



Cartographie Géologique à L'aide de L'imagerie Satellitale Radar ERS-1: Mise en Évidence de Structures Circulaires Emboîtées (Pipes Kimberlitiques Diamantifères?) dans la Région de Tortiya au nord de la Côte d'Ivoire (Craton Ouest Africain)

Gbélé Ouattara, Barthélemy Gnammytchet Koffi, Alphonse Kouakou Yao

► To cite this version:

Gbélé Ouattara, Barthélemy Gnammytchet Koffi, Alphonse Kouakou Yao. Cartographie Géologique à L'aide de L'imagerie Satellitale Radar ERS-1: Mise en Évidence de Structures Circulaires Emboîtées (Pipes Kimberlitiques Diamantifères?) dans la Région de Tortiya au nord de la Côte d'Ivoire (Craton Ouest Africain). European Journal of Scientific Research, 2010, 45 (2), pp.212-220. <hal-00834844>

HAL Id: hal-00834844

<https://hal.science/hal-00834844v1>

Submitted on 17 Jun 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

Cartographie Géologique à L'aide de L'imagerie Satellitale Radar ERS-1: Mise en Évidence de Structures Circulaires Emboîtées (Pipes Kimberlitiques Diamantifères?) dans la Région de Tortiya au nord de la Côte d'Ivoire (Craton Ouest Africain)

Gbélé Ouattara

*Laboratoire du Génie Civil, Géosciences et Sciences Géographiques - INP-HB
BP 1093 Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)
E-mail: gbele.ouattara@yahoo.fr
Tel: +225 08 58 40 83; Fax: +225 30 64 36 07*

Barthélemy Gnammytchet Koffi

*Laboratoire du Génie Civil, Géosciences et Sciences Géographiques - INP-HB
BP 1093 Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)*

Alphonse Kouakou Yao

*Laboratoire du Génie Civil, Géosciences et Sciences Géographiques - INP-HB
BP 1093 Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)*

Résumé

L'imagerie radar ERS permet de discriminer les objets géologiques essentiels dans la région de Tortiya, au nord de la Côte d'Ivoire. A l'est du fleuve Bou, sont mises en évidence pour la première fois des structures circulaires emboîtées (Ki) qui pourraient correspondre à des pipes kimberlitiques. Au sein du vaste domaine granitique de Tortiya précédemment indifférencié, l'analyse fine de la texture a permis de discriminer des unités granitiques (Ga, Gb et Gk).

De nouvelles failles sont cartographiées dont les plus importantes (plus de 100 km) sont les couloirs ductiles de Nafoun (fNa) et de Bissidougou de direction subméridienne; de Tortiya, de Boron et de Korhogo de direction NE-SO, et enfin, des failles de Kadiola (fFi) et de Ouangolodougou (fOu) de direction NNE-SSO.

Motsclés: Cartographie géologique, Radar ERS, Kimberlites, Failles ductiles, Tortiya, Côte d'Ivoire.

Abstract

The ERS radar imagery, thanks to his sensitiveness to the rugosity of grounds and the slope variations, permits to improve the geology of the region of Tortiya, in the north of Côte d'Ivoire. At east of the Bou river, we put in evidence of built-in ones together circular structures (Ki). They form swarms of about ten bodies with a diameter in order of the kilometer. In this region of Tortiya, known for an important hand-crafted exploitation of alluvionnary diamond, these circular structures identified for the first time and of which the petrographic nature must be determine on ground, can correspond to kimberlitic pipes. In this vast granitic domain of Tortiya earlier undifferentiated, the fine analysis of the texture permits to discriminate several granitics unities (Ga, Gb and Gk).

New shear zones are mapped and the most important of them (long to 100 km) are the ductile shear zones of Nafoun (fNa) and Bissidougou of meridian orientation; of Tortiya, Boron and Korhogo oriented NE-SW; of the Kadiola shear zone (fFi) and the Ouangolodougou shear (fOu) oriented NNE-SSW.

Keywords: Geological mapping, ERS Radar, Kimberlites, Shear zones, Tortiya, Côte d'Ivoire.

1. Introduction

La région de Tortiya (figures 1 et 2) se situe dans le nord de la Côte-d'Ivoire et appartient au domaine paléoprotérozoïque ou Baoulé-Mossi du craton ouest-africain.

La succession lithologique comprend, du haut vers le bas (figure 2) : des granites calco-alcalins à amphibole; des granodiorites; - la série volcano-sédimentaire de Boundiali (schistes, micaschistes, quartzites, gabbros, microdolérites, etc.); des granites à biotite, localement à faciès migmatitique. Le trait structural majeur connu est la zone de faille ductile dextre de Yretyéré de direction N050° (Arnould, 1963; Couture, 1968; Bard, 1974 et Milési *et al.*, 1989).

Cet environnement tropical semi-humide sur socle précambrien a développé une pénéplaine d'altitude variant entre 300 à 400 m et couverte de latérites, avec de petits dômes granitiques isolés. La rareté des affleurements due à la forte altération météorique rend assez difficile les campagnes de levés cartographiques traditionnelles sur le terrain.

Figure 1: Carte géologique simplifiée de la dorsale de Man. (modifiée d'après Milési et *al.*, 1989). **1:** bassin sédimentaire côtier; **2:** granitoïdes; **3:** bassins sédimentaires à volcano-sédimentaires d'âge birimien; **4:** zone de transition entre l'archéen et le paléoprotérozoïque; **5:** domaine archéen; **6:** chevauchement; **7:** couloirs de déformation ductile. **bS:** bassin de Siguiri; **bY:** bassin de Yanfolila-Kalana; **bB:** bassin du Ba-Oulé; **bBo:** bassin de Boundiali; **bKM:** bassin de Katiola-Marabadiassa; **bC:** bassin de la Comoé.

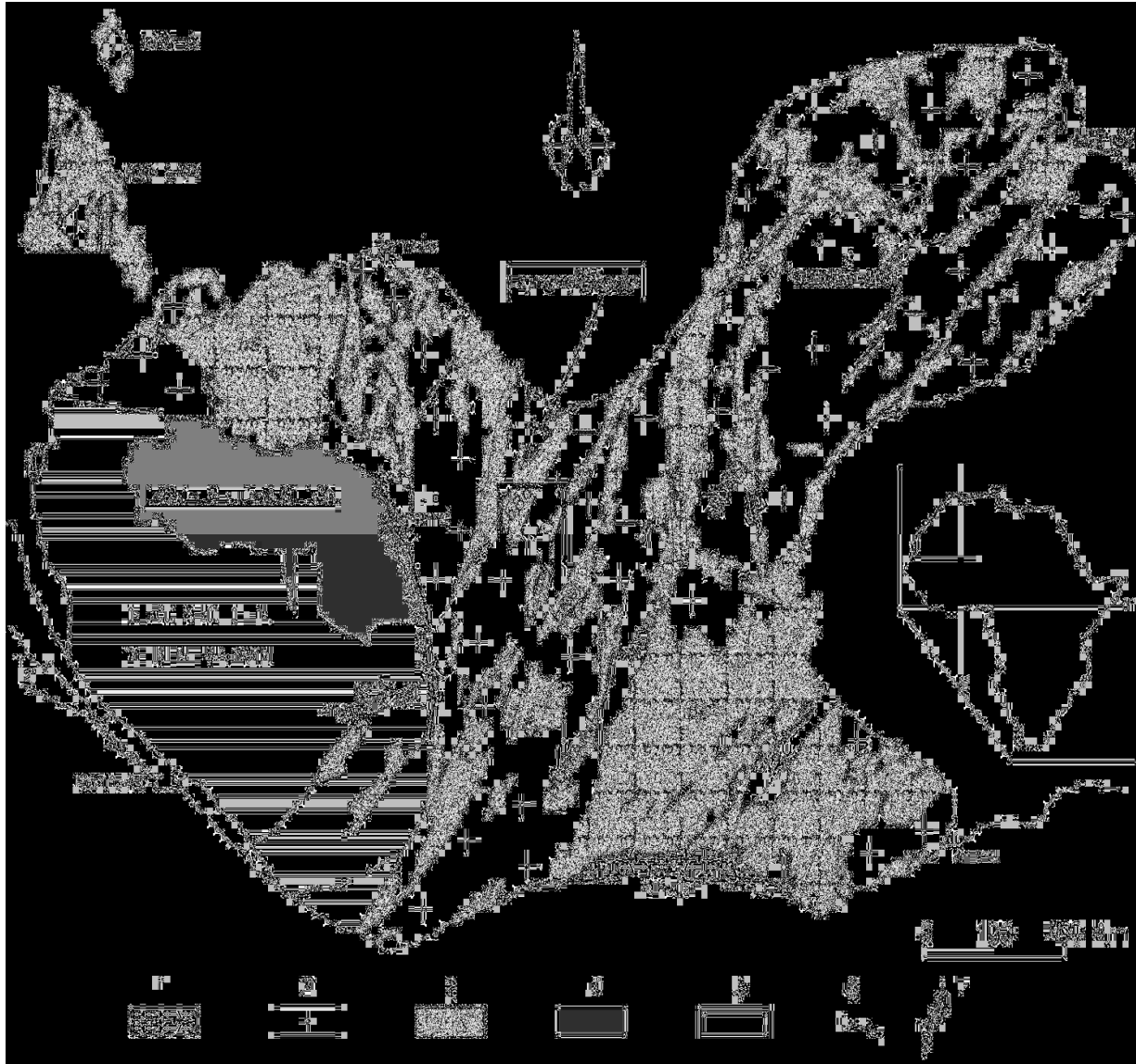
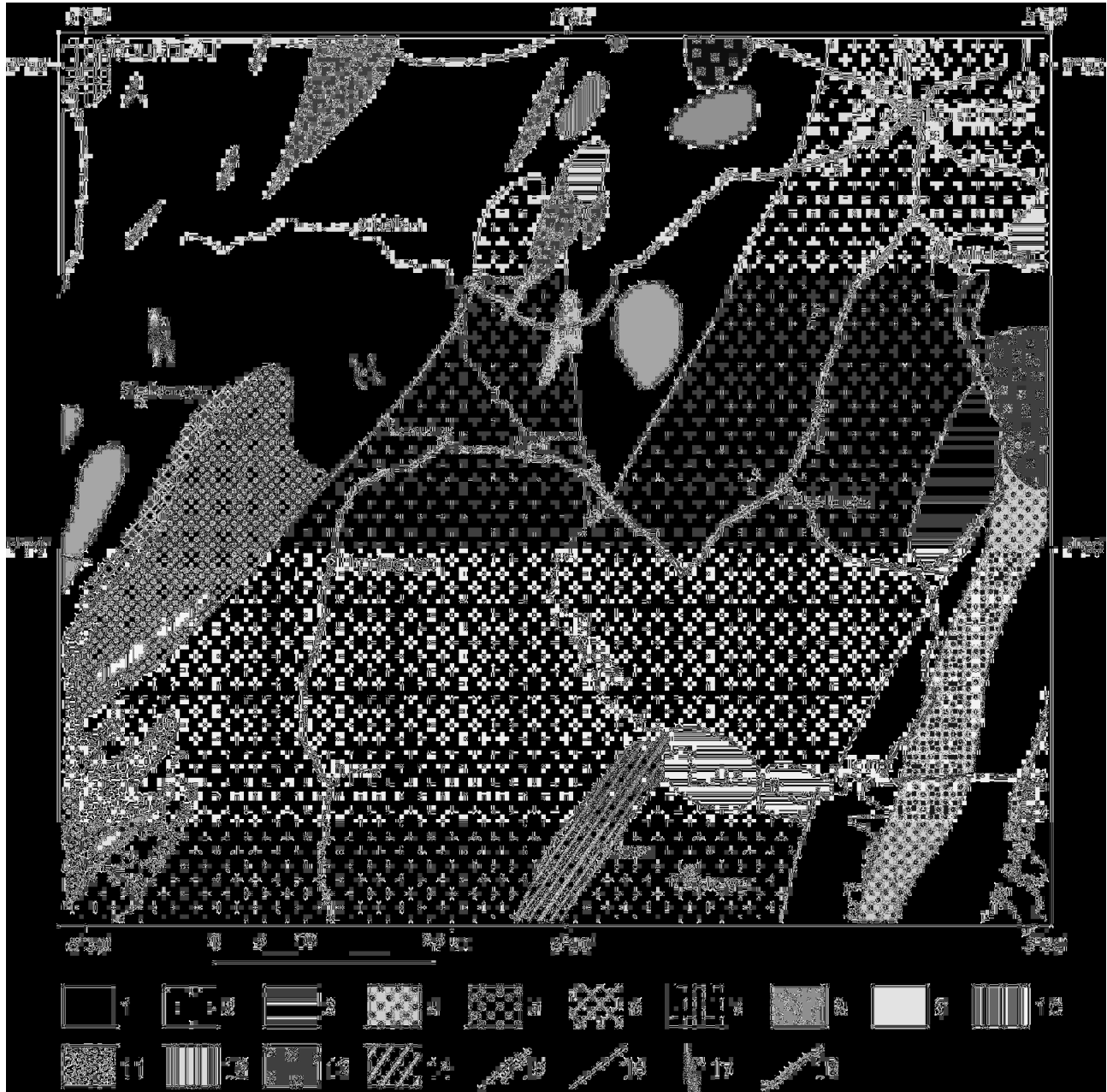


Figure 2: Carte géologique simplifiée de la région de Tortiya. (Modifiée d'après Arnould, 1963 et Couture, 1968). **1:** schistes indifférenciés (chloritoschistes, séricitoschistes, arkoses, conglomérats); **2:** granites saussuritisés à biotite; **3:** diorites, diorites quartziques, granodiorites, granites akéritiques à biotite et amphibole; **4:** granites à deux micas (type Ferké); **5:** orthogneiss, granites hyperalcalins; **6:** zone mylonitique; **7:** granites à biotite et pyroxène (type Boundiali); **8:** métagabbros, tufs, schistes amphiboliques à actinote; **9:** gabbros à hypersthène; **10:** pyroxénolites à péridot et hornblende; **11:** micaschistes et schistes à biotite, épidote et amphibole; **12:** granites akéritiques à biotite; **13:** granites calco-alcalins à amphibole et biotite; **14:** granites à faciès migmatitique marqué; **15:** embréchites; **16:** failles; **17:** microquartzites; **18:** routes.



Des données spatiales, le plus souvent celles des satellites Landsat MSS ou TM, SPOT et du satellite européen (ERS) à Radar à Synthèse d'Ouverture (RSO) ont été utilisées en Côte d'Ivoire pour la cartographie géologique (par exemple: Pothin et Taha, 1987; Deroin et *al.*, 1994, 1995; Ouattara et

al., 1995; Koffi, 1998; Koffi et *al.*, 2008a, 2008b). Ces travaux ont montré le potentiel de ces images spatiales pour la cartographie géologique sous ces latitudes.

L'objectif du présent travail est de profiter des aptitudes des images spatiales sous ces latitudes, pour mettre à jour la carte géologique régionale de Tortiya. Il s'agit de préciser les contours des unités lithologiques, le tracé des zones de failles connues et de mettre en évidence de nouveau couloirs de déformations ductiles.

2. Matériels et Méthodes

Nous disposons de deux images du Radar à Synthèse d'Ouverture (RSO) du satellite ERS-1, acquises en nœud ascendant (visée vers l'ENE), pendant la phase C, d'une carte aéromagnétique et de cartes géologiques (Arnould, 1963; Couture, 1968 et Milési et *al.*, 1989).

Les images radar ont subi trois types de traitements numériques. D'abord un traitement multilook (multi-vues) pour éliminer le scintillement ou speckle dû à l'addition de manière cohérente des ondes réfléchies dans un même pixel, ensuite un étalement linéaire de la dynamique de l'histogramme (stretching) pour améliorer la lisibilité de l'image en jouant sur la dynamique des valeurs radiométriques. Ce traitement permet l'étirement des contrastes pour augmenter la distribution des tons entre les éléments d'une image, en pâlisant davantage les régions claires et en assombrissant davantage les régions plus foncées. Enfin les images radar ont été produites en négatif par simple inversion suivie de l'adaptation de la dynamique pour remplacer par des zones sombres les bandes de surbrillance. Par exemple, les forêts galeries de forte rugosité, donc claires apparaissent en noir et les cours d'eau et les lacs de faible rétrodiffusion, donc noirs apparaissent en clair. Les images en négatif donnent du paysage une vision plus naturelle avec des surfaces plus ou moins claires et des surfaces ombrées. Des extraits des deux images radar ont été utilisés pour produire une mosaïque qui a facilité l'identification des structures géologiques de taille régionale.

Nous cherchons des informations sur les images par l'analyse des formes, de la texture et des niveaux de gris ou teintes. La méthode de travail utilisée est l'interprétation visuelle des images en noir et blanc (RSO ERS) sur tirage papier. Pour les zones complexes, l'observation des images sur station de travail permet de procéder rapidement à des améliorations de contraste et des changements d'échelle. L'analyse se fait d'abord à petite échelle pour apprécier l'aspect des objets d'ampleur régionale. Ensuite, on a recours à une image à plus grande échelle pour observer les détails. De plus, la mosaïque d'images radar ERS permet une vision synoptique qui facilite l'interprétation à très petite échelle.

L'utilisation conjointe de la carte aéromagnétique avec les images radar a permis de bénéficier de leur complémentarité. Il s'agit de relever, par exemple, des traces de discontinuités lithologiques, des failles, des alignements et de tracer le contour des faciès-image. Les cartes géologiques téléanalytiques obtenues sont complétées par les observations de terrain et confrontées aux données cartographiques existantes afin de connaître la nature géologique des objets définis.

3. Résultats et Discussion

3.1. Cartographie Lithologique

La zone d'étude est caractérisée par deux grands groupes de roches : les granitoïdes (essentiellement, des granites migmatitiques et des granites à biotite) et la série volcano-sédimentaire.

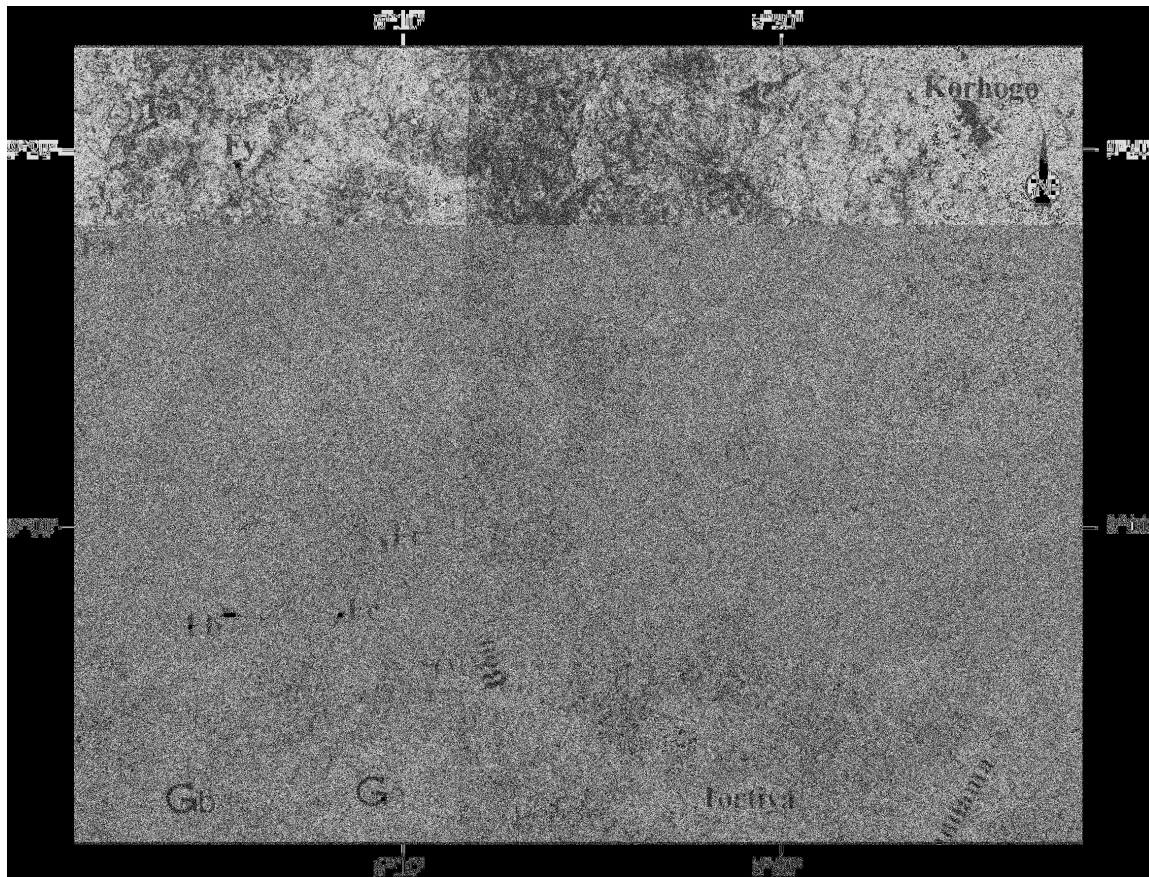
Dans le vaste domaine granitique (figure 2), l'analyse fine des textures sur la mosaïque d'images radar ERS (figure 3), permet de discriminer trois unités granitiques différentes (Ga, Gb et Gk), repérées sur les cartes géologiques existantes (Arnould, 1963; Couture, 1968) mais non cartographiées.

L'unité (Ga) se caractérise par une texture structurée par des lignes larges soulignées par des forêts galeries, des lignes parfois courbes délimitant des surfaces de forme arrondie d'environ 5 km, et un réseau de drainage de type dendritique assez lâche. L'unité (Gb) se caractérise par une texture

structurée essentiellement par des lignes fines qui délimitent des surfaces de forme arrondie d'environ 2 km, de diamètre et par un réseau de drainage de type dendritique assez dense sans forêt galerie. L'unité (Gk) de la région de Korhogo, de teinte claire dans l'ensemble, comprend des lignes sombres et courbes dont certaines forment des structures circulaires de taille variable. Le contact entre les deux unités granitiques Ga et Gk, est marqué par un faible changement de pente. A l'est du fleuve Bou (figure 3), au sein de l'unité granitique Ga, la sensibilité du signal radar à la géométrie des objets permet d'identifier des structures circulaires emboîtées (Ki). Celles-ci forment des essaims de corps de diamètre de l'ordre du kilomètre. Ces structures circulaires identifiées pour la première fois, et dont la nature pétrographique est à déterminer sur le terrain, pourraient correspondre à des pipes kimberlitiques). En effet, il est pratiqué, dans la région de Tortiya, une importante exploitation artisanale de diamant alluvionnaire. A l'instar des structures du champ du Caculo en Angola qui n'ont pu être mises en évidence que par la photogéologie (Parra, 1997). Ces structures circulaires, identifiées pour la première fois, pourraient correspondre à des pipes kimberlitiques. Leur nature pétrographique est à rechercher sur le terrain.

La série volcano-sédimentaire de Boundiali (Svc) se distingue nettement du vaste domaine granitique. Elle se caractérise essentiellement par des escarpements lithologiques à pendage vers le nord-est et par des traces de banc qui semblent dessiner un pli dont le plan axial est de direction N-S à NNO-SSE.

Figure 3: Mosaïque d'images radar ERS-1 de la région de Tortiya. **Ga:** granite à faciès migmatitique; **Gb:** granite à biotite à faciès migmatitique; **Fa:** failles décrochantes NS à NNE probablement plus anciennes; **Fb:** failles décrochantes orientées NE; **Fc:** failles décrochantes orientées E-W; **Fy:** faille de Yretyéré.



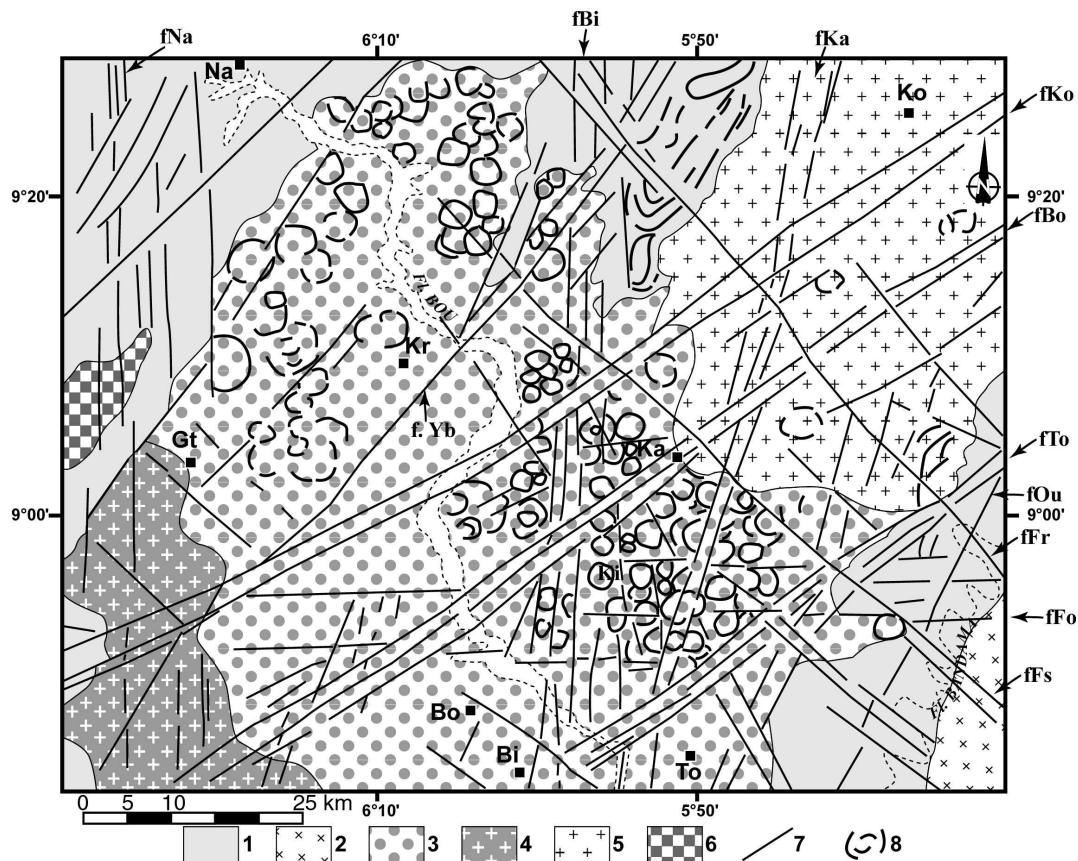
3.2. Cartographie Structurale

L'imagerie radar ERS, dans cette région pénéplanée permet, grâce à sa sensibilité aux faibles variations de pente, de préciser le tracé des couloirs de failles ductiles.

Ainsi, le tracé de la zone de cisaillements dextres de Yretyéré (fYb) connue sur le terrain (Couture, 1968; Dommanget et Collart, 1988; Milési et *al.*, 1989), est précisé. Cette zone de cisaillements ductiles est bien visible sur la mosaïque d'images radar de la figure 3. Elle est soulignée par une série de lignes parallèles caractérisées par leur escarpement ombré à regard nord-ouest.

Contrairement aux cartes géologiques préexistantes, elle ne se raccorde pas aux failles de direction N-S et NNE-SSO mais les recoupe. De nouvelles zones de failles sont cartographiées (figure 4), dont les plus importantes (plus de 100 km) sont les couloirs ductiles de Nafoun (fNa) et de Bissidougou (fBi) de direction subméridienne; de Tortiya (fTo), de Boron (fBo) et de Korhogo (fKo) de direction NE-SO ; de la faille de Ouangolodougou (fOu) de direction NNE-SSO, de fFs et fFr de direction NNO-SSE et enfin de fFo d'orientation E-O.

Figure 4: Carte géologique téléanalytique obtenue à l'aide de la mosaïque d'images radar ERS de la figure 3. **1:** bassins volcano-sédimentaires de Boundiali (Svc) et du Bandama (Svb); **2:** leucogranite de Ferké; **3:** Ga, granite à faciès migmatitique; **4:** Gb, granite à biotite à faciès migmatitique; **5:** Gbk, granite à biotite de Korhogo; **6:** pyroxénolites à péridot et hornblende; **7:** failles et linéaments; **8:** structures circulaires. **fNa:** faille décrochante de Nafoun; **fKa:** faille décrochante NNE de Kadiola; **fKo:** faille de Korhogo; **fBo:** faille de Boron; **fTo:** faille de Tortiya; **fOu:** faille de Ouangolodougou; **fFr** et **fFs:** failles décrochantes NO-SE; **fFo:** failles orientées E-O; **fBi:** faille de Bissidougou; **fYb:** faille de Yretyéré. **Na:** Nafoun; **Bo:** Boron; **Bi:** Bissidougou; **To:** Tortiya; **Ko:** Korhogo; **Ka:** Kadiola; **Kr:** Kiéré; **Gt:** Gbatasso.



4. Conclusion

La cartographie géologique radar dans la région de Tortiya a apporté des résultats nouveaux tant du point de vue de la distribution des formations lithostratigraphiques que du point de vue structural.

Ces résultats améliorent considérablement les cartes géologiques préexistantes. Trois unités granitiques différentes (Ga, Gb et Gk) sont identifiées. Des structures circulaires emboîtées (Ki) sont mises en évidence et pourraient être des pipes kimberlitiques.

Le tracé de la zone de cisaillements dextres de Yretyéré connue sur le terrain est précisé. De nouvelles zones de failles ductiles sont cartographiées dont les plus importantes (plus de 100 km) sont entre autres, les couloirs ductiles de Nafoun (fNa) de direction subméridienne, de Tortiya (fTo) de direction NE-SO et la faille de Ouangolodougou (fOu) de direction NNE-SSO.

Références Bibliographiques

- [1] Arnould, M. (1963). Carte géologique de reconnaissance à 1/500.000. Feuille Katiola. *Dir. Mines Géol. Côte-d'Ivoire, Abidjan*.
- [2] Bard J.-P. (1974). Remarques à propos de l'évolution géotectonique du craton Ouest-Africain en Côte-d'Ivoire. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 278, D : 2405-2408.
- [3] Couture, R. (1968). Carte géologique de reconnaissance à 1/500.000. Feuille Odienné. *Dir. Mines Géol. Côte-d'Ivoire, Abidjan*.
- [4] Dommanget, A. et Collart, J. (1988). Examen des permis d'Abongoua et de Boundiali (Côte d'Ivoire). *Rap. BRGM, Fr.*, 88 CIV016 Dex.
- [5] Deroin, J.P., Delor, C., Siméon, Y. et Yao, D.B. (1994). Remote sensing survey applied to synthetical geological mapping in Ivory Coast (West Africa). *Europto*, 2320, pp. 2-11, 4fig., 3 tabl.
- [6] Deroin, J.P., Delor, C., Siméon, Y. et Yao, D.B. (1995). Contribution of remote sensing and other techniques to the geodynamic setting of the Palaeoproterozoic in Ivory Coast (West Africa): comparison to field data. *Séance spécialisée de la société géologique de France, Géodynamique et Paléoprotérozoïque, résumé, Orléans, le 17 novembre 1995*, p 15.
- [7] Koffi, G.B. (1998). Possibilités et limites des images radar ERS en cartographie géologique; Applications en Côte d'Ivoire. *Thèse doc. Univ. Pierre et Marie Curie, Paris 6*, 270 p.
- [8] Koffi, G.B., Ouattara, G. Yao, A.K. et Deroin, J. P. (2008a). Intérêt des images radar ERS pour la géologie en Afrique tropicale : Application à la cartographie lithostructurale dans la région de Ferkessédougou (Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest). *Revue Photointerprétation*, n° 2008/1, p. 3-18.
- [9] Koffi, G.B., Ouattara, G., Yao, A.K. et Deroin, J.P. (2008b). Réalisation de spatio-cartes géologiques à l'aide de l'imagerie satellitale radar ERS pour une prospection minière efficace en Afrique de l'Ouest. Application aux localités de Tortiya et Tienko en Côte d'Ivoire. *Revue Photointerprétation*, n° 2008/2, p. 19-28.
- [10] Milési J.P., Ledru P., Feybesse J.L., Dommanget A., Ouedraogo M.F., Marcoux E., Prost A.E., Vinchon C., Sylvain J.P., Johan V., Tegye M., Calvez J.Y. et Lagny Ph. (1989). Les minéralisations aurifères de l'Afrique de l'Ouest. Leurs relations avec l'évolution lithostructurale au Protérozoïque inférieur. *Chron. Rech. Min.*, 497, pp.3-98.
- [11] Ouattara G., Delor C., Pouclet A. et Vidal M. (1995). Synthèse cartographique à l'aide de l'imagerie satellitaire SPOT sur le centre de la Côte-d'Ivoire. *Séance spécialisée de la société géologique de France, Géodynamique et Paléoprotérozoïque, résumé, Orléans, le 17 novembre 1995*, A28.

- [12] Parra A.N. (1997). Application de la méthode photogéologique à la prospection de roches kimberlitiques dans le champ du Cacui (Angola). *Estudos, Notas e trabalhos, Tomo 39. Instituto Geológico e Mineiro*. http://www.igm.pt/edicoes_online/estudos/tomo39/artigo7.htm.
- [13] Pothin K. et Tahua A. (1987). Etude de la fracturation de la région d'Odienné par une exploration combinée des photographies aériennes, des images satellitaires, des cartes aéromagnétique et radiométrique. *Actes du colloque Int. de Télédétection, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire*.