

APPORT DE L'HYDROGRAPHIE A LA CARTOGRAPHIE GEOLOGIQUE ET STRUCTURALE DANS LES REGIONS AU RECOUVREMENT TERRIGENE EPAIS: CAS DE L'INDICE D'OR "BAOULE EST" (CENTRE DE LA COTE D'IVOIRE)

[CONTRIBUTION OF HYDROGRAPY TO THE GEOLOGICAL AND STRUCTURAL MAPPING IN WIDE SOIL COVER REGIONS: CASE OF BAOULE-EAST (MID REGION OF COTE D'IVOIRE) GOLD OCCURRENCE]

Kadio Hilaire NIAMKE¹, Brou Etienne N'DRI¹, Mahaman Bachir SALEY², and Jean BIEMI²

¹UFR Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire

²Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection (CURAT),
Université Felix Houphouët-Boigny, Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This research is a contribution of indirect analyses to classic geological and structural mapping. The principles of this analysis is to combine structural streams and structural directions in the goal to find structural building of streams network. Streams were numerized under Arcview and the data of each stream was done. Frequency graphics of number and total length of streams on Strahler classification were built and interpreted with "lois des rivières". Recognition of Structural directions was done by the building of Prud'homme main valleys and Howard drainage anomalies.

Structural streams have affected by at least point 5 in hierarchy. They are held by N30°, N60°, N130°, N160° orientations. This methodology can be applied at all ivoirian drainage system due to their tree buliding. The main valley is host by N60° direction. Others valleys are holding by N30° N130° et EO. in the landscape, structural directions are sitting as drainage anomalies as directions deviations and linear streams. These directions are well knowed in ivoirian precambrian structural context.

KEYWORDS: structural streams, structural directions, main valleys, dranaige anomalies, loi de rivières.

RESUME: Cette étude est une contribution des méthodes indirectes à la cartographie géologique et structurale classique par télédétection. Le principe de l'étude est de combiner les drains structuraux et les directions structurales dans le but de révéler l'architecture structurale du réseau hydrographique. Les brins du réseau hydrographique ont été sous Arcview numérisés et renseignés individuellement sur leurs longueurs et leurs directions. Afin de détecter les drains qui ont une origine structurale, les courbes de fréquences du nombre des drains et des longueurs cumulées en fonction des ordres de Strahler ont été construites puis interprétées à l'aide de la "loi des rivières". La reconnaissance des directions structurales fut établie par l'élaboration de la carte des principales vallées selon les approches de Prud'homme et les anomalies de drainage de Howard.

Les drains qui ont été mis en place par les structures géologiques sont au moins d'ordre 5. Elles sont préférentiellement orientées N30°, N60°, N130°, N160°. Cette méthodologie peut s'appliquer à tous les bassins versants ivoirien car ils ont tous une structure arborescente. La vallée principale est orientée N60°. Les autres vallées sont disposées suivant les directions N30° N130° et EO. Dans le paysage, elles représentent les anomalies de drainage que sont les changements brusque de directions et la rectilinearité. Ces orientations sont bien connues dans le contexte structural du précambrien ivoirien.

MOTS-CLEFS: drains structuraux, directions structurales, principales vallées, anomalies de drainage, loi des rivières.

1 INTRODUCTION

La cartographie géologique et structurale a pour principal objet l'affleurement [1] (Scanvic, 1983). La télédétection de par son caractère synoptique contribue énormément à la recherche des affleurements (Lavreau, et Tréfois, 2002). De plus, elle fournit la trame linéamentaire qui constitue le support de l'élaboration du bâti structural. Cependant la trame est constituée de linéaments topographie, de linéaments artificiels et de linéaments structuraux [2] (Prud'homme, 1972). Ces derniers qui sont ceux qui intéressent la cartographie géologique sont identifiés à l'aide des affleurements. De ce fait la cartographie géologique et structurale constitue un exercice complexe lorsque les affleurements sont rares. Le choix de l'hydrographie tient essentiellement du rôle géologique des cours d'eau tel que clarifié par [3] Horton (1945), [4] Howard (1967), cités par [5] Gioan (1985), et [6] Defontaines (1990). Selon ces auteurs, le réseau hydrographique constitue jusqu'à un certain degré, des empreintes de la fracturation et des autres structures géologiques. Dans le cas particulier de la Côte d'Ivoire, les principaux accidents tectoniques du Précambrien, détermine le trajet des cours d'eau [7] (Biemi, 1992). L'hydrographie pourrait renseigner d'emblée sur certaines dispositions structurales avant toute approche quantitative.

Selon [8] Arnould (1961) l'indice d'or "Baoulé-Est" l'un des trois indices majeurs du centre de la Côte d'Ivoire et le seul dont les études de prospection n'ont pas abouti à la mise en évidence d'un gisement. Localisé dans un paleobassin de formations à granulométrie fine [9] (Delor, 1995), il est naturellement est pauvre en affleurements. C'est ainsi que l'indice d'or "Baoulé-Est" a été choisi comme secteur pour réaliser une étude test impliquant les caractéristiques du réseau hydrographique. Cette étude a pour thème : **Apport de l'hydrographie à la cartographie géologique et structurale dans les régions au recouvrement terrigène épais : cas de l'indice d'or Baoulé-Est (Centre de la Cote d'Ivoire).**

Le principal objectif de ce travail est de combler les lacunes en informations structurales d'une cartographie géologique classique par télédétection. Il s'agit de constituer :

- une base numérique qualitative et quantitative du réseau hydrographique ;
- de détecter les drains ayant une origine structurale ;
- de mettre en évidence les directions structurales du drainage.

2 PRESENTATION DU MILIEU D'ETUDE

La zone d'étude (figure 1) est une région du centre de la Côte d'Ivoire comprise entre les longitudes (4° 00'W et 4° 45'W) et les latitudes (7° 00'N et 6° 30'N). Il s'agit d'une importante portion des régions administratives du N'zi et du Moronou dont les villes de Dimbokro et de Bongouanou sont respectivement les chef-lieux.

Selon la SODHEXAM [10] (Patuere et al, 1998), le climat de la région d'étude est une transition entre le climat humide (atténué à deux saisons de pluies et deux saisons sèches) caractéristique de tout le sud de la Côte d'Ivoire et le climat sec (soudanais avec une importante saison sèche) du nord. Ce climat qui est appelé Baouléen, occupe tout le centre de la Côte d'Ivoire. Les variations mensuelles des précipitations de l'ensemble des stations sur une période allant de 1988 et 2002 (Figure 2) confirment l'existence de deux saisons pluvieuses. Les mois de mai et juin enregistrent les plus grandes quantités de pluies. Les fortes pluies reprennent de septembre à octobre après les récessions de juillet et d'Août. Cette baisse de la pluviométrie est cependant plus importante que celle qui est vécue à la fin et au début de l'année, de novembre à février. C'est au cours de cette dernière période que sont enregistrées les sécheresses [11] (Biémi et al, 1997). Il convient de souligner que la variation moyenne des niveaux de pluies entre les périodes sèches et humides est de 30 mm. Ce faible écart ne traduit pas une intensité similaire des pluies des deux périodes pluvieuses ci-dessus énumérées.

Le Bandama dont les affluents notamment le N'zi, draine la plus grande partie de la zone d'étude, est l'un des "appareils" Hydrologiques majeurs de la Côte d'Ivoire (Ivoirgeo, 2002). Il est l'unique fleuve ayant bassin versant (97 500 km²) entièrement localisé en Côte d'Ivoire. La ligne de séparation des eaux correspond aux sommets alignés suivant la direction NE des collines de Bongouanou (figure 3). Les affluents du N'zi (Ourougo, Mandia, Boya, Songan, N'tipin) occupent 80 % de la zone d'étude. Ceux de l'Agneby dans la partie Est ne représentent que 20% du secteur. Le tracé du N'zi est très méandrique. L'écoulement est doublement orienté ESE et ENE. Le N'zi circule dans des vallées larges au sein d'un ensemble monotone caractérisé par des plateaux séparés les uns des autres par des talus de dimensions modestes qui sont cependant très visibles dans le paysage. Le bassin versant marginal de l'Agneby est représenté par l'Agbo et ses affluents. L'Agbo circule dans des vallées étroites et entaillées. Ce paysage accidenté bien que ne présentant pas de véritables pics (les altitudes ne dépassent guère 100m), est favorisé par l'action de la couverture des forêts ombrophiles.

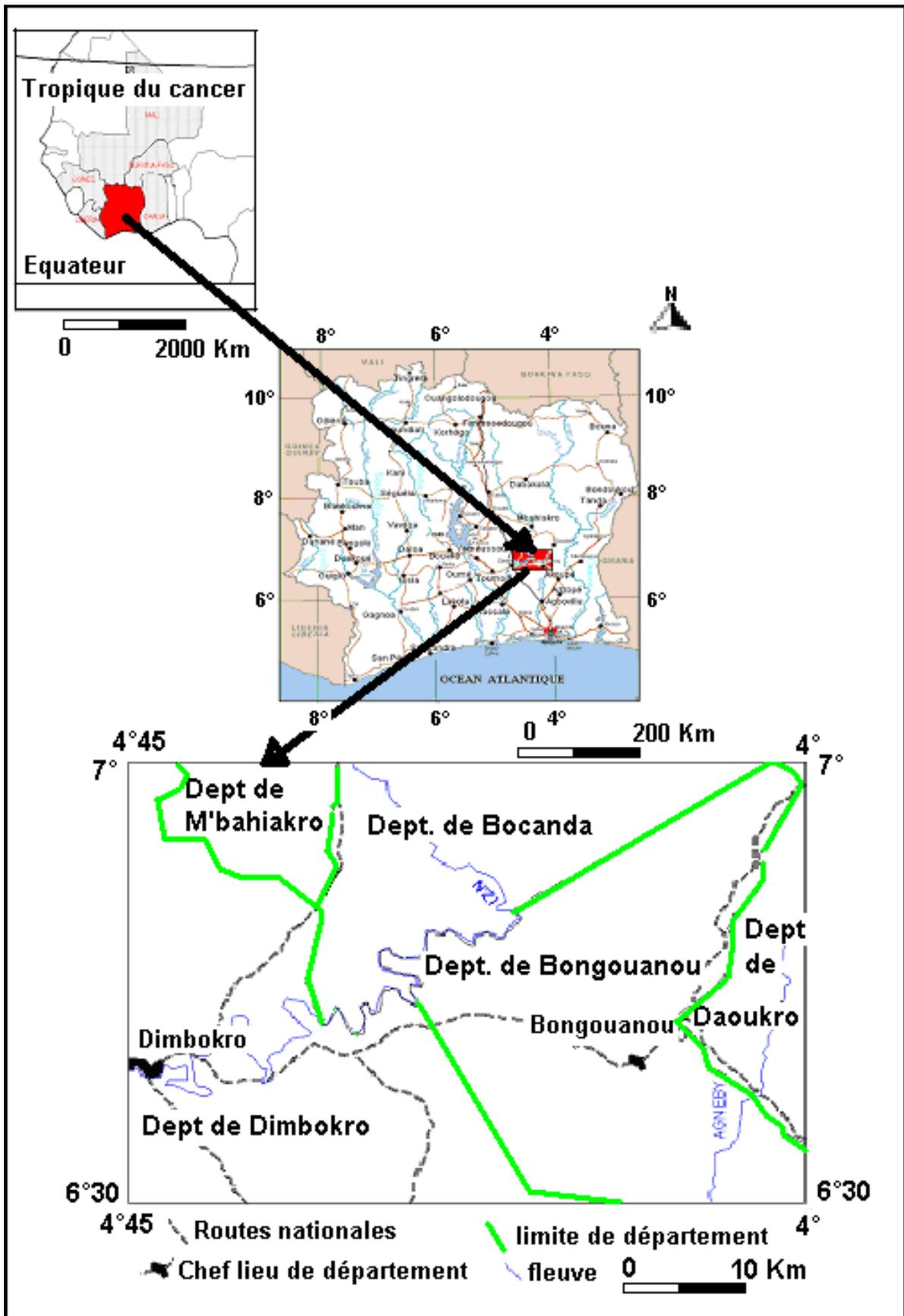


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude (Source, Ivoiregéo, 2002 ; CCT, 1994)

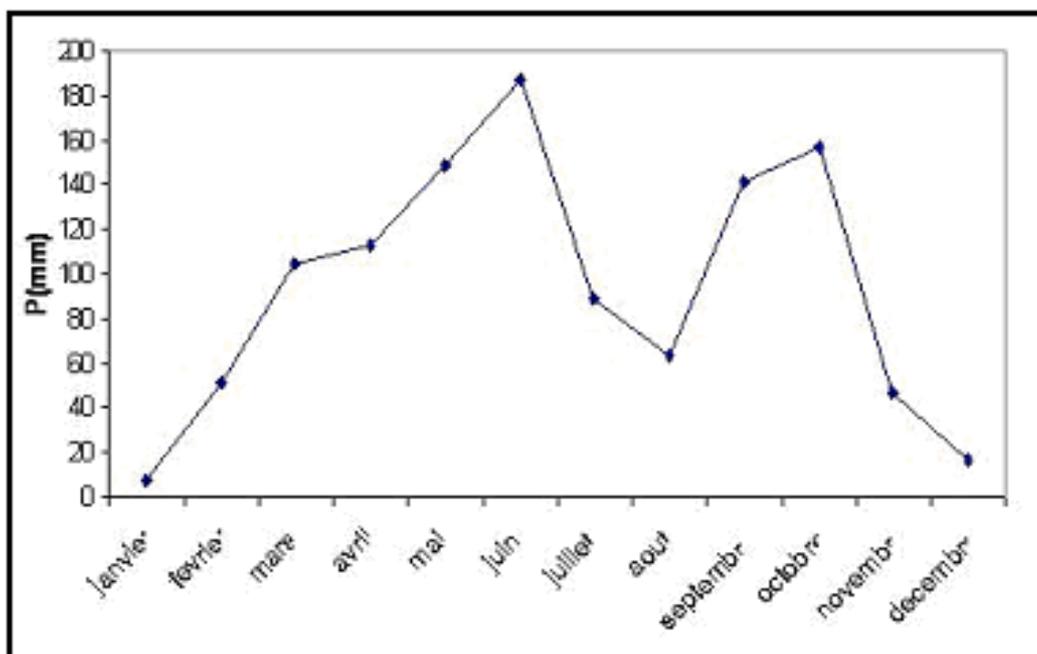


Figure 2 : Courbe des variations mensuelles des pluies de la région d'étude de 1988 à 2002.

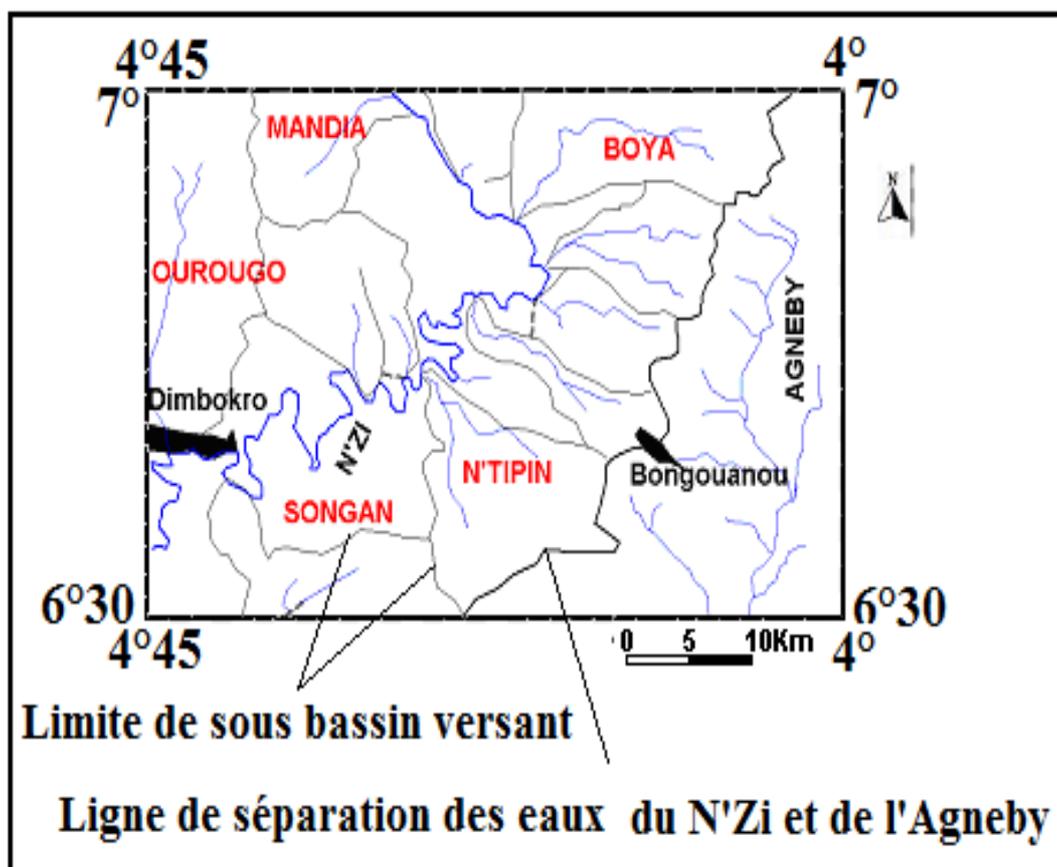


Figure 3 : Principaux sous bassins versants de la région d'étude (extrait de la carte topographique de Dimbokro au 1/200000 du CCT).

La carte géologique de Dimbokro [9] (Delor et al, 1995) révèle les caractéristiques ci-après. Situé dans l'Ouest, le domaine des granitoïdes est constitué de granites concordants à deux micas, de granites à biotite et de métagranites à biotite. En dehors du bloc ouest, la région est essentiellement constituée d'une variation latérale de schistes silteux et de schistes arénacés. Elle est parfaitement intégrée dans le paleobassin de la Comoé [11] (Tagini et Gobert, 1972) et [12] (Yacé, 2002). La région est un vaste plissement de formations redressées. Ce plissement est une succession de synformes et d'antiformes dont les axes orientés N30° et régulièrement disposés, indiquent qu'il s'agit de plis isopaques [13] (Vidal et Tempier, 1982).

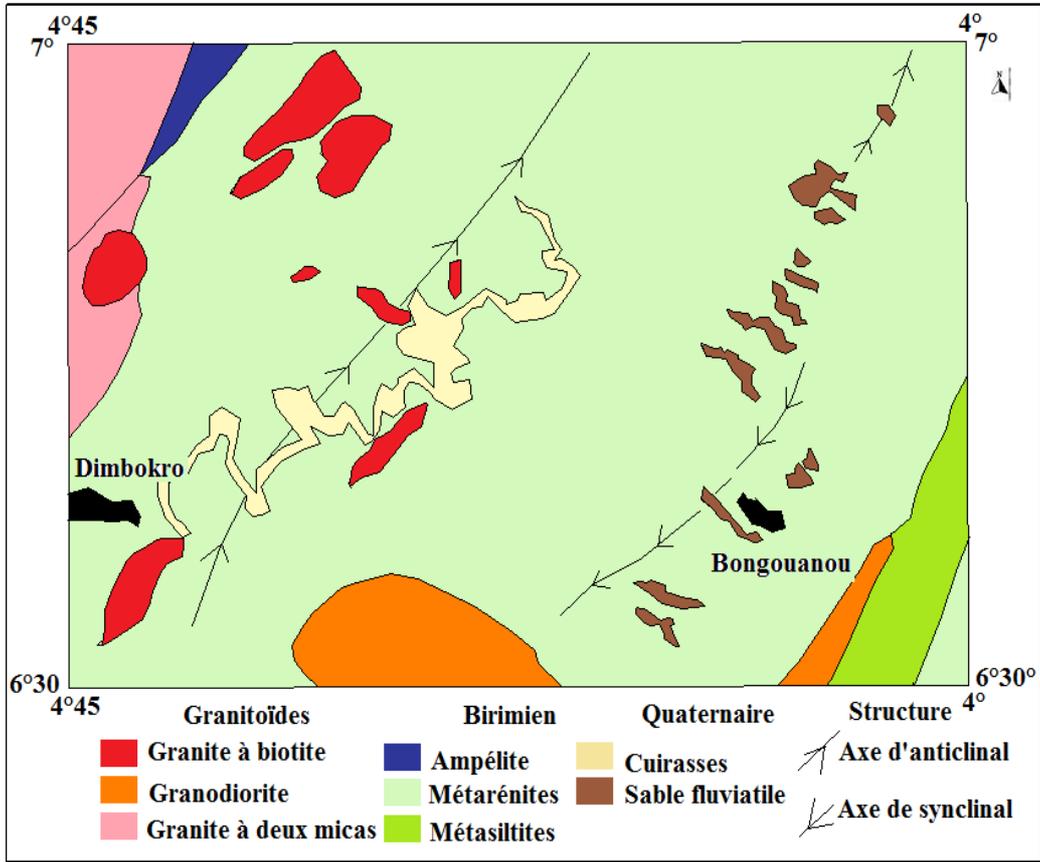


Figure 4 : Carte géologique de la région d'étude (Source : Delor et al, 1995)

Les affleurements sont rares. En effet, seuls cinq affleurements ont été observés sur la zone d'étude (4537,5 km²) qui représente approximativement la moitié de la surface d'un degré carré (12100 km²). Le mode d'affleurement (figure 5) dans cette zone savanicole est fonction de la nature des roches et de la densité du couvert végétal. En effet, Les granites sont sous forme de "boules flottantes" sur les surfaces non couvertes (villages). Ils sont sous forme de blocs lorsque la végétation est de type arbustif. Lorsque la couverture végétal est faible (paille), les granites sont sous forme de dalles. Les affleurements sains de schistes sont localisés dans le N'zi, précisément dans les zones de rupture de pentes (Kouadio-Tèkro et à Yébouébo). Les affleurements sont caractérisés par une faible extension qui est de l'ordre de l'hectare.

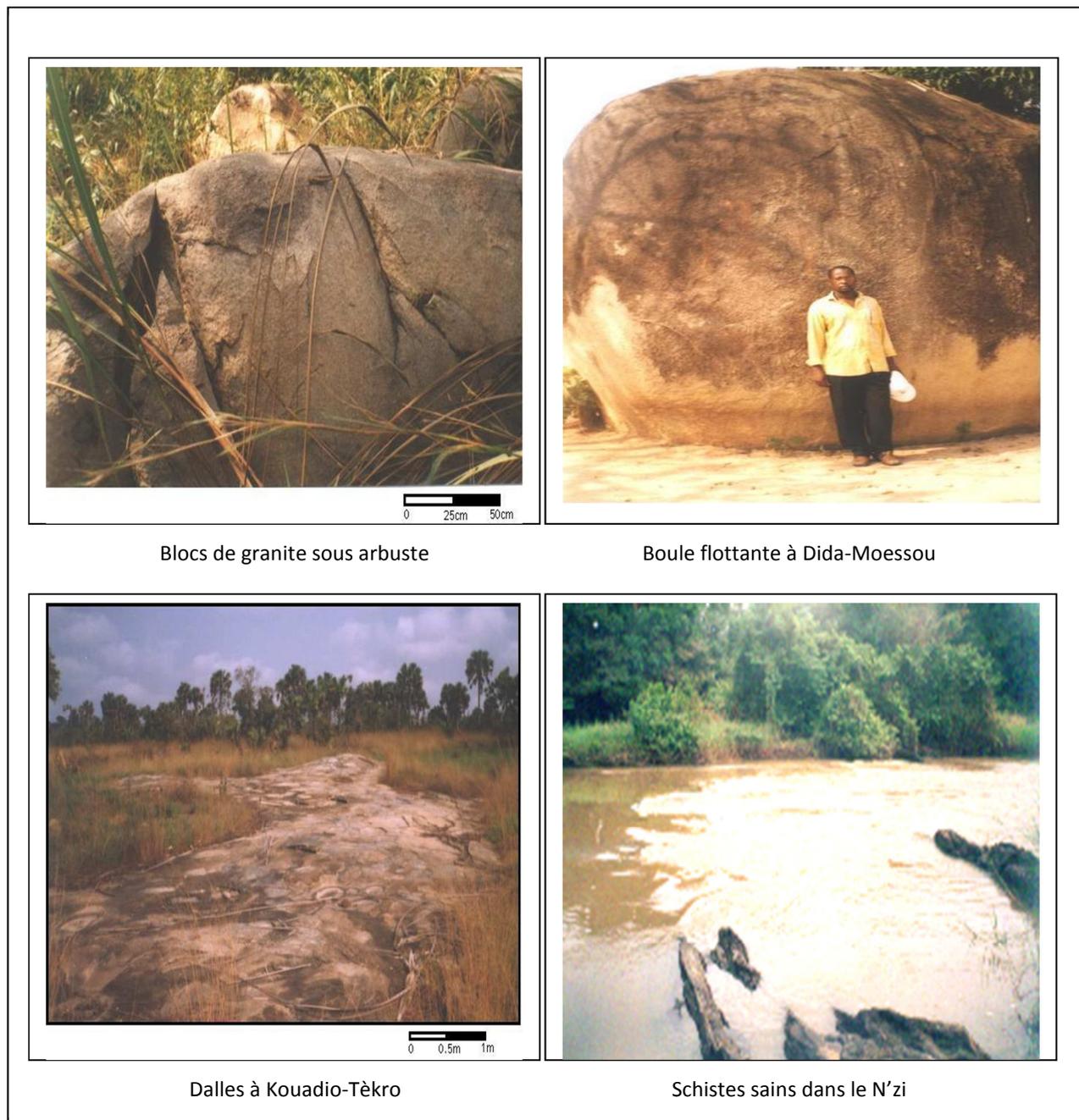


Figure 5 : Modes d'affleurement

3 MATERIEL ET METHODE

3.1 MATÉRIEL

Les données cartographiques prises toutes à l'échelle 1/200000 sous formes numériques raster géocodés, sont la carte topographique de Dimbokro produit par le CCT en 1995 à partir des données de l'Institut de Géographie National Paris récoltées en 1966; la carte géologique de Dimbokro produit par la Direction de la Geologie en 1995.

La carte topographique a constitué la donnée source des opérations qui ont servi à l'extraction par la digitalisation des drains. Cette numérisation des drains a utilisé le logiciel Arcview V 3.2. La carte géologique de Dimbokro fut utile à la validation des résultats à caractères géologiques et structuraux.

3.2 DETECTION DES DRAINS AYANT UNE ORIGINE STRUCTURALE

3.2.1 NUMÉRISATION DU RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE

Sous arcview, la digitalisation a pour intervalle l'espace compris soit entre une source et un nœud soit entre deux nœuds. A chaque drain ainsi individualisé, on affecte sa longueur mais aussi son azimuth lorsqu' il est rectiligne.

3.2.2 HIÉRARCHISATION DES DRAINS [14] (STRAHLER, 1968)

Construction des courbes du nombre des drains et des longueurs des drains en fonction des ordres ; application de la "lois des rivières" de [3] Horton (1945) et [14] Strahler (1968).

Le niveau d'implication de l'architecture structurale du socle dans la mise en place des drains fut étudiée par l'élaboration des courbes du nombre des drains et des longueurs des drains en fonction des ordres de [14] Strahler (1968). La hiérarchisation du réseau hydrographique selon la méthode de Strhaler, est une méthode qui est basée sur le degré de collection des drains. De ce fait, elle accorde une importance particulière aux interconnexions des drains. L'interprétation des courbes s'est appuyée sur les modèles définis par la "lois des rivières" de Horton et Strahler. Cette loi affecte à chaque allure des courbes de drains en fonction des ordres, une signification topographique et structurale en révélant les ordres qui sont influencés par la structurale.

3.3 DETECTION DES DIRECTIONS STRUCTURALES ET DES ANOMALIES DE DRAINAGE

3.3.1 PRODUCTION DE LA CARTE DES PRINCIPALES VALLEES

Cette approche fut inspirée des travaux de [2] Prud'homme (1972) qui a défini les directions structurales comme étant celles qui sont parallèles aux principales vallées. A l'intérieur de chaque sous-bassin versant, les confluences des drains de même ordre sont reliées par des courbes afin de tracer les courbes d'iso-ordres. Une courbe d'iso-ordre est une courbe qui passe par tous les points de confluence des drains de même ordre à l'intérieur d'un sous bassin versant. Les courbes d'iso-ordres permettent de révéler la morphologie des vallées. La courbe d'iso-ordre 1 est la courbe qui passe par les confluences qui donnent naissance à des cours d'eau d'ordre 2. De cette manière, les courbes d'iso-ordre 2, 3, 4, 5 etc. ont été établies.

3.3.2 RECENSEMENT DES ANOMALIES DE DRAINAGE SELON [4] HOWARD (1967)

Howard a mis en évidence neuf particularités du drainage qui ne respectent pas les règles de la pesanteur dans la collection des drains. Ces dispositions empruntent les accidents du substratum et les autres zones de faiblesses du bâti structural des roches. Elles traduisent de ce fait, des spécifications structurales dans un contexte global. Les anomalies de drainage de Howard furent recherchées au sein du réseau hydrographique.

Une combinaison additive des résultats obtenus va aboutir à l'architecture structurale du réseau hydrographique. La figure 6 est un récapitulatif de la méthode.

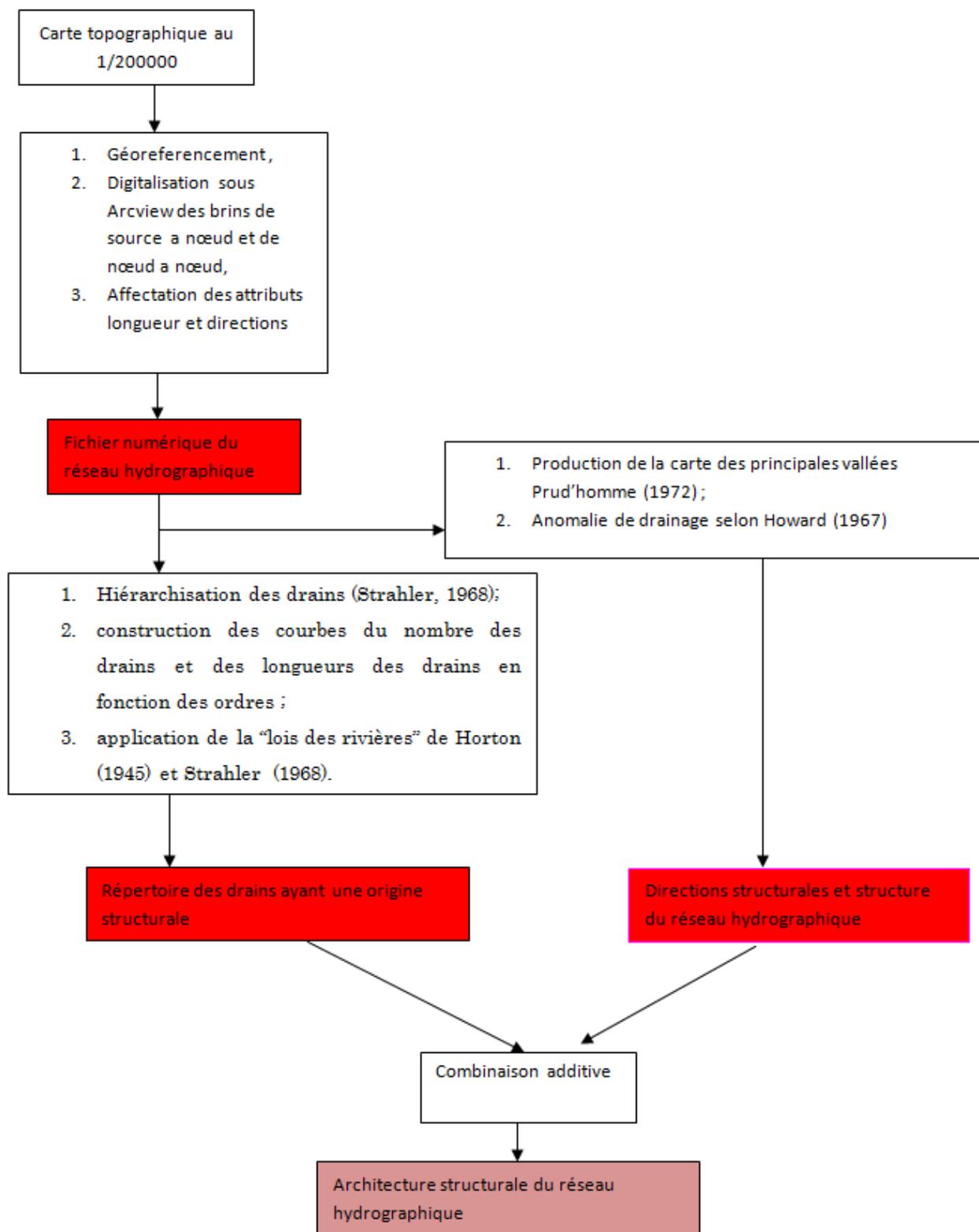


Figure 6 : Cheminement de la Méthode

4 RESULTATS

4.1 STATISTIQUES DES DRAINS EN FONCTION DES ORDRES

Le tableau I est un récapitulatif des données statistiques des drains en fonction des ordres. Le coefficient d'asymétrie qui traduit le comportement de la population par rapport à la moyenne est identique pour les deux paramètres traités. Cette situation présente l'avantage de réaliser une interprétation unique qui est acceptable dans les deux cas. Le constat majeur est que ce coefficient est positif et qu'il est proche de 2. Cette observation traduit une concentration de la population au niveau des proportions deux fois supérieures à la moyenne. L'ordre 1 est la classe qui présente cette caractéristique. Une telle observation permet de conclure que l'essentiel du drainage est assuré par les affluents de petits ordres. Selon la loi des rivières, Les drains de petit ordre ont une origine purement topographique. Leur élimination du processus est une avancée vu qu'ils sont nombreux.

Tableau I : Données statistiques des drains en fonctions des ordres

Ordre	nombre de linéaments	longueur des linéaments
1	2700	300000
2	750	130000
3	250	70000
4	100	30000
5	30	25000
6	5	20000
	Ecart type :1046.39	Ecart type :108278.19
	moyenne :639.16	moyenne:95833.33
	coefficient d'asymétrie :2.10	coefficient d'asymétrie :1.76

4.2 CARACTÉRISATION DES DRAINS STRUCTURAUX

4.2.1 ALLURE DES COURBES DU NOMBRE DES DRAINS ET DE LA LONGUEUR DES DRAINS EN FONCTION DES ORDRES

Les courbes du nombre des drains et de la longueur des drains en fonction des ordres (figure 7), ont logiquement (les coefficients d'asymétrie sont identiques) la même allure. Il s'agit de courbes paraboliques à décroissance exponentielle tendant vers une asymptote horizontale. En effet, de l'ordre 1 à l'ordre 4, les courbes décroissent très rapidement selon deux types de pentes fortes. La pente est abrupte de l'ordre 1 à l'ordre 2. Ensuite, la pente est moins raide entre l'ordre 3 et l'ordre 4. Les courbes se stabilisent à partir des ordres 5 et 6. Ces courbes sont régies par une loi exponentielle avec des coefficients de corrélation proches de 1 ($R^2=0,97$ et $R^2= 0,98$).

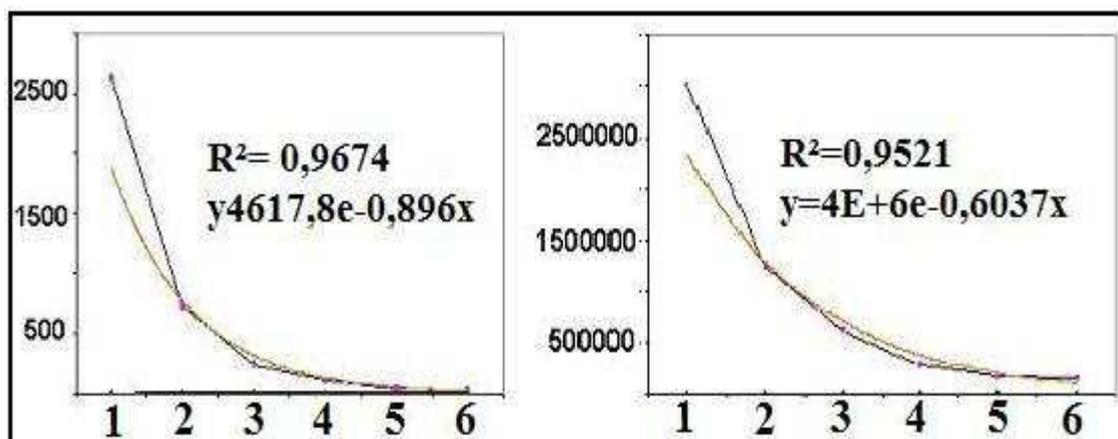


Figure 7 : Courbes du nombre des drains et de la longueur des drains en fonction des ordres

4.2.2 INTERPRETATION DES COURBES DU NOMBRE DES DRAINS ET DE LA LONGUEUR DES DRAINS EN FONCTION DES ORDRES

Ces courbes selon la loi des rivières peuvent être interprétées de la façon suivante. Au fur et à mesure que les connections deviennent importantes, l'eau acquiert, une énergie lui permettant de modeler le relief par le biais de l'érosion. Lorsque l'eau a une énergie forte et un important volume, elle se crée un chemin en empruntant les zones de moindres résistances que sont les éléments de la fracturation. Ce dernier aspect s'exprime dans les courbes par la stabilisation des facteurs entre les drains de niveau consécutifs. C'est le cas des drains d'ordres 5 et 6 qui de ce fait portent les marques de la fracturation. La reconnaissance de ces drains fut possible avec l'exploitation de la carte des principales vallées.

4.3 DIRECTIONS STRUCTURALE ET STRUCTURES DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE

4.3.1 CARACTÉRISATION DES PRINCIPALES VALLÉES

Les principales vallées (figure 8) retracées à partir des courbes d'iso-ordre permettent la reconnaissance de cinq niveaux d'iso-ordre. La vallée de plus grand ordre qui correspond naturellement à celle du N'zi, est orientée N60°. Cette vallée dont la largeur moyenne est estimée à 10 km est globalement étendue. Les "excroissances" de cette vallée qui d'ailleurs sont fines ont une orientation N 130°. La partie centrale de la vallée du N'zi est rétrécie par un amincissement qui est étiré suivant la direction NS. Les vallées d'ordre 4 sont étroites et préférentiellement orientées (N130°, N30°, NS, N30° et N160°).

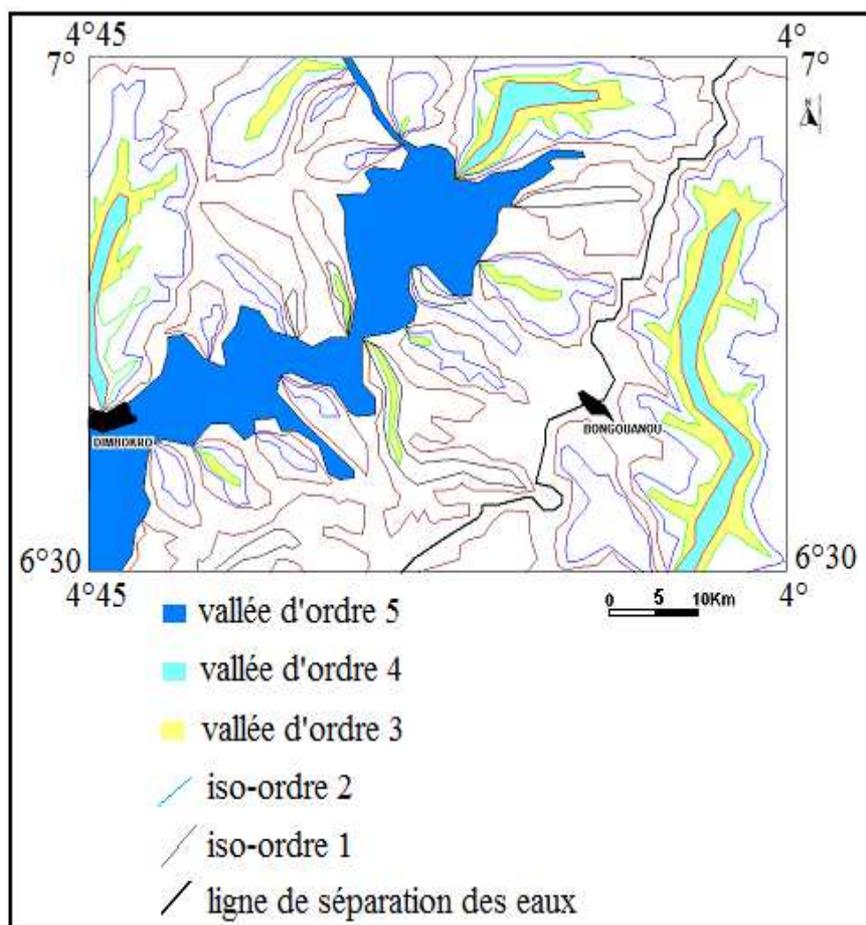


Figure 8 : Carte des principales vallées

4.3.2 ANOMALIES DE DRAINAGE

Les anomalies de drainages observées sont les changements brusques de direction et la rectilinéarité (figure 9). Les affluents Ourougo, Mandia et Bongo qui sont situés sur la rive gauche du N'zi sont rectilinéaires. Ils s'écoulent

respectivement selon les directions N30° et N130°. Sur la rive droite, le N'tipin suit un écoulement N130° qui correspond à celui du Bongo. La Boya en amont suit un écoulement rectiligne EO. Les changements brusques de directions du N'zi et ses affluents sont matérialisés par les directions N60°, NS et EO. Au niveau de l'Agneby, l'unique changement brusque de directions est matérialisé par la direction N130°.

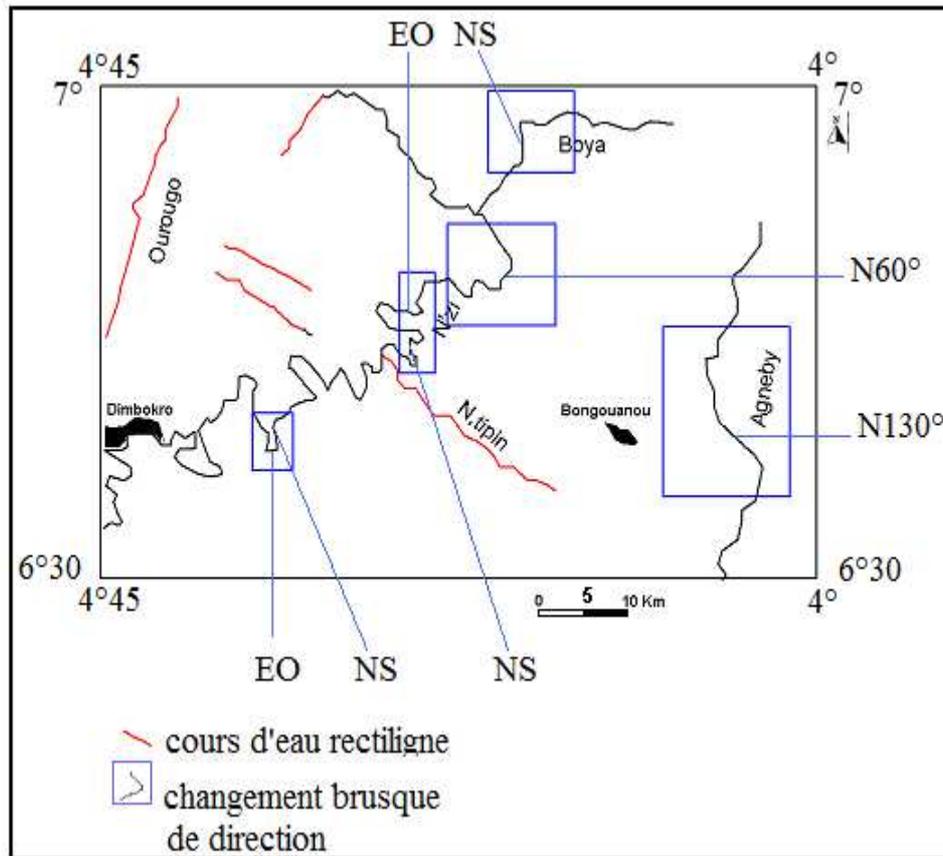


Figure 9 : Anomalies de drainage

5 DISCUSSIONS

Le premier constat qui émane de l'approche hydrographique est que dans la région d'étude, les drains qui sont modélisés par la structurale sont au moins d'ordre 5. Cette observation peut être rattachée à la majorité des fleuves ivoiriens car ils sont tous caractérisés par une architecture arborescente similaire [7] (Biemi, 1992). De cette observation, il découle que l'approche hydrographique contribuerait largement aux esquisses structurales. L'analyse des drains d'ordre supérieur ou égal à 5 que soit par la carte des principales vallées ou par les anomalies de drainage a soutenu le caractère structural des directions NS et EO. A ce sujet, ces directions ont fortement influencé le tracé du N'zi dans des proportions des effets de l'accident N60° de la Comoé. Cet accident qui est postérieur aux principales structures qui abritent les principaux fleuves ivoiriens a fortement perturbé l'écoulement NS. Les directions NS, EO et N60° constituent les directions essentielles des zones tectoniques. Ces couloirs de cisaillements portent les minéralisations aurifères [15] (Sonnendrucker, 1967).

Le recours à l'hydrographie a nécessité pour son interprétation des techniques qui ont été mises au point il y'a au moins quarante 40 ans [3] et [14] (Horton, 1945, Strahler, 1967). Cet aspect traduit le fait que depuis quelques décennies, les techniques hydrographiques ne s'intéressent pas à la géologie. A ce sujet les travaux les plus récents qui furent retrouvés dans la bibliographie sont ceux de [16] Bourget (1981). Les subtilités géologiques que l'hydrographie a mises en évidence dans le cadre de la présente étude devraient contribuer à un développement de ces techniques qui ont été abandonnées avec l'avènement de l'imagerie satellitaire. Or l'imagerie satellitaire fournit une trame linéamentaire dont l'interprétation doit recourir aux analyses indirectes.

6 CONCLUSIONS

L'exploitation de l'hydrographie a mis en évidence les faits marquants ci-après décrits. Au niveau de la région d'étude, les drains structuraux correspondent aux drains dont l'ordre est supérieur à 4. Cette information est intéressante car elle pourrait être étendue à tous le bassin versant du N'Zi afin de contribuer à la cartographie structurale. Le caractère structural des directions NS, N30°, N60°, N130°, N160°, est confirmé par une omniprésence de ces directions quelque soit la technique hydrographique mis en œuvre. La direction N30° et 130° de la schistosité et des crénulations (niveau structural inférieur), contrairement aux directions de la fracturation EO, N60°, N160° et NS n'ont aucune influence sur la mise en place des gîtes minéraux. La direction N60° est la direction la plus récente. Elle a influencé les anciennes structures. La direction EO jusqu'alors méconnu est de type structural.

REFERENCES

- [1] J. Y SCANVIC., "Utilisation de la télédétection dans les sciences de la terre." *Bureau de recherches géologiques et minières, Manuel et méthodes* n°7. 1983.
- [2] R. PRUD'HOMME, "Analyse morphostructurale appliquée à l'Aquitaine occidentale et au golfe de Gascogne. Définition d'une méthodologie cartographique interprétative." *Thèse de Doct. D'état, Univ. De Bordeaux I*, n°353, 365 p., 1972.
- [3] R.E. HORTON, "Erosional development of streams and their drainage bassins: hydrological approach to quantitative morphology." *Bull. Géol. Soc. Am., New york*, vol 56, pp. 275-370, 1945.
- [4] A.D. HOWARD, "Drainage analysis in geological interpretation." *Bull. Am. Geol.* 3300p., 1967.
- [5] P. GIOAN, "Description et analyse préliminaire des alignements hydrographiques du massif du Chaillu et de sa bordure méridionale (République du Congo)." *Rév. Géologie dynamique et de géographie physique*. Vol.26, Fasc. N°5, Paris.pp. 299-310, 1985.
- [6] B. DEFONTAINES, "Principles of drainage basin analysis from multisource data." *Tectonophysics* N°194. 300 p., 1990.
- [7] J. BIEMI, "Contribution à l'étude géologique, hydrogéologique et par télédétection des bassins versants subsahéliens du socle cristallin d'Afrique de l'Ouest : hydrostructurale, hydrodynamique et isotopie des aquifères discontinus des sillons et aires granitiques de la haute Marahoué (Côte d'Ivoire) ". *Thèse de Doctorat d'état, Université nationale de Côte d'Ivoire*, 479 p., 1992.
- [8] M. ARNOULD, "Étude géologique des migmatites et des granites précambriens du Nord-Est de la Côte d'Ivoire et de la Haute Volta méridionale. *Bulletin n°1, Direction de la Géologie et de la Prospection Minière, Abidjan*, 175 p. 1961.
- [9] C. DELOR, Y. SIMEON, A. KOUAMELAN, J. J. PEUCAT, "Persistence de processus archaïques de création crustal au birimien (Paléoprotérozoïque) en Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest) ". *Réunion des Sciences de la Terre. S. G. Fr.*, n°10. 1995.
- [10] J.E. PATUREL, E. SERVAT, et M.O. DELATTRE, "Analyse de séries pluviométriques de longue durée en Afrique de l'Ouest et Centrale non sahélienne dans un contexte de variabilité climatique". *Journal des Sciences Hydrologiques*, vol. 43, n° 3, pp. 937-945, 1998.
- [11] J. BIEMI, J.P. JOURDA, S. DESLANDES et H. GWYN "Positionnement, productivité et gestion des forages en milieu fissuré de Côte d'Ivoire par télédétection et système d'information géographique". *Actes de l'Atelier international sur la télédétection et la gestion des ressources en eau, Éd. FAO, Rome*, pp. 245-268, 1997.
- [12] I. YACE, "Initiation à la géologie : l'exemple de la Côte d'Ivoire et de l'Afrique de l'Ouest." *SODEMI, CEDA*, 183 p., 2002.
- [13] M. VIDAL, P. TEMPIER, "Sur l'importance de certains accidents dans le Birrimien du Nord-Est de la Côte d'Ivoire (Haute Comoé) ", *Présenté oralement à la conférence de la géologie africain, Nairobi (Kenya), du 11 au 19 décembre 1982.*, 1982.
- [14] A. N. STRAHLER, "Quantitative geomorphology". In « Encyclopedia of Geomorphology » R. W FAIRBRIDGE _ Reinhold Book Corp., New York, t. III, pp. 898-912, 1968.
- [15] P. SONNENDRUCKER, "Synthèse sur les gîtes d'or en Côte d'Ivoire" , *SODEMI. Abidjan*, Pp 36-42, 1967.