

# **Cartographie De L'état Du Couvert Végétal Du Nord De La Côte D'ivoire À Partir D'images Satellites: Exemple De La Zone De Korhogo**

***Ay Stéphane Koffi, PhD, Assistant***

Université Péléforo Gon Coulibaly de Korhogo / Département de  
Géoscience, Côte d'Ivoire

***Abderrahman Ait Fora, Professor***

Université Ibn Tofail de Kénitra / Département de Géologie, Maroc

***Hicham Elbelrhiti, Professor***

Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II / Département des Sciences  
Fondamentales et Appliquées, Maroc

doi: 10.19044/esj.2016.v12n29p204 [URL:http://dx.doi.org/10.19044/esj.2016.v12n29p204](http://dx.doi.org/10.19044/esj.2016.v12n29p204)

---

## **Abstract**

The purpose of this study is to determine the state of the vegetation cover in the region of Korhogo through remote sensing. Nowadays, the problem of desertification in the Sahel is serious. This could be explained by the phenomenon of climate change. We want to map the state of the vegetation cover in the study area. This study therefore focuses on the state of the vegetation cover in the region of Korhogo in northern Côte d'Ivoire. We will use one Landsat satellite image from December 16<sup>th</sup> 2000 and proceed with image processing. Processing techniques by the normalized difference vegetation index, the index armor and colorful composition 472. After these treatments in our pictures, we observe the behavior of vegetation. We can then get an overview of the vegetation in this area

---

**Keywords:** Vegetation, savannah, satellite, Landsat, treatment

---

## **Résumé**

L'objet de cette étude est de déterminer l'état du couvert végétal la zone de Korhogo au travers de technique de télédétection. Notons qu'aujourd'hui, le problème de la désertification dans le Sahel est grave. Ceci pourrait être expliqué par le phénomène du changement climatique. Nous voulons cartographier la couverture végétale dans la zone d'étude. La présente étude porte donc sur l'état du couvert végétal dans la zone de Korhogo au Nord de la Côte d'Ivoire. Nous utiliserons une image du satellite Landsat datant du 16 Décembre 2000 puis procéderons à des traitements

d'images. Les techniques de traitement par l'indice de végétation normalisé, l'indice de cuirasse et la composition colorée 472. Après ces traitements de nos images, nous observerons le comportement de la végétation. Nous pourrions ainsi obtenir un aperçu de la couverture végétale dans cette zone.

---

**Mots clés:** Végétation, savane, satellite, Landsat, traitement

### **Introduction**

La cuirasse est la croûte superficielle du sol, épaisse (allant jusqu'à plusieurs mètres) fortement durcie par des précipitations de fer et d'aluminium se formant surtout en climat intertropical à saisons sèches bien marquées (Foucault et Raoult, 2000). Sa mise en place entraîne une dégradation du sol, en l'occurrence un appauvrissement et un durcissement de celui-ci (Dya, 1993). Les sols concernés ne sont plus alors cultivables. Cette situation conduit généralement à une migration des populations rurales de ces régions vers d'autres zones, à la recherche de terres cultivables. Cela entraînant souvent des conflits fonciers avec les autochtones. Il existe de nombreux travaux antérieurs ayant montré la présence de ces cuirasses sur le territoire ivoirien. À titre d'exemple, on peut citer les travaux de (Maignien, 1954), (Grandin et Delvigne, 1969), (Yao-Kouamé, 2008) réalisés dans le département de Toumodi en moyenne Côte d'Ivoire. Toutefois, leurs continuités et extensions restent à ce jour très peu étudiées. Par ailleurs, les cuirasses, sous certaines conditions mécaniques et géotechniques, sont utilisées comme matériaux de réalisation d'ouvrages (constructions, remblais, etc.). Par ailleurs, les cuirasses, sous certaines conditions mécaniques et géotechniques, sont utilisées comme matériaux de réalisation d'ouvrages (constructions, remblais, etc.); d'où l'intérêt de leur cartographie afin de connaître leur position spatiale. Pour remédier à cette insuffisance, nous proposons une approche par Télédétection, à partir des images satellites. L'objectif principal de l'étude est de cartographier le couvert végétal.

### **Contexte et présentation de la zone d'étude**

Situé à 600 km d'Abidjan au Nord de la Côte d'Ivoire, le département de Korhogo, zone de notre étude, est le chef-lieu de la région du Poro. Il couvre une superficie de 12 500 km<sup>2</sup>, soit 3,9% du territoire national avec une population de 327 030 habitants (RGPH, 2014) et conformément au nouveau découpage administratif. Le département compte 16 sous-préfectures.-(Figure 1).



**Figure 1.** Zone d'étude (Adaptée de Marc Youan Ta et al, 2008)

### Matériels et méthodes

Le matériel utilisé dans le cadre de nos travaux est composé de données et de matériel informatique et de terrain. Les données sont constituées de cartes (topographique à l'échelle 1/50000, géologique et pédologique 1/100000), d'une image satellite couvrant la zone d'étude. En outre, nous avons utilisé une image extraite de l'image satellite ETM+ de Landsat 7, scène 197/54 du 16 Décembre 2000 obtenue sur le site : <http://glcfapp.umiacs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>. Il s'agit spécifiquement des images extraites des canaux du visible (ETM+1, ETM+2, ETM+3), du proche infrarouge (ETM+4) et du moyen infrarouge (ETM+5, ETM+7). Ce choix est guidé par la résolution spatiale (30 m. x 30 m.) qui permet, d'une part de discriminer les surfaces végétalisées, les sols nus, les routes, les pistes et les cours d'eau. Et d'autre part d'avoir une précision acceptable dans la localisation de phénomènes (fracturation des formations géologiques, etc.). Nous avons utilisé, comme matériel informatique et de terrain pour la réalisation des travaux, le logiciel de traitement d'images satellites ENVI 5.1.

La méthodologie mise en œuvre s'articule autour de différentes étapes. Dans un premier temps, des traitements d'images satellites sont

effectués à partir de calcul d'indices et de compositions colorées mettant en évidence les sols nus et les affleurements, lieux de prédilection des cuirasses.

Des images ont été produites à partir du calcul de l'indice de végétation normalisé (NDVI), de l'indice de cuirasse (IC) et d'une composition colorée RVB. Le résultat du NDVI est une image présentant un gradient croissant d'activité végétale allant du noir signifiant l'absence de couverture, au blanc qui rend compte d'une activité chlorophyllienne très élevée. Par conséquent, il est utilisé pour discriminer les sols nus et les surfaces végétalisées. La formule de calcul est présentée par l'équation (Collet et al, 2001) :

$$NDVI = \frac{ETM^{+4} - ETM^{+3}}{ETM^{+4} + ETM^{+3}}$$

L'indice de cuirasse (Pouchin, 2001) permet de dissocier les couvertures végétalisées des étendues minérales (notamment des cuirasses). Les surfaces végétalisées et aquatiques apparaissent en noir alors que les surfaces minéralisées sont codées en gris clair ou en blanc. L'indice de cuirasse a pour formule :

$$IC = 3 * (ETM^{+2}) - (ETM^{+3}) - 100$$

Plusieurs scénarii de compositions colorées (RVB) ont été réalisés en attribuant successivement les couleurs primaires rouge, vert et bleu à chacun des canaux  $ETM^{+2}$ ,  $ETM^{+4}$  et  $ETM^{+7}$ . Celle ayant fourni une bonne discrimination des entités de l'image a été obtenue en attribuant la couleur rouge au canal  $ETM^{+4}$  (R), la couleur verte au canal  $ETM^{+7}$  (V) et la couleur bleue au canal  $ETM^{+2}$  (B). Elle est baptisée CC dans la suite.

## Résultats

Afin de discriminer le sol nu et la végétation, nous avons réalisé le NDVI à partir des images des canaux  $ETM^{+3}$  et  $ETM^{+4}$ .

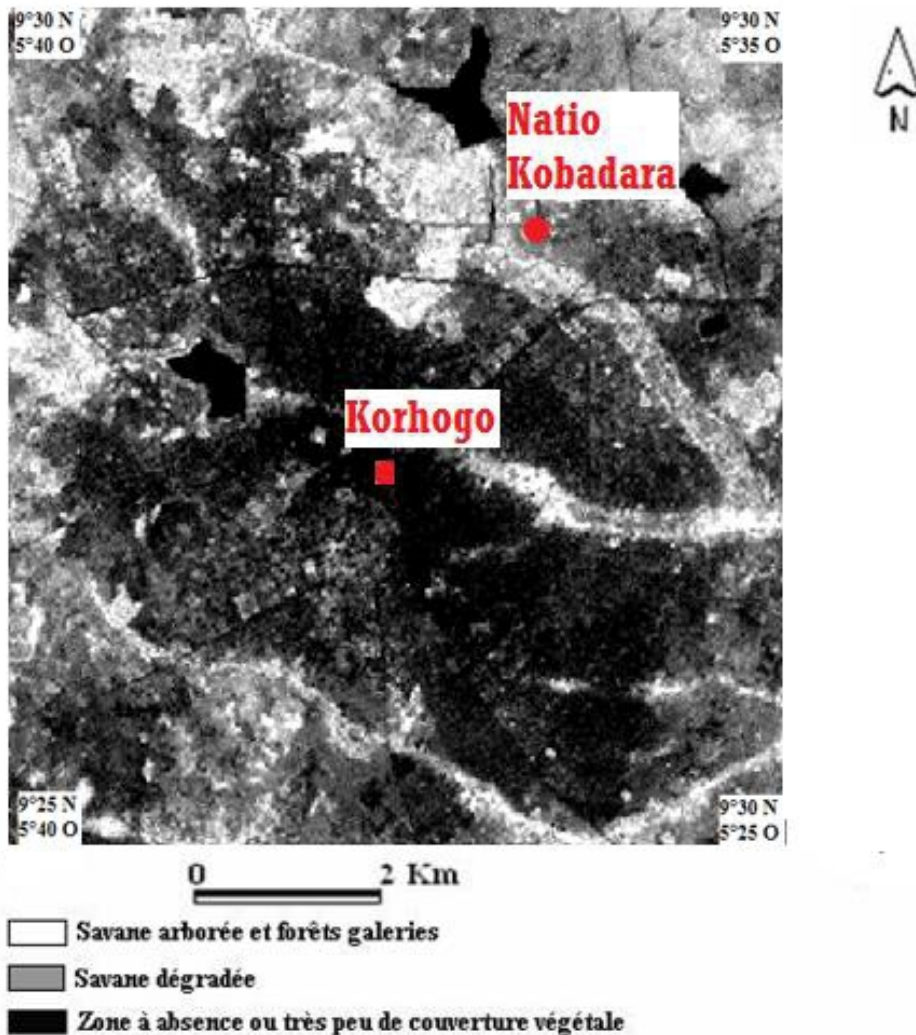


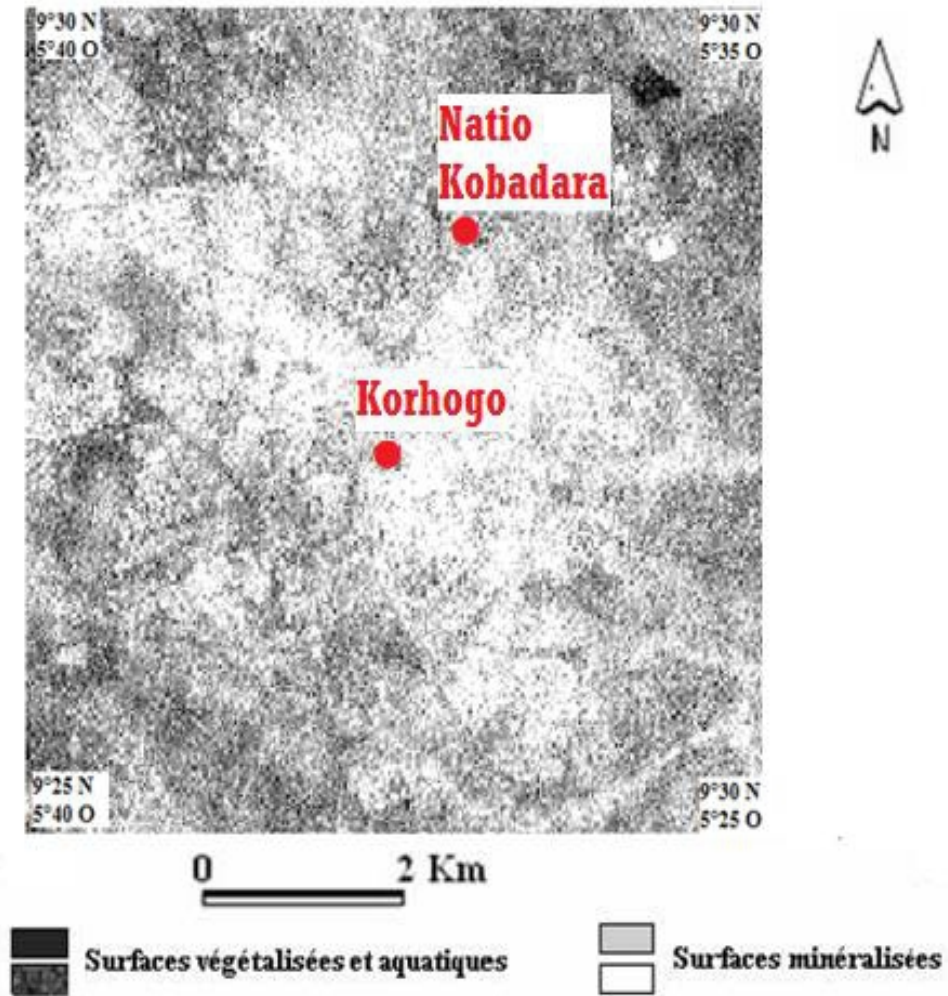
Figure 2. Carte dérivée de l'image NDVI de la région de Korhogo 2000

Ainsi, nous avons obtenu du NDVI et des visites de terrain trois entités :

- les zones de couleur grise très claire à blanchâtre marquent une activité chlorophyllienne très élevée. Elles correspondent à la savane arborée et aux forêts galeries ;
- les zones à couleur grise à gris-foncée sont révélatrices d'une très faible activité chlorophyllienne. Elles caractérisent la savane dégradée ;
- les zones de teinte noire à gris-foncée révèlent une absence ou très peu de couverture végétale. Par conséquent, elles représentent les sols bâtis à sols nus qui sont les zones de prédilection des cuirasses.

Nous avons réalisé, à partir des images des canaux ETM+3 et ETM+2, un calcul d'indice de cuirasse de la zone d'étude. Ce qui fournit l'image ci-après :

**Figure 4.** Carte dérivée de l'indice de cuirasse de la région de Korhogo 2000



Les surfaces végétalisées et aquatiques apparaissent en noir alors que les surfaces minéralisées sont codées en gris clair ou en blanc (Pouchin, 2001). Les surfaces végétalisées et aquatiques apparaissent en noir alors que les surfaces minéralisées sont codées en gris clair ou en blanc (Pouchin, 2001).

Afin de discriminer les différentes entités de l'image de la zone, des compositions colorées ont été réalisées. Celle discriminant au mieux les différentes entités est représentée ci-après. L'image de la composition colorée comparée à des informations de terrain indique que:

- La couleur rouge correspond à la savane arborée et aux forêts galeries ;
- La couleur verte caractérise les zones d'affleurement avec présence d'eau ;
- La couleur violette marque la savane arborée dégradée ;

- La couleur bleue met en évidence les sols à très faible couverture végétale et les habitats.

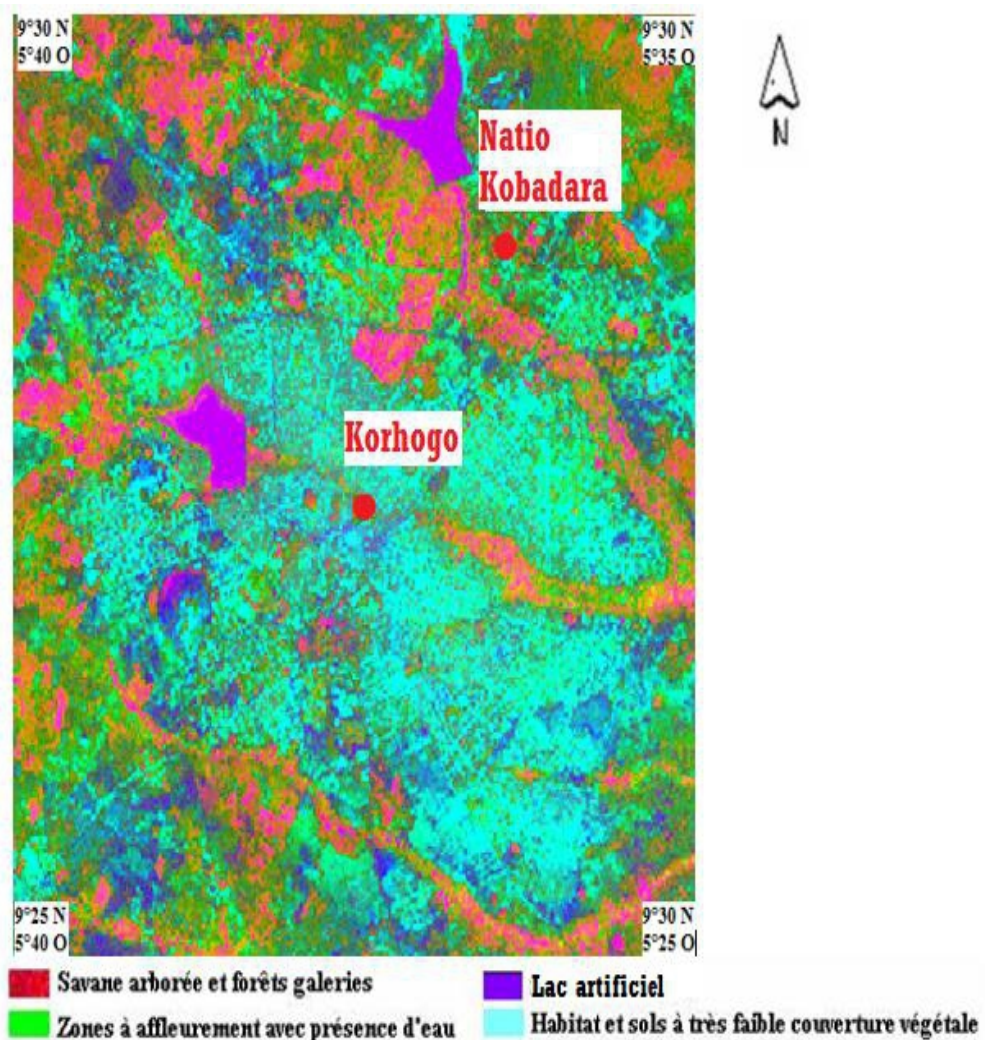


Figure 6. Carte dérivée de la composition colorée ETM+4 (rouge), ETM+7 (vert), ETM+2 (bleu) de la région de Korhogo 2000

## Discussion

Afin de réaliser la cartographie de l'état des sols dans la région de savane du Nord de la Côte d'Ivoire, nous avons utilisé une image du satellite Landsat. Après un premier traitement relatif à l'indice de végétation normalisé, nous avons effectué un second traitement prenant cette fois en compte l'indice de cuirasse et enfin un troisième et dernier traitement en considérant la composition colorée RVB (ETM+4 (R), ETM+ 7 (V) et ETM+2 (B)). Les traitements ont effectivement permis de cartographier la

zone d'étude. Il est à noter que la grande proportion des cuirasses dans notre zone d'étude du Nord de la Côte d'Ivoire exprime un appauvrissement accru des sols (Dya, 1993) dans cette période de l'année (Décembre). Nous sommes en saison sèche, ce qui est favorable à cette formation (Foucault et Raoult, 2000). Les sols du Nord de la Côte d'Ivoire, région des savanes sont constitués de savanes dégradées, de savanes arborée et forêts galeries, de sols à faible couverture végétale du fait de l'urbanisation et de l'extension des zones d'habitation. L'étude a montré que l'indice de végétation normalisé NDVI, l'indice de cuirasse et la composition colorée RVB (ETM+4 (R), ETM+ 7 (V) et ETM+2 (B)) donne dans certains cas des résultats différents. Mais dans l'ensemble, il est à noter une grande cohérence dans les résultats obtenus après les traitements. Il faudrait toujours se référer au terrain et sa connaissance approfondie pour confirmer les résultats obtenus. Les régions du Nord de la Côte d'Ivoire sont productrices de Coton, Anacardes, Canne à Sucre... Ces cultures d'exportation sont importantes pour l'économie du Pays, leurs surproductions sur les sols de cette région constituent une raison de la dégradation de ses sols. Il faut protéger ses sols pour éviter la désertification, mettre en place des politiques de reboisement pour renforcer la flore. Utiliser des plantes qui enrichissent les sols en éléments minéraux et qui peuvent être adaptable à cette région du pays. La culture de légumineuses enrichit le sol en azote, surtout si on enfouit, à la fin de la saison, une partie de la récolte dans le sol. Il serait avantageux pour l'amélioration des sols dégradé et du couvert végétal de procéder à la rotation des cultures, c'est à dire faire alterner la culture d'une légumineuse avec celle d'une autre plante qui, elle, nécessite beaucoup d'azote pour croître. Par exemple, les haricots, graines de soja, luzerne, lentilles, etc... sont des légumineuses qui pourraient enrichir le sol en azote ce qui permet ensuite de cultiver le maïs.

### **Conclusion**

L'approche présentée consiste à fusionner les informations des images issues de l'indice de végétation normalisé (NDVI), de l'indice de cuirasse (IC) et de la composition colorée RVB (ETM+4 (R), ETM+ 7 (V) et ETM+2 (B)).

L'originalité de cet article réside dans l'utilisation de technique de traitement d'image satellite de Landsat 7 pour cartographier l'état du couvert végétal dans notre zone. La méthodologie appliquée pourrait être utilisée, avec des aménagements appropriés, à d'autres fins de cartographie d'éléments géologiques.



## References:

1. Collet, C. et Caloz, R. (2001). *Traitements numériques d'image de télédétection. Vol.3. Précis de Télédétection.* (pp. 229-236).
2. Corgne, S. (2004). *Modélisation prédictive de l'occupation des sols en contexte agricole intensif : Application à la couverture hivernale des sols en Bretagne.* (pp. 226). Thèse de l'Université de Rennes II, Haute-Bretagne. DCGTx, (1993). Carte des unités morpho-pédologiques du degré carré de Gagnoa au 1 / 100 000.
3. Dempster, A. (1967). *Upper and Lower probabilities Induced by Multivalued Mapping.* Ann. Math. Statist. (pp. 325-339).
4. Dencœux, T. (1995). A k-Nearest Neighbor Classification Rule Based on Dempster-Shafer Theory. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 25 (5). (pp. 804-813).
5. Dya, C. S. (1993). *Connaissance des cuirasses au Burkina Faso : Géomorphologie et Utilisation.* *Berichte des Sonderforschungsbereichs* 268. Bd. 1, Frankfurt a. M. (pp 117-131).
6. Foucault, A. et Raoult, J-F. (2000). Dictionnaire de géologie. *Les éditions MASSON, 5e édition.* (pp. 380)
7. Grandin, G., Delvigne, J. (1969). *Les cuirasses de la région birmanne volcano-sédimentaire de Toumodi : jalons de l'histoire morphologique de la Côte d'Ivoire.* Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris, série D, tome 269, n°16. (pp 1477-1479). IGN (1964). Carte topographique de l'Afrique de l'ouest au 1 / 50 000, feuille Gagnoa 4b.
8. Lefèvre, E., Vannoorenberghe, P., Colot, O. (1999). *Using information criteria in Dempster- Shafer's basic belief assignment.* 8th International Conference on Fuzzy Systems, FUZZ-IEEE'99. (pp 173-178).
9. Maignien, R. (1954). *Différents processus du cuirassement en A.O.F.* Extrait des comptes rendus de la 2e Conférence Interafricaine des sols, Léopoldville, document n°116. (pp 1469-1486).
10. Mainguet, M. (1976). *Quelques aspects de la détection et de l'insertion spatiale des phénomènes de cuirassement sur les images aériennes et satellites.* Extrait des comptes rendus de la table ronde du CEGET sur la géomorphologie des reliefs cuirassés dans les pays tropicaux chauds et humides. Vol.33. (pp 209-229).
11. Martin, A. (2005). *La fusion d'informations.* Rapport Technique, ENSIETA. (pp. 109).
12. Martin, A., Laanaya, H., Arnold-Bos, A. (2006). *Evaluation for Uncertain Image Classification and Segmentation.* Pattern Recognition, Vol.39, issue 11. (pp. 1987-1995).

13. Milisavjevic, N., Bloch, I., Van Den Broek, S. and Acheroy, M. (2003). *Improving mine recognition through processing and Dempster-Shafer fusion of ground-penetrating radar data*. Pattern Recognition, vol 36. (pp. 1233-1250).
14. Okaingni J., Kouamé K., Martin A. (2010). *Cartographie des cuirasses dans les formations volcanosédimentaires de la zone d'anikrokadiokro (côte d'ivoire) à l'aide de la théorie des fonctions de croyance*, Revue Télédétection, vol. 9, n° 1. (pp. 19-32).
15. Piegion, L., Solaiman, B., Toutin, T. and Thomson, K.P.B. (2000). Dempster-Shafer theory for multi-satellite remotely sensed observations. *Sensor Fusion: Architectures, Algorithms and Application IV*. (pp. 228-236). Orlando, USA.
16. Pouchin, T. (2001). Filtrés et Indices. Disponible auprès de : <http://tpouchin.dub.fr/chapitre/filtres.htm>". Consulté en Avril 2007.
17. Scanvic, J. Y., Pion, J. C. (1996). *La télédétection en géologie : applications thématiques*. Précis de télédétection, vol. 2. (pp. 16-56). Presse de l'université du Québec, Sainte Foy, Canada.
18. Shafer, G. (1976). *A mathematical theory of evidence*. Princeton University Press, New Jersey. (pp. 99-107).
19. Smets, P. (1993). *Belief functions : the disjunctive rule of combination and the generalized Bayesian theorem*. International Journal of Approximate Reasoning n° 9. (pp. 1-35).
20. Smets, P. (1990). *Constructing the pignistic probability function in a context of uncertainty*. Uncertainty in Artificial Intelligence. Elsevier Science Publishers, Vol. 5. (pp. 29-39).
21. Sudano, J. (2002). *Inverse Pignistic Probability Transforms. Proceedings of the 5th International Conference of Information Fusion*. (Fusion 2002), Annapolis, MD, USA. (pp. 1277-2183).
22. Yacé, I. (1976). *Le volcanisme éburnéen dans les parties centrale et méridionale de la chaîne précambrienne de FETTEKRO en Côte d'Ivoire*. (pp. 373). Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire.
23. Yager, R. (1987). *On the Dempster-Shafer Framework and new combinaison rules*. Informations sciences, 41. (pp. 93-137).
24. Yager, R. (1986). *A general approach to decision making with evidential knowledge*. (pp. 317-327). In Uncertainty in Artificial Intelligence, Kanal L. et Lemmer J. Eds, Elsevier Science Publishers.
25. Yao-Kouamé, A. (2008). *Etude des sols brunifiés dérivés des matériaux du complexe volcano-sédimentaire de Toumodi en moyenne Côte d'Ivoire*. (pp. 210). Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire.