

International Journal of Geography and Geology

2013 Vol. 2, No. 1, pp. 1-13

ISSN(e): 2305-7041

ISSN(p): 2306-9872

DOI: 10.18488/journal.10/2013.2.1/10.1.1.13

© 2013 Conscientia Beam. All Rights Reserved.



THE REMOTE SENSING IMAGERY, NEW CHALLENGES FOR GEOLOGICAL AND MINING MAPPING IN THE WEST AFRICAN CRATON - THE EXAMPLE OF CÔTE D'IVOIRE

Gbele OUATTARA¹ --- Gnammytchet Barthélémy KOFFI² --- Bertin Daouda YAO³

^{1,2}*Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny (INP-HB) / Département Sciences de la Terre et des Ressources Minières (STeRMi) / Laboratoire des Géosciences, Cadre de Vie, Environnement et Sciences Géographiques / Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)*

³*Direction de la Géologie / Abidjan (Côte d'Ivoire)*

ABSTRACT

This paper is a synthesis of the evolution on the use of remote sensing imagery for geological and mining mapping in West Africa, particularly in Côte d'Ivoire. For nearly 50 years, the development of countries in West Africa is mainly based on agriculture. Given the very low prices of export commodities on the world market, governments have adopted other economic policies including, in particular, the exploitation of natural mineral resources. This is as well as several countries saw their economy go on thanks to these natural resources. This is the case of Ghana (gold); Sierra Leone (gold and diamond); and Nigeria (for petroleum). For a decade, mining research has experienced rapid development in some countries in West Africa (Ghana, Mali, Guinea, Côte d'Ivoire, Burkina Faso, Sierra Leone...). This mining research, which is based in part on geological mapping, seems to depend on good geological maps of the affected areas of the West African Craton. It is therefore important to have access to recent and precise maps. It is consequently necessary to use new technologies to resolve the one of the major problems to which ones are confronted the geologists: the lack of sufficient outcrops in the humid tropics of West Africa to achieve accurate maps. Therefore, remote sensing imagery appears to be one of the effective tools for achieving accurate geological maps, essential supports for searching mineral resources. It is necessary that a particular methodology must be known by geologists for a better use of remote sensing imagery.

Keywords: Remote Sensing imagery, Geological mapping, Mineral resources, West African Craton, Côte d'Ivoire.

Received: 19 April 2013 / Revised: 2 May 2013 / Accepted: 6 May 2013 / Published: 9 May 2013

INTRODUCTION

"The advent of space technologies, combined with the revolution of computer, contributed during the ending decade, to make remote sensing a powerful, more widely popularized in the area of inventory and monitoring resources on the ground and basement" (Ribot, 1989). And, "The education and training of development actors in Africa, as well as the proliferation of remote sensing data have led to a new and better understanding of the economic potential, providing the perception of the spatial distribution of phenomena, their scope, sometimes unexpected interactions that can connect them".

The West Africa shows, in a good part, a humid tropical climate and a geological substratum strongly lateralize. These factors limit outcrops and ground data. This does not permit to establish accurate geological maps. In these areas, without traditional methods of mapping, some companies use multi-elements of soil geochemistry to complete maps. Despite numerous geological cooperations with European countries (cooperation with the Bureau of Geological and Mining Research of France (BRGM) and with the Geological Ivoirian and German Cooperation (CGIA), much remains to be done on the quality, accuracy of geological maps and more major national coverage. To achieve good results, some research teams have relied in part on remote sensing images, including optical images (Landsat and Spot) and radar images.

METHODOLOGY

The methodological approach of our work is to:

1. Review the use of remote sensing imagery for geological mapping of the West African craton in general, and in Côte d'Ivoire in particular.
2. Make propositions for greater extension of remote sensing imagery in geological mapping, particularly in structural geology, mineral resources research in West Africa.

RESULTS AND PERSPECTIVES

The First Steps of Remote Sensing Imagery for Geological and Mining Mapping

Aerial photography which is similar to remote sensing imagery has long been used for, among other things, recognize river systems, networks faults and some lithologies. The essential of a map was made with aeromagnetic, radiometric and field data (rather meager).

The use of remote sensing imagery in geological and mining mapping is recent. Symposia held in Nairobi (Kenya) in 1986, and in Abidjan (Côte d'Ivoire) in 1988, have accelerated the use of space technologies in Africa.

Until recently, remote sensing imagery was used to work on: *pedology* (Azagoh-Kouadio, 1986; Diallo and Loubayi, 1986), *water resources* (Ozer, 1989; Mokadem *et al.*, 1991; Savané *et al.*, 1997; Savané and Biémi, 1999; Biémi and Savané, 2000; Kouamé *et al.*, 2000; Koussoubé and Savadogo,

2000), *land use, soil management and soil degradation* (Dubucq, 1986; Dosso, 1990; Devineau *et al.*, 1992; Haboudane, 1999), *soil resources* (Marchal, 1979), and *forest landscape development units* (Garba, 1986; Guero and Tony, 1987; Aman *et al.*, 2001; N'Da *et al.*, 2008), *geological mapping and mineral resources* (Ahmedou and Dioumassi, 1987; Ankrah and Kpakolo, 1988; Makani-Mabenga, 1988; Wenmenga, 1988), *study of desertification* (Traoré, 1986; Courel *et al.*, 1999; Kouadio *et al.*, 2000; Fofana, 2002), *environmental management of urban and peri-urban* (Pouget, 1991).

1990's Years: The leap of the use of remote sensing imagery for geological and mining mapping, some significant results in Côte d'Ivoire

Geological Mapping

The early 1990's was a time when remote sensing imagery was almost always used for geological mapping in West Africa. This, in anticipation of the leap in mining exploration by several companies (senior or junior). What is certain, innovative results have strengthened the maps libraries. The most notable example is that of Côte d'Ivoire.

In Côte d'Ivoire, through the TALISMAN project (unpublished results in the early 90's) which included several academics (Abidjan – Côte d'Ivoire and Orleans - France) and specialists in remote sensing, digital processing remote sensing images have been made for geological mapping. These treatments permit to have better images and to the extraction of geological informations taking into account the notions of "texture". This notion of "texture" can be defined as a spatial arrangement of small homogeneous elements of the same spectral response (homogeneous content and specific form in a given environment). It may depend, in some cases of the organization of lineaments, network drainage and tints (Koffi, 1998). The results above show the great necessity and efficiency of remote sensing for mapping geological formations in central Côte d'Ivoire, in the savannah zone (see Figures 1 and 2). The French fund projects Aid Cooperation (FAC 1 and 2) have allowed the Department of Mines and Geology Abidjan (Côte d'Ivoire), and the Bureau of Geological and Mining Research (BRGM) to edit, in the 90's, several maps at 1/200 000 scale.

Through researches and thesis completed since 1990, the use of satellite imagery was significantly popularized (multispectral XS and panchromatic Spot images, Landsat TM and MSS, SAR-1 Radar). These studies have helped clarify the delineation of fault zones (including meridian shear zones and NE-SW faults) and to clarify the lithological boundaries (Dombia, 1997; Koffi, 1998; Ouattara, 1998; Koffi *et al.*, 2008a; Koffi *et al.*, 2008b). Structures in some granitoids have been observed and described in petrostructural terms (Ferkessédougou two-mica granites, Sarala granite, the vast undifferentiated granitoids; Figure 3).

The results above have enabled more realistic maps, which permits the geodynamic interpretations, especially in the Paleoproterozoic of Côte d'Ivoire (Deroin *et al.*, 1994; Ouattara *et*

al., 1995; Deroïn and Scanvic, 1995a; Deroïn *et al.*, 1995b; Doumbia, 1997; Koffi, 1998; Ouattara, 1998; Ouattara *et al.*, 1998; Yao, 1998).

The work of the Geological Ivoirian and German cooperation (CGIA) used multispectral SPOT images. Geological mapping and soil geochemistry were performed with high precision at 1/100 000 scale (Lüdtke *et al.*, 1998; Lüdtke *et al.*, 1999). The work carried out by researchers at the University of Cocody - Abidjan (Côte d'Ivoire), from structural and petrographic data, coupled with results of digital processing of remote sensing images (Landsat TM, Landsat-7 ETM⁺, SAR-1 radar, Terra Aster,...) have also been successful of the Archean geological domain of Côte d'Ivoire (Savané *et al.*, 1997; Gronayes *et al.*, 2001; Gronayes *et al.*, 2003; Affian *et al.*, 2004; Saley *et al.*, 2005; Jourda *et al.*, 2006; Kouamé *et al.*, 2006; Ta *et al.*, 2008). Recent works have achieved new maps and the specify others (Koffi *et al.*, 2008a; Koffi *et al.*, 2008b; Ouattara *et al.*, 2010; Ouattara *et al.*, 2012; Ouattara *et al.*, 2013).

Contributions of Remote Sensing Imagery for Mining Exploration

The main classical tools of mining prospection are geological mapping, prospection with hammer, soil geochemistry, geophysical prospection (including electrical and magnetic measurements), trenches, surveys and aerial photographs are increasingly being replaced by remote sensing images.

Recent works have shown the efficiency of remote sensing imagery for the detection of structures that can be mineralized. A big step has been taken towards for the orientation of researches. One can cite the example of Yaoure Mountains (central Côte d'Ivoire) where a gold mine has been in operation (Angovia gold mine).

The interpretation of Landsat and radar images (Figures 4a, 4b and 5) was used to guide research in relation to the mineralized structures (Saoué *et al.*, 2002; Affian *et al.*, 2004; Koffi *et al.*, 2008a; Koffi *et al.*, 2008b). Very little works is dedicated directly on mining research based on remote imagery. Not by disinterest, but more importantly that those works have not been published.

Perspectives on the Use of Remote Sensing Imagery in Geological and Mining Mapping of the West African Craton

The implementation of a several mining research companies in Côte d'Ivoire in the first half of the 90^s has significantly improved geological maps at the local level.

Many advances have been made in Côte d'Ivoire and other countries in the sub-region (Guinea, for example: (Baghdadi *et al.*, 2001) through geological mapping projects. However, much remains to be done on the coverage of geological maps at larger scales (1/100 000 and 1/50 000) that make much account of geological structures.

The use of remote sensing imagery, particularly Radar (Jebrak, 2003), because of its greater efficiency to detect structures in the humid tropics, will permit better structural geological maps.

The Radar images also address the problems of chronology from the identification of faults sealed. It thus helps to develop tectonic evolution models (Hervouet *et al.*, 2003). View that, the most mineralizations in West Africa are related to tectonic structures, the radar could bring innovative results. However, optical images is still very useful, not only for its good resolution, but also for its colorful composition for the combination of a large number of channels.

Mineralization related to tectonic structures (shear zones, vein deposits, fractures, folds) can be enhanced by the remote sensing imagery as is done elsewhere (e.g. in Senegal: Wade *et al.* (2001); in Egypt: Timothy and Talaat (2002).

Models of mineralizations have been identified along the shear zones operating in the opening system (pull-apart?) of the Yaoure in Côte d'Ivoire (Feybesse, 2000). The use of remote sensing imagery could discover other areas of same structures in the Paleoproterozoic of Côte d'Ivoire (even for small mines like Angovia).

Further works can be carried out in the same direction, including the nickel deposits of the Biankouma region in western Côte d'Ivoire. Indeed, the deposits show a morphological contrast with the surrounding formations. This is reflected by the soil and the vegetation. Further studies, using remote sensing imagery (coupled with soil and botanical studies) would identify the limits of these deposits, and possibly the discover of others unclearly visible on the ground (as in Abitibi, Quebec: Yesou *et al.* (1990); at Ambatovy in Madagascar: (Ramanantsizehena *et al.*, 2001; Ramanantsizehena *et al.*, 2003).

We can also look at other types of mineralization as the diamond of the central region of Côte d'Ivoire (Séguéla and Tortiya) as demonstrated elsewhere by aerial photography (in Angola: Parra (1997).

The many possibilities offered by remote sensing imagery compared to aerial photography (ground resolution, panoramic vision, color composition and ability to detect tectonic structures, various digital processing...) give to geologists a powerful tool not only for geological mapping, but also for mining research.

The work undertaken by a group of researchers at the Department of Earth Sciences and Mineral Resources of the Institut National Polytechnique Felix Houphouet-Boigny in Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) and academics are starting to be one of the engines, which probably will contribute significantly to this research activity, essential support to the development of countries of West Africa (Saoué *et al.*, 2002; Affian *et al.*, 2004).

CONCLUSION

The remote sensing imagery has proven to be an indispensable tool for the geological mapping of the West African Craton. Its use in Côte d'Ivoire has already shown its efficiency.

The use of remote sensing imagery has been known since the 1990's, a leap forward with projects of cooperation between countries of West Africa and cooperation bodies of developed countries. The provision of efficient maps will allow some mining companies to settle and deepen their researches. This will help to open other mines.

Despite all these works, remote sensing imagery should be popularized. It would require the progress of geological mapping projects, and other development projects and research, including research teams from universities and colleges of underdeveloped countries. This could reduce the costs of images that are expensive to individuals.

Funding: This study received no specific financial support.

Competing Interests: The authors declare that they have no competing interests.

Contributors/Acknowledgement: All authors contributed equally to the conception and design of the study.

REFERENCES

- Affian, K., F.B. Anoh, E.V. Djagoua, M. Robin, M.C. Azagoh, P. N'Guessan, K.F. Kouamé, M.B. Saley and J. Biémi, 2004. Contribution de la télédétection à la recherche de gisement d'or dans la région d'angovia en côte d'ivoire. *Revue Télédétection* 4(3): 277-288.
- Ahmedou, O.S.O.T. and B. Dioumassi, 1987. Application des données de télédétection à la recherche minière, zone test de gaoua. CRTO, Ouagadougou.
- Aman, A., S. Fofana and M. Kéïta, 2001. Télédétection en milieu de savane : Problème de la nomenclature lié au changement d'échelle spatial. *Revue Télédétection* 2(2): 91-101.
- Ankrah, P.T. and N.K. Kpakolo, 1988. Application of remote sensing techniques to mineral exploitation in the gaoua region, burkina faso. CRTO, Ouagadougou.
- Azagoh-Kouadio, M.C., 1986. Utilisation des données de télédétection et des photographies aériennes pour l'analyse de l'occupation du sol dans la région de tenkodogo sud. CRTO, Ouagadougou.
- Baghdadi, N., A. Bourguignon, C. King, J.F. Desprats, C. Parent and J.L. Feybesse, 2001. L'imagerie spatiale pour la mise à jour cartographique en afrique: Un cas d'étude en guinée-conakry. *Bulletin SFPT* 163(3): 20-32.
- Biémi, J. and I. Savané, 2000. Cartographie des aquifères de fissures en milieu cristallin du nord-ouest de la côte d'ivoire par télédétection. Lausanne.

- Courel, M.-F., P. Bicheron, E. Mougin and L. Jarlan, 1999. Contribution de la télédétection à l'étude de la désertification : Exemples choisis en Afrique de l'ouest. Lausanne.
- Deroin, J.P., C. Delor, Y. Siméon and B.D. Yao, 1994. Remote sensing survey applied to synthetic geological mapping in Ivory Coast (West Africa). *Europto* 2320: 2-11.
- Deroin, J.P., C. Delor, Y. Siméon and B.D. Yao, 1995b. Contribution of remote sensing and other techniques to the geodynamic setting of the paleoproterozoic in Ivory Coast (West Africa): Comparison to field data. *Séance spéc. Soc. Géol. Fr., "géodynamique du paléoprotérozoïque"*, Orléans.
- Deroin, J.P. and J.Y. Scanvic, 1995a. Apport de l'imagerie radar à la cartographie géologique: Exemples et réflexions. *Bulletin SFPT* 138: 96-109.
- Devineau, J.L., A. Fournier, J.M. Lamachère and C. Malek, 1992. Le programme d'évaluation préliminaire spot n° 149 - spot-oursi - observations au sol, photo-interprétation et traitements numériques d'images satellitaires sur le bassin versant de la mare d'oursi. Communication au colloque "mare d'oursi". Crnst/orstom/liptako-gourma. Ouagadougou.
- Diallo, M.I. and A. Loubayi, 1986. Interprétation de l'imagerie Landsat et des photographies aériennes pour l'analyse de l'occupation du sol dans la région de Tenkodogo sud. Crto. Ouagadougou.
- Dosso, M., 1990. Mise en relation de l'organisation tridimensionnelle des formations superficielles et de différentes données de télédétection correspondantes : Exemples pris en zone tropicale et en zone tempérée. Thèse Doctorat, Université Paris 7 (France).
- Doumbia, S., 1997. Géochimie, géochronologie et géologie structurale des formations birimiennes de la région de Katiola-Marabadiassa (centre-nord de la Côte d'Ivoire). Thèse Doctorat, Université Orléans (France).
- Dubucq, M., 1986. Télédétection spatiale et érosion des sols. Étude bibliographique. *Cahiers ORSTOM, sér. Pédol*, xxII(2): 247-258.
- Feybesse, J.L., 2000. Géométrie et cinématique des fractures contrôlant la mise en place des veines et veinules de quartz de la mine d'or d'Angovia (Yaouré, Côte d'Ivoire). Implications pour la recherche de sites potentiellement favorables par leur caractère structural. Perspectives en terme de gîtologie prévisionnelle à l'échelle semi-régionale et régionale. BRGM/RC-50934-FR: 27.
- Fofana, M., 2002. Télédétection et cartographie des ressources minérales dans le contexte du programme d'action régionale de la lutte contre la désertification en Afrique. Organisation africaine de cartographie et de télédétection, atelier de lancement du réseau tpn4.
- Garba, S., 1986. Délimitation des types de végétation dans le milieu naturel par télédétection: La réserve totale de faune de Singou. CRTO, Ouagadougou.

- Gronayes, C.C., P.K. Blé, F.K. Kouamé and B.K. Brou, 2003. Identification de couloirs de cisaillement à partir de l'imagerie tm de landsat: Application à l'archéen de bloléquin (ouest de la côte d'ivoire). *Revue Télédétection* 3(2/3/4): 217-226.
- Gronayes, C.C., F.K. Kouamé, K.B. Pothin, J. Biémi and J.P. Jourda, 2001. Apport de la télédétection à la caractérisation d'une tectonique transpressive symmigmatitique dans la chaîne archéenne des monts douan dans la région de guiglo (ouest de la côte d'ivoire). 9èmes journées du réseau télédétection, la télédétection et la prospection minière et l'hydrologie. Yaoundé, Cameroun, abstract.
- Guero, M. and O.E. Tony, 1987. Inventaire forestier, étude dynamique, étude d'aménagement forestier par télédétection. CRTO, Ouagadougou.
- Haboudane, D., 1999. Intégration des données spectrales et géomorphométriques pour la caractérisation de la dégradation des sols et l'identification des zones de susceptibilité à l'érosion physique. Thèse doctorat en télédétection, département de géographie et télédétection. Canada: Université Sherbrooke.
- Hervouet, Y., B. Voogd, D. Dhont and J.P. Xavier, 2003. Déformation de la lithosphère / imagerie satellitale et aérienne. les applications du radar satellite en géologie structurale. Available from <http://www.univ-pau.fr/recherche/geophy/them/theme3.html>.
- Jebrak, M., 2003. Manuel de gîtologie. Les gîtes d'altération. Available from <http://www.unites.uqam.ca/~sct/gitologie/mjg10.htm>.
- Jourda, J.P., E.V. Djagoua, K. Kouamé, M.B. Saley, C.C. Gronayes, J.-J. Achy, J. Biémi and M. Razack, 2006. Identification et cartographie des unités lithologiques et des accidents structuraux majeurs du département de korhogo (nord de la côte d'ivoire): Apport de l'imagerie etm+ de landsat. *Revue Télédétection*, 6(2): 123-142.
- Koffi, G.B., 1998. Possibilités et limites des images radar ers en cartographie géologique; applications en côte-d'ivoire. Thèse doctorat, Université Pierre et Marie Curie (Paris 6), France.
- Koffi, G.B., G. Ouattara, A.K. Yao and J.P. Deroin, 2008a. Intérêt des images radar ers en cartographie géologique en afrique tropicale: Exemple de cartographie lithostratigraphiques et des zones de failles dans la région de ferkessédougou en côte d'ivoire. *Revue Photointerprétation* 2008(1): 3-18.
- Koffi, G.B., G. Ouattara, A.K. Yao and J.P. Deroin, 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* 2008(2): 19-28.
- Kouadio, A.T., Y.B. Touré and B. Koli, 2000. Essai de corrélation, par traitement d'une image hrv (xs) de spot, entre la dégradation des milieux naturels et les densités de population autour du parc national du mont péko en côte d'ivoire forestière. In la télédétection en francophonie: Analyse critique et perspectives, 8ème journées

- scientifiques du "réseau télédétection" de l'agence universitaire de la francophonie. Lausanne.
- Kouamé, F.K., P. Gioan, J. Biémi and T. Lasm, 2000. Approche de la géométrie des aquifères en milieu cristallophyllien fissuré par les analyses statistique et fractale des données linéamentaires extraites des images satellitales: Cas de la région semi-montagneuse de la côte d'ivoire. In la télédétection en francophonie: Analyse critique et perspectives, 8èmes journées scientifiques du "réseau télédétection" de l'agence universitaire de la francophonie. Lausanne.
- Kouamé, F.K., M.J. Penven and B.H. Kouadio, 2006. Contribution des images d'aster de terra et d'un modèle numérique d'altitude à la cartographie morphostructurale du massif des toura (ouest de la côte d'ivoire). *Revue Télédétection* 6(2): 103-121.
- Koussoubé, Y. and N. Savadogo, 2000. Les différentes signatures des fractures de socle cristallin en zone sahélo-soudanienne du burkina faso: Cas du bassin versant de bidi (province du yatenga). Lausanne.
- Lüdtke, G., W. Hirdes, G. Konan, Y. Koné, D. N'Da, Y. Traoré and Z.B. Zamblé, 1999. Géologie de la région haute comoé sud, carte géologique à 1/100000, feuilles dabakala 2b,d et 4b,d - 1ère édition. Projet de coopération géologique ivoiro-allemande cgia (1995-1996). Ministère des Ressources Minières et Pétrolières, Direction de la Géologie, Bulletin n°2.
- Lüdtke, G., W. Hirdes, G. Konan, Y. Koné, C. Yao, S. Diarra and Z. Zamblé, 1998. Géologie de la région haute comoé nord, carte géologique à 1/100000, feuilles kong (4b et 4d) et téhini-bouna (3a et 3d) - 1ère édition. Projet de coopération géologique ivoiro-allemande cgia (1992-1994). Ministère des Ressources Minières et Pétrolières, Direction de la Géologie, Bulletin n°1.
- Makani-Mabenga, T.G., 1988. Télédétection et étude géologique du socle précambrien de l'ouadalan (nord du burkina faso), essai de gîtologie prévisionnelle des minéralisations en or du système birrimien de la zone test. CRTO, Ouagadougou.
- Marchal, J.-Y., 1979. La cartographie et ses utilisateurs en pays africains: A propos de la haute volta. *Cahiers O.R.S.T.O.M., sér. Sci. Hum*, 16(3): 261-272.
- Mokadem, A., A. Nonguierma and S. Dautrebande, 1991. Utilisation de l'imagerie satellitale pour l'étude des bas-fonds du sahel. *Revue Sécheresse*, 2(3): 189-198.
- N'Da, H.D., E.K. N'Guessan, M.E. Wadja and K. Affian, 2008. Apport de la télédétection au suivi de la déforestation dans le parc national de la marahoué (côte d'ivoire). *Revue Télédétection* 8(1): 17-34.
- Ouattara, G., 1998. Structure du batholite de ferkessédougou (secteur de zuénoula, côte-d'ivoire) : Implications sur l'interprétation du paléoprotérozoïque d'Afrique de l'ouest à 2.1 ga. Thèse doctorat, Université Orléans (France).

- Ouattara, G., C. Delor, A. Pouclet and M. Vidal, 1995. Synthèse cartographique à l'aide de l'imagerie satellitale spot sur le centre de la côte-d'ivoire. Séance spéc. Soc. Géol. Fr., "géodynamique du paléoprotérozoïque," Orléans.
- Ouattara, G., B.G. Koffi and A.K. Yao, 2010. 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* 2: 212-220.
- Ouattara, G., B.G. Koffi and A.K. Yao, 2012. Contribution des images satellitales landsat 7 etm+ à la cartographie lithostructurale du centre-est de la côte d'ivoire (afrique de l'ouest). *International Journal of Innovation and Applied Studies* 1(1): 61-75.
- Ouattara, G., B.G. Koffi and A.K. Yao, 2013. Lithostructural characterization of the auriferous shear zone of parc-sou (hana-lobo region in the south-west of ivory coast, west africa). *International Journal of Scientific & Engineering Research* 4(2): 5.
- Ouattara, G., M. Vidal, A. Pouclet and S. Doumbia, 1998. Interprétation structurale de l'ensemble granitique de ferkéssédougou (côte d'ivoire). Réunion des Sciences de la Terre, RST Brest (France), 31 mars au 3 avril 1998, abstract: 170.
- Ozer, A., 1989. Ressources minérales et ressources en eau: L'apport de la télédétection dans le monde francophone. *Télédétection en francophonie*, éd. Aupelf-uref. John Libbey Eurotext, Paris 12: 117-123.
- Parra, A.N., 1997. Application de la méthode photogéologique à la prospection de roches kimberlitiques dans le champ du caculo (angola). Instituto Geològico e Mineiro Portugal, Estudos, Notas e Trabalhos Online, Tomo 39.
- Pouget, P., 1991. Caractérisation et suivi des milieux terrestres en régions arides et tropicales. 2èmes journées de télédétection, december 04-06, 1990, bondy, fra, orstom. Paris (FRA).
- Ramanantsizehena, P., H. Andriamanantena and S. Randriamampionona, 2001. Complémentarité des données de télédétection aérospatiale et des mesures géophysiques dans la prospection minière: Le cas du gisement de fer-nickel d'ambatovy. 9èmes journées du réseau télédétection, la télédétection et la prospection minière et l'hydrologie. Yaoundé, Cameroun, abstract.
- Ramanantsizehena, P., H. Andriamanantena and S. Randriamampionona, 2003. Télédétection et mesures géophysiques pour la prospection du gisement de fer-nickel d'ambatovy, madagascar. *Revue Télédétection* 3(2/3/4): 203-215.
- Ribot, F., 1989. Télédétection en afrique subsaharienne, bilan régional. *Télédétection en francophonie*, ed. Aupelf-uref. John Libbey Eurotext, Paris, 2: 17-37.
- Saley, M.B., F.K. Kouamé, M.J. Penven, J. Biémi and H.B. Kouadio, 2005. Cartographie des zones à risque d'inondation dans la région semi-montagneuse à l'ouest de la

- côte d'ivoire: Apports des mna et de l'imagerie satellitaire. *Revue Télédétection* 5(1/2/3): 53-67.
- Saoué, H., G.B. Koffi and C. Gérard, 2002. Apport de l'imagerie satellitale (optique et radar) à la cartographie pétrostructurale du yaouré: Son impact sur l'exploration minière. Travail de fin d'étude, compagnie minière d'afrique, école supérieure des mines et de géologie, institut national polytechnique félix houphouët-boigny, yamoussoukro.
- Savané, I., G.B. Benié and H.J. Gwyn, 1997. Evaluation de la productivité des ouvrages dans le socle par l'étude des fractures et le gis dans la région nord-ouest de la côte d'ivoire. *Hard Rock Hydrosystems, Proceedings of Rabat Symposium S2*, may 1997, IAHS Publ., n°241.
- Savané, I. and J. Biémi, 1999. Télédétection et sig pour l'étude des aquifères du socle cristallin d'odienné (nord-ouest de la côte d'ivoire). *Revue Télédétection* 1: 47-64.
- Ta, M.Y., T. Lasm, J.P. Jourda, F.K. Kouamé and M. Razack, 2008. Cartographie des accidents géologiques par imagerie satellitaire landsat-7 etm+ et analyse des réseaux de fractures du socle précambrien de la région de bondoukou (nord-est de la côte d'ivoire). *Revue Télédétection* 2008 8(2): 119-135.
- Timothy, M.K. and M.R. Talaat, 2002. Structural controls on neoprpterozoic mineralization in the south eastern desert, egypt: An integrated field, landsat tm, and sirc-c/x sar approach. *Journal of African Earth Sciences* 35(1): 107-121.
- Traoré, L., 1986. Suivi de feux de brousse à partir des images satellites, région centre-ouest du burkina faso. CRTO, Ouagadougou.
- Wade, S., J. Lichtenegger, M. Barbieri, J.P. Rudant, B. Deffontaines and B. Fruneau, 2001. Application de l'interférométrie rso à l'exploration minière : Exemple de l'or dans la boutonnière de kédougou kénéieba (sénégal). 9èmes journées du réseau télédétection, la télédétection et la prospection minière et l'hydrologie. Yaoundé, Cameroun, abstract.
- Wenmenga, U., 1988. Géologie générale et structurale de la zone sud-est du burkina faso (tenkodogo-zabre) à travers la télédétection. CRTO, Ouagadougou.
- Yao, B.D., 1998. Lithostratigraphie et pétrologie des formations birimiennes de toumodi-fettekro (côte-d'ivoire): Implication pour l'évolution pour l'évolution crustale du paléoprotéroïque du craton ouest-africain. Thèse doctorat, Université Orléans (France).
- Yesou, H., H. Gwyn, H. Brisson and B. Bruce, 1990. Télédétection et prospection minière: Application à la cartographie structurale du secteur du lac shortt, abitibi-québec, résultats préliminaires. *Sci. Geol. Bull* 43(1): 45-61.

Samples of Remote Sensing Imagery and Their Interpretative Geological Maps

Figure 1. Various textures associating the shape and the layout of tints (all tints have been returned in grey level). A = homogeneous texture of sediments; B = "zebra" texture in the eastern region of the two micas granite of Ferké; C, D and E = texture "in haloes" (with C = ITS composition of Landsat TM₅₄₆ channels; D and E represent respectively channels 4 and 6); F and G = ACP compositions)

Figure 2. Map of the various lineaments of sub-scenes of the sector in the Northeast of Marabadiassa and correspond to C, D and E of Figure 1 (central Côte d'Ivoire). H = undifferentiated sediments; I = volcanics and sediments rocks; J = andesites; K = alkaline granites of Sambasso; L = parcellar (fields of sugar canes).

Figure 3. Analytical geologic map obtained by the interpretation of SAR-1 radar image of Ferkessédougou region. Sar = granite of Sarala; Kg = granite of Kong; GFB = lineament of Greenville-Ferkessédougou-Bobodioulasso.

Figure 4a. Sample of SAR-1 radar image of Yaouré mounts (central Côte d'Ivoire).

Figure 4b. Lithostructural interpretation of the image of figure 4a. M = undifferentiated sediments; N = undifferentiated volcanics and sediments.

Figure 5. Lithostructural interpretation Yaouré mounts from Landsat TM image.

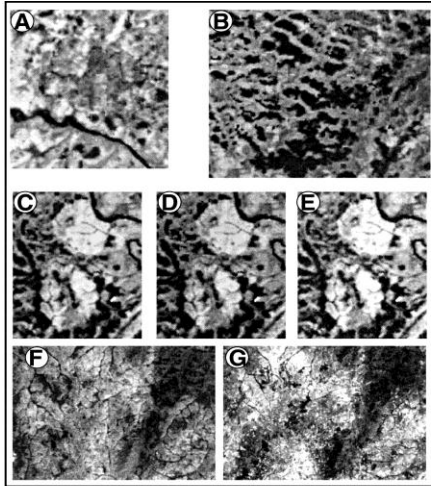


Figure 1

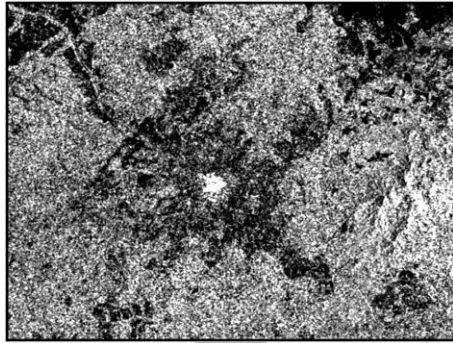


Figure 4a

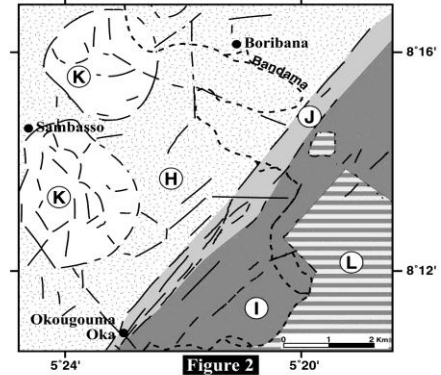


Figure 2

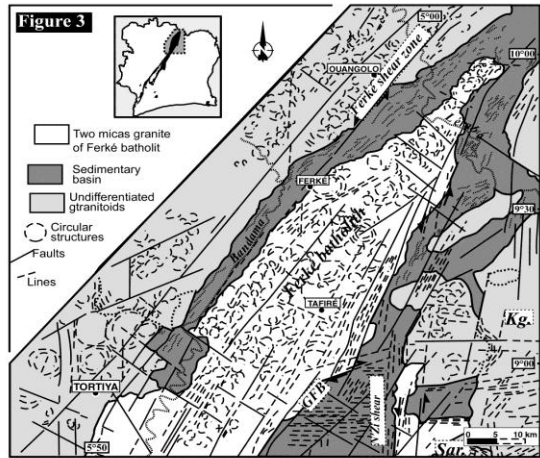


Figure 3

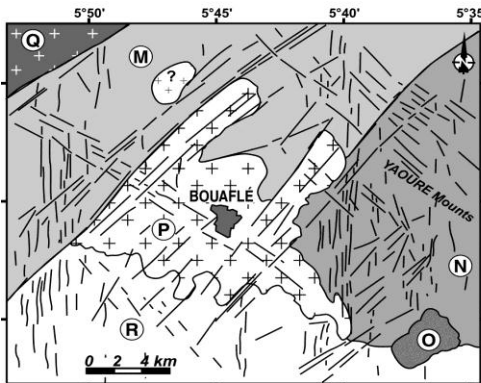


Figure 4b

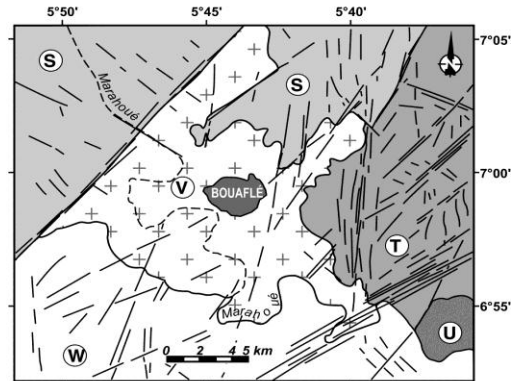


Figure 5

Views and opinions expressed in this article are the views and opinions of the author(s), International Journal of Geography and Geology shall not be responsible or answerable for any loss, damage or liability etc. caused in relation to/arising out of the use of the content.