaction :

- Professeur Michel BOKO
- Professeur Cyprien GNANVO
- Dr Edmond ADJOVI

Secrétariat :

- Augustin NOUDEVIIWA

Comité Scientifique national de Sélection :

- Professeur Cyprien GNANVO
- Professeur Michel BOKO
- Professeur Hounkpati B. C. CAPO
- Professeur Fulbert G. AMOUSSOUGA
- Professeur Théodore HOLO
- Professeur Marc T. KPODEKON
- Professeur Théophile ZOHOUN
- Professeur DANSOU Pierre
- Professeur MOUDACHIROU Mansourou
- Professeur Mathurin C. NAGO

Comité Scientifique International :

- Professeur Salifou ALIDOU
- Professeur Daniel GUITARD
- Professeur Amos FOUJNET
- Professeur Koffi AKPAGANA
- Professeur Marc-Louis ROPIVIA
- Professeur Emmanuel M. K. EDEE
- Professeur Cokou ATCHOLIE
- Professeur Théodore HOLO
- Professeur Théophile ZOHOUN
- Professeur Fulbert G. AMOUSSOUGA

Contribution de la télédétection à l'étude du relief du centre Bénin

Par TCHIBOZO Eric Alain
PhD, Professeur – Assistant
DGAT/FLASH/UAC
Chercheur LABEE /DGAT/UAC

Résumé

Tous les problèmes de l'environnement ont un effet direct ou indirect, qui sont perceptibles sur le relief. C'est pourquoi ce dernier est souvent utilisé comme indicateur pour l'évaluation de l'état de paysage.

Dans cet article deux méthodes ont servi à la collecte et l'analyse des informations sur le relief : *la photo - interprétation des linéaments et l'analyse corrélative*.

Les résultats obtenus ont permis d'évaluer l'influence de la tectonique et de la densité hydrographique sur l'altitude du relief du centre Bénin. Plus élevé est le relief, plus dense est le réseau hydrographique, plus nombreuses sont les failles et fissures, témoins d'une activité tectonique précambrienne.

Mots clés : Relief, hydrographie, linéaments, télédétection, photo - interprétation, analyse corrélative, carte.

Introduction

Le relief est défini comme l'ensemble des inégalités de la surface terrestre. Ces inégalités résultent de l'action de deux facteurs essentiels : l'érosion et la tectonique (COQUE R.).

Le relief conditionne l'humidité, l'inondation et le drainage, la sédimentation des minerais et matériaux organiques, influence l'intensité des processus de déflation et le niveau des eaux souterraines. De ce fait, il est le miroir du paysage et son étude occupe une place importante dans tous les travaux d'aménagement (COQUE R., J. WILMET).

Le secteur d'étude englobe le centre du Bénin et une partie de l'est du Togo. Il est situé entre 7°01' et 8°39' latitude Nord, 1°03' et 2°44' longitude Est et couvre une superficie de 32400km² caractérisée par un climat subéquatorial.

Le présent article a pour but d'étudier le relief à l'aide des données de télédétection et de cartographie afin d'en préciser les caractéristiques et les utiliser pour la représentation géographique conforme de la région étudiée.

Pour cela, après avoir présenté les données images et la méthodologie, nous verrons les principaux résultats obtenus.

1. Les données images

Les images utilisées sont obtenues dans les canaux rouge et proche infrarouge du spectre électromagnétique à l'aide de la caméra multispectrale MK- 4, installée à bord du satellite « Ressource F-2 » du satellite Météor de la série Cosmos, le 21/01/1989. Les données analogiques ont été numérisées avec une résolution spatiale de 141m au sol.

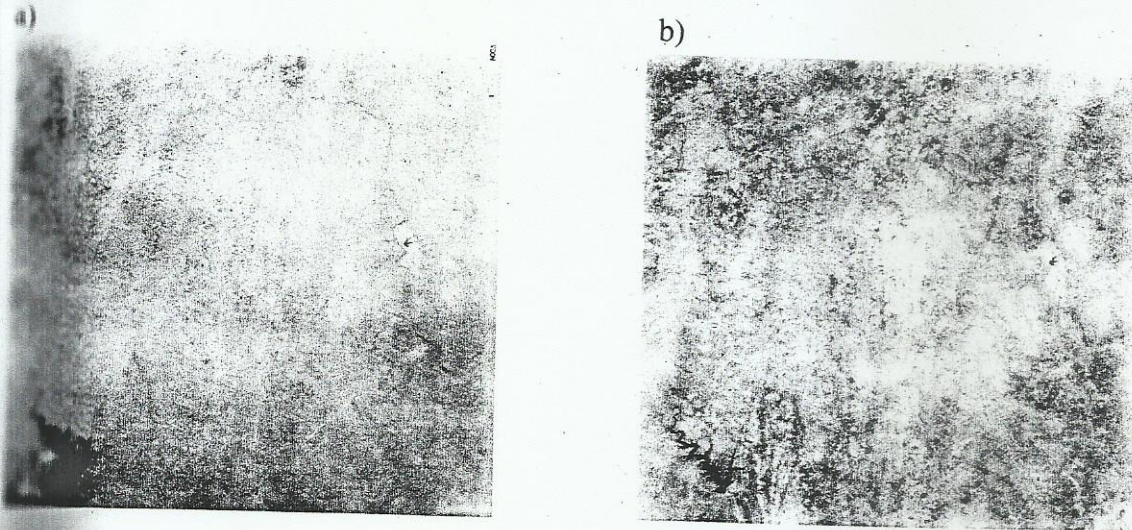


Fig.1 Images satellitaire multispectrale obtenue dans le canal rouge du spectre (a) et proche infrarouge du spectre (b)

2. Méthodologie

Les méthodes utilisées sont analytiques et descriptives : lecture de carte, photo - interprétation et l'analyse corrélative. La lecture de cartes permettra d'obtenir des informations sur le relief, l'hydrographie et la structure géologique.

L'extraction des linéaments a été réalisée avec le logiciel LESSA (Linéament Extraction and Strip Statistic Analysis) conçu par la société Aérologie de la Fédération de Russie. Ce programme permet d'extraire les linéaments qui représentent les frontières des zones de variation de 256 graduations du ton photographique.

Les fenêtres spectrales utilisées sont glissantes et reposent sur des masques gradients de différentes orientations qui sont obtenus par la transformation de Hough. La précision angulaire des masques est de 1° . Les traitements réalisés avec LESSA ont permis d'obtenir quelques centaines de linéaments dont la position de chacune dépend de la dimension des masques et de leurs orientations. Les résultats de la lecture de carte servent de base à la photo - interprétation des linéaments (SALICHEVA K. A., KNOUNIKOVA You. F).

Les coefficients de corrélation (r) ont été obtenus avec le logiciel COR.EXE grâce à l'inférence statistique à deux dimensions. La transformation utilisée est celle de FISHER :

$$Z = \frac{1}{2} \log_e (1+r/1-r)$$

Les limites de confiance sont calculées par la méthode de l'erreur standard (DAGNELIE P.) D'autres auteurs ont également estimé les erreurs sur le calcul des coefficients de corrélation et ont proposé des méthodes de calcul : Bellington (1978) et Devlin et al. (1975).

Pour la représentation des cartes de corrélation les valeurs de r ont été inscrites au centre des fenêtres pour observer les tendances. Les valeurs significatives de coefficient de corrélation, calculées sur la base de Fisher représentent $\pm 0,3$ pour la fenêtre de 28×28 km au niveau local et $\pm 0,1$ pour les autres fenêtres plus grandes au niveau régional. Les conditions de dépendance statistiques retenues sont les suivantes :

- *Au niveau local*
- $r \geq \pm 0,3$ Présence de relation de corrélation
- $r \leq \pm 0,3$ Absence de relation de corrélation
- *Au niveau régional*
- $r \geq \pm 0,1$ Présence de relation de corrélation
- $r \geq \pm 0,3$ Absence de relation de corrélation

Enfin des annotations suivantes ont été utilisées :

r- Le coefficient de corrélation

Re - La densité du relief ;

Hy - La densité de l'hydrographie ;

De_R - Densité des linéaments extraits sur les images rouge du spectre ;

De_{IR} - Densité des linéaments extraits sur les images Infra - rouge du spectre ;

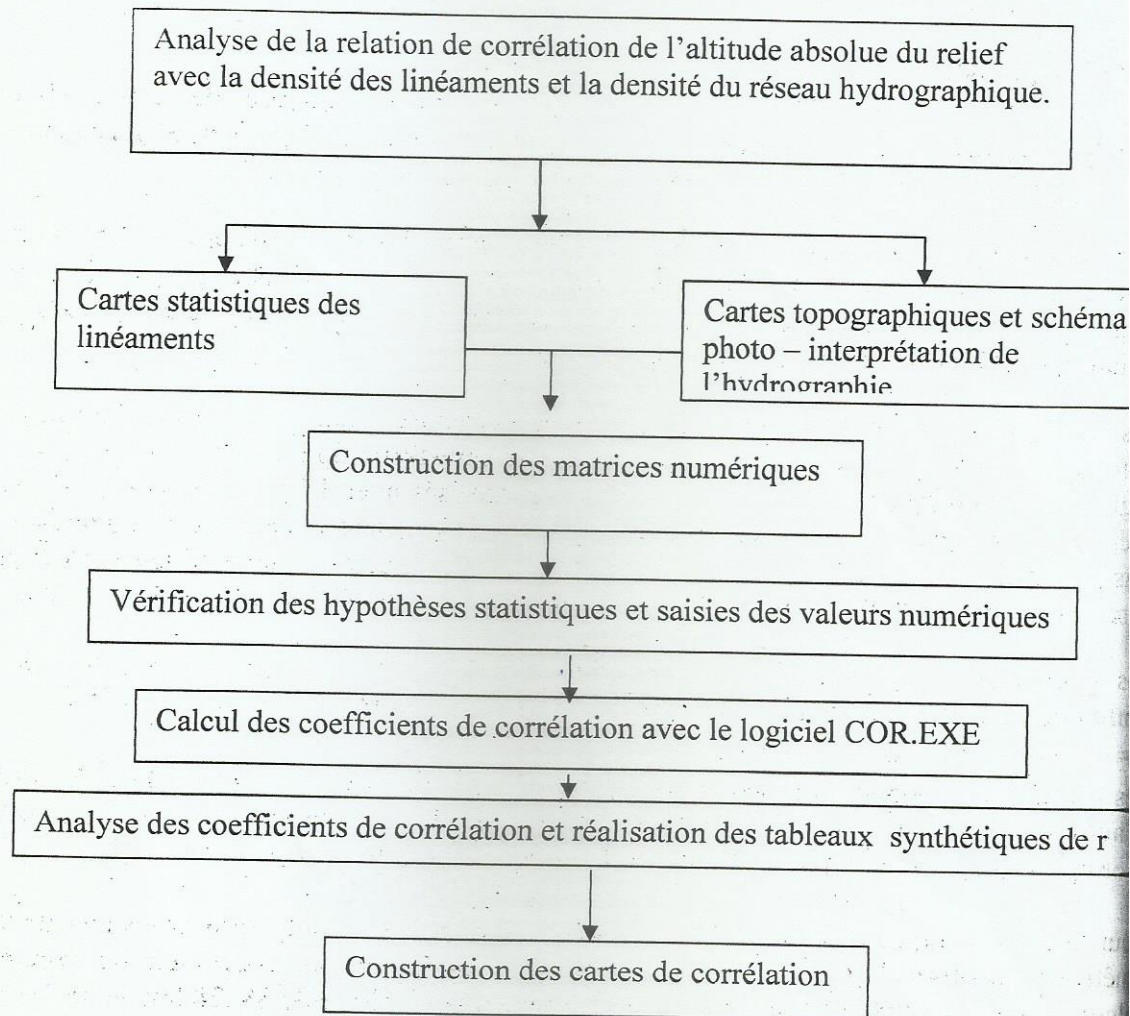


Fig.2 Schéma technologique de l'analyse correlative de l'altitude du relief avec la densité des linéaments et la densité du réseau hydrographique.

1 Résultats

1.1 - La lecture de carte

1.1.1 La topographie : La région étudiée est une vaste pénéplaine parsemée de collines et de quelques plateaux. L'altitude minimale est relevée dans le fleuve Zou et est égale à 29m. La région culmine à 465m au sommet de la colline de Dassa -Zoumè. Une faible dénivelée de cette dernière s'observe sur la colline de Savalou à 463m. Des altitudes élevées se distinguent par endroit : Mont Tané à Savè (398m), Adjanoudoho à Dassa (326m), etc.

La dénivelé et la pente augmentent progressivement du sud vers le nord et on observe des escarpements rocheux par endroit. Les formes structurales définissent des systèmes de pente aux contrastes rigoureux qui forment les plateaux entaillés.

La région est drainée non seulement par l'Ouémé et le Mono, mais aussi par de nombreux affluents qui définissent des modelés variés. La végétation est constituée essentiellement de forêts classées, de forêts denses dégradées, de forêts galeries, de forêts claires (Forêts de l'Ouémé Boukou, de Dogo, de Kétou, de Logozohè, de Gbadji, de Dan, d'Atchéribè, etc.). Le réseau de la voirie est peu dense et sert de transit vers les pays de l'hinterland.

1.1.2 La géologie : la lecture de la carte géologique montre la présence de roches anciennes précambriennes, groupées sous le nom de Dahomeyen qui constituent le socle du Bénin. Il est formé d'anciennes séries sédimentaires soumises à un intense métamorphisme et un cycle orogénique. Les roches plutoniques se distinguent par endroit. Les variétés lithologiques les plus rencontrées sont : le granite, le gneiss, le granitoïde, le granito-gneiss de Savè-Ouessè, le quartzite, les basaltes volcano - sédimentaires de l'Ouémé. Ces formations sont soumises à une altération causée par l'action de l'humidité et de la fissuration. La résistance des roches à ces phénomènes de dégradation est différente.

La plupart de ces formations sont affectées par des accidents de type tangentiels qui sont représentés par des failles dont la plus importante est celle de Kandi, qui souligne la limite entre la zone axiale et les formations granito-gneissiques.

De nombreux accidents longitudinaux de direction NNE-SSW allongent les structures, les failles transverses sont fréquentes. On observe également la zone de contact entre le sédimentaire et le cristallin.

1.2- La photo - interprétation des linéaments et leur interprétation

L'étendue des linéaments est un indicateur de leur stabilité et aide à leur interprétation. Les plus long linéaments de la région d'étude sont latéraux et s'étendent jusqu'au Golfe de Guinée en interceptant quelques les éléments du relief (dépression, vallées, collines, plateaux, etc). Les directions les plus rencontrées sont 22,5 et 112,5°. Les systèmes diagonaux sont orientés à 67,5°. Ces éléments de tectonique souple et cassante montrent l'histoire géologique précambrienne de la région.

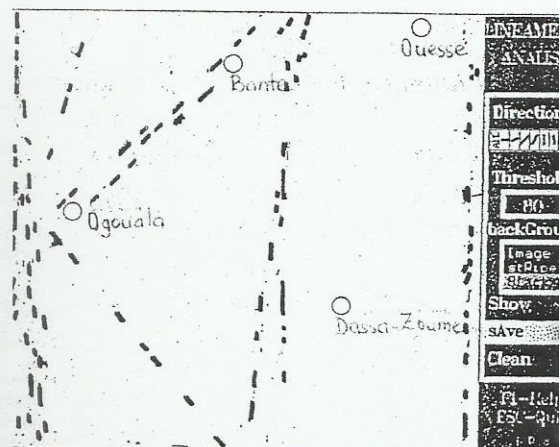
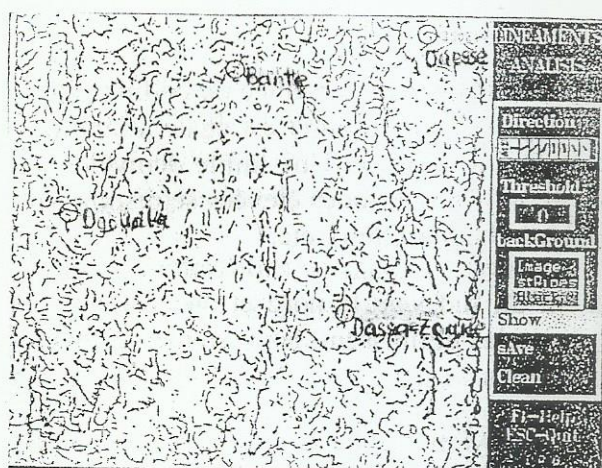


Fig 3 : Extraction des linéaments du centre Bénin Fig 4 : Interprétation des linéaments

L'interprétation des linéaments montre au sud du territoire des structures horizontales et monoclinales, représentées par l'aspect rectiligne des fronts de talus avec un tracé découpé pour les faibles pentages. On observe également des rides parallèles et dissymétriques dans les secteurs monoclinaux. Au nord de la zone d'étude on observe des structures plissées ovales sous la forme de dômes anticlinaux visibles sur les images

3.3- L'analyse corrélative

3.3.1 Les coefficients de corrélation

DeR-DeIR	Re-DeIK (R)	Re-Hy
Fen. 28*28 Km2	Fen. 28*28 Km2	Fen. 28*28 Km2
R1 = 0,147	R1 = 0,177	R1 = -0,092
R2 = 0,150	R2 = 0,462	R2 = -0,195
R3 = -0,374	R3 = -0,062	R3 = -0,020
R4 = 0,040	R4 = -0,618	R4 = -0,388
R5 = 0,237	R5 = 0,242	R5 = -0,127
R6 = -0,085	R6 = -0,629	R7 = -0,221
R7 = -0,253	R7 = -0,069	R8 = -0,669
R8 = 0,428	R8 = 0,320	R9 = 0,238
R9 = 0,253	R9 = -0,323	R10 = 0,251
R10 = -0,447	R10 = -0,607	R11 = -0,099
R11 = 0,333	R11 = -0,272	R12 = -0,238
R12 = 0,009	R12 = 0,455	R13 = -0,508
R13 = -0,161	R13 = 0,385	R14 = 0,294
R14 = 0,438	R14 = -0,565	R15 = 0,242
R15 = -0,115	R15 = -0,039	R16 = -0,043
R16 = 0,019	R16 = 0,261	R17 = -0,251
R17 = 0,229	R17 = 0,689	R18 = -0,454
R18 = -0,147	R18 = -0,745	R19 = -0,203
R19 = 0,388	R19 = 0,540	R20 = -0,115
R20 = 0,066	R20 = 0,089	R21 = 0,354
R21 = 0,086	R21 = 0,348	R22 = 0,271
R22 = -0,622	R22 = 0,248	R23 = 0,274
R23 = -0,845	R23 = 0,352	R24 = 0,304

Fen. 56*56 Km2		
R24 = 0,086	R24 = 0,593	Fen. 56*56 Km2
R1 = -0,042	R1 = 0,098	R1 = -0,331
R2 = -0,126	R2 = 0,109	R2 = -0,226
R3 = -0,202	R3 = -0,411	R3 = -0,009
R4 = -0,243	R4 = -0,251	R4 = 0,085
R5 = -0,126	R5 = -0,267	R5 = -0,364
R6 = -0,001	R6 = 0,219	R6 = -0,355
R7 = 0,374	R7 = -0,145	R7 = 0,255
R8 = 0,372	R8 = -0,600	R8 = 0,321
R9 = -0,032	R9 = 0,375	R9 = -0,231
R10 = -0,083	R10 = 0,144	R10 = -0,353
R11 = 0,129	R11 = -0,380	R12 = 0,114
R12 = 0,179	R12 = -0,268	R14 = -0,025
R13 = 0,105	R13 = 0,414	R15 = -0,024
Fen. 84*84 Km2		
R1 = -0,107	R1 = 0,068	Fen. 84*84 Km2
R2 = -0,088	R2 = -0,080	R1 = -0,200
R3 = -0,120	R3 = -0,386	R2 = -0,127
R4 = -0,094	R4 = 0,019	R3 = 0,250
R5 = 0,228	R5 = -0,150	R4 = -0,214
R6 = 0,386	R6 = -0,354	R5 = -0,082
R7 = -0,115	R7 = 0,284	R6 = 0,112
R8 = -0,240	R8 = 0,108	R7 = -0,073
R9 = -0,355	R9 = 0,140	R8 = -0,059
		R9 = -0,060
Fen. 120*120 Km2		
R1 = -0,120	R1 = -0,057	Fen. 120*120 Km2
R2 = -0,049	R2 = 0,105	R1 = -0,078
R3 = -0,108	R9 = 0,066	R2 = -0,014
		R3 = -0,00225
Fen. 140*140 Km2		
R1 = -0,239	R1 = -0,239	Fen. 140*140 Km2
		R1 = -0,07

3.3.2 Etude de la corrélation de l'altitude absolue du relief avec la densité des linéaments
 Tableau 1 : Valeurs significatives de r de l'altitude absolue du relief avec la densité des linéaments

Conditions	Fenêtres (Km)	Paramètres	
		Re-De _R	Re-De _{IR}
r ≥ 0,3 (local)	28*28	32	28
r ≥ 0,1 (regional)	56*56	69	50
	84*84	78	67
	120*120	50	25
	140*140	100	0

Cette analyse montre que dans la région centrale du Bénin, l'altitude absolue du relief a une forte relation de corrélation avec la densité des linéaments, extraits sur les images du canal rouge du spectre.

Au niveau local, la relation de corrélation de l'altitude absolue du relief avec la densité de linéaments est faible. On observe ici 28 à 32% de valeurs significatives de r . Au niveau régional, cette relation s'impose surtout dans le canal rouge du spectre avec 50 à 100% de valeurs significatives de r (tab.1). L'étude de cette relation par intervalles différenciés (tab.2) montre 44 à 56% de corrélation directe contre 20 à 25% de corrélation indirecte. Cette situation indique que dans le centre Bénin la plupart des linéaments ont une relation de corrélation directe avec le relief. Plus élevé est le relief, plus nombreuses sont les failles et les fissures, témoins d'une activité tectonique souple ou cassante. L'influence des linéaments sur l'altitude du relief se confirme par la dénivelée absolue qui augmente au fur et à mesure que l'on s'éloigne du sud vers le nord de la région d'étude. Cette dénivelée est également soutenue par de fortes pentes des collines et des montagnes.

Tableau 2 : Etude des valeurs significatives de r par intervalles différenciés

Fenêtres (Km)	Intervalles r	-1	-0,6	-0,6	-0,3	-0,3	0	0	0,3	0,3	0,6	0,6	1	Total
28*28	Niv. local	0		4		36		32		8		20		100%
Fenêtres (Km)	Intervalles r	-1	-0,6	-0,6	-0,1	-0,1	0	0	0,1	0,1	0,6	0,6	1	Total
56*56	Niv. régional	0		25		6		25		44		0		100%
84*84		0		22		22		0		56		0		100%
120*120		0		0		25		25		50		0		100%
140*140										100				100%

3.3.3 Etude de la corrélation de l'altitude absolue du relief avec la densité du réseau hydrographique

Tableau 3 : Valeurs significatives de r de l'altitude absolue du relief avec la densité du réseau hydrographique

Conditions	Fenêtres (Km)	Paramètres
		Re-Hy
$r \geq 0,3$ (local)	28*28	44
$r \geq 0,1$ (regional)	56*56	50
	84*84	33
	120*120	25
	140*140	0

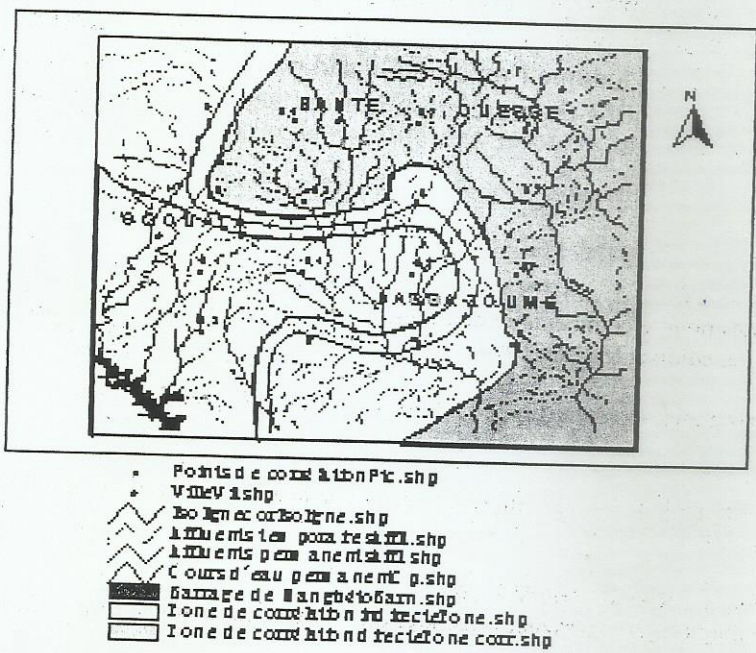
Tableau 4 : Etude des valeurs significatives de r par intervalles différenciés

Fenêtres (Km2)	Intervalles r	Intervalles r												Total		
		-1	-0,6	-0,6	-0,3	-0,3	0	0	0,3	0,3	0,6	0,6	1			
78*28	Niv. local	4		12		16		40		24		4		100%		
Fenêtres (Km2)	Intervalles r	Intervalles r												Total		
		16*56	Niv. régional	0		6		12		38		44			0	100%
		64*84		0		0		23		44		33			0	100%
		120*120		0		0		50		25		25			0	100%
		140*140								100						100%

Au niveau local cette relation est non négligeable. On observe 44% de valeurs significatives de r. Les études par intervalles différenciés (tab.4) montrent 24% de relation de corrélation directe. Des valeurs importantes de cette relation s'observent par endroit surtout dans la partie supérieure du Mono, dans le fleuve Ofè, l'Ouémé et à la limite des village de Bagou et Goubi.

Au niveau régional, on observe 33 à 50% de valeurs significatives de r. Les études par intervalles différenciés montrent 33 à 44% de corrélation directe contre 6% de corrélation indirecte. Cette situation indique que la plupart des éléments du réseau hydrographique ont une corrélation directe avec l'altitude du relief. Plus élevé est le relief, plus dense est le réseau hydrographique et plus actif est le travail sélectif des cours d'eau et le processus de sédimentation des minéraux transportés des régions septentrionales.

Fig. 5 Carte de corrélation de l'altitude absolue du relief avec la densité des linéaments



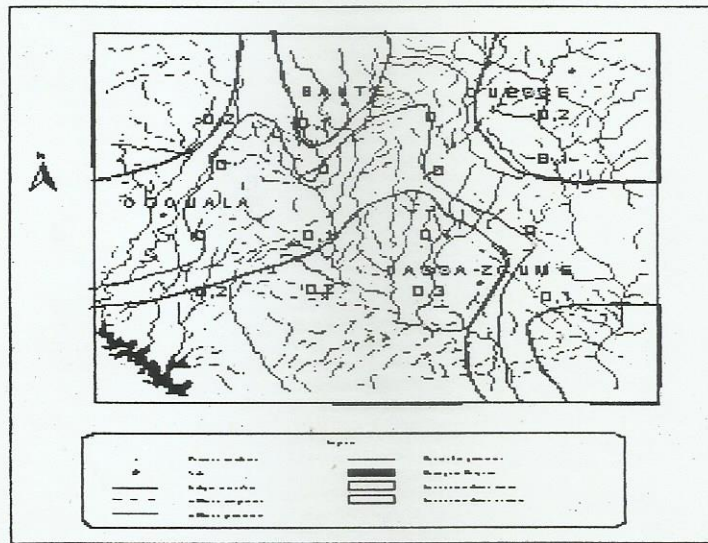


Fig 6 : Carte de corrélation de l'altitude absolue du relief avec la densité hydrographique

Conclusion

Les résultats obtenus dans ce travail montrent l'importance des images satellites à haute résolution dans l'analyse de la relation de corrélation de l'altitude du relief avec les linéaments et la densité du réseau hydrographique. Plus élevé est le relief, plus dense est le réseau hydrographique et plus nombreuses sont les failles et les fissures. L'influence des linéaments et de l'hydrographie sur la construction du relief s'exprime par la dénivellation importante et la pente forte lorsque l'on quitte le sud pour les régions Zou nord. Cette analyse a permis de réaliser des cartes de corrélation qui ont servi à la description topographique et structurale de la région étudiée.

Bibliographie

1. ARCHAMBAULT A , R . LHENAFF et J. R. VANNEY
Documents et méthodes pour le commentaire de cartes
Géographie et géologie, éditions Masson 1990
2. COQUE R. : géomorphologie, Collection U, Editions Armand Colin, Paris, 1998
3. DAGNELIE P.
Statistique. théorique et appliqué, tome2 Inférence statistique à une et à deux dimensions
De Boeck Université. 1988
4. SALICHEVA K . A , KNOUNIKOVA You. F.
Les résultats géographiques des expériences spatiales multispectrales Editions Université de Moscou
5. WILMET j.
Télédétection aérospatiale : méthodes et applications
Editions SIDES ,1996