

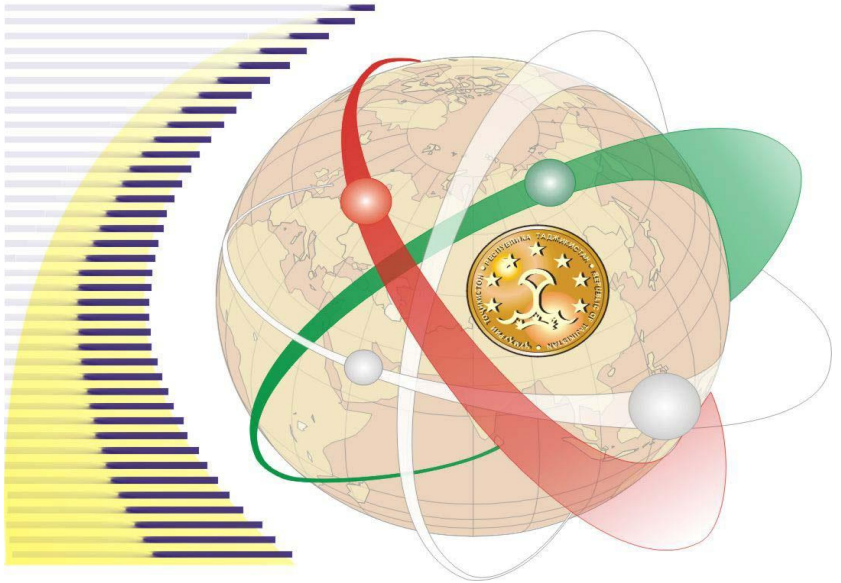


Larevuescientifique
**Les Cahiers
du CBRST**

L'ascienceauservice delasociété

DOSSIERS

Société
Environnement
Développement



03 BP 1665 Tél (229) 21321263, 2132 09 77
Fax : (229) 21 32 36 71
Mail cbrst@yahoo.fr
Site Web <http://www.cbrst-benin.org>

Les Cahiers du CBRST

Revue scientifique semestriel éditée par le
Centre Béninois de la Recherche Scientifique et Technique (CBRST)

Directeur de Publication

. Fidèle Biaou DIMON

Directeur Général du CBRST

Rédacteur en Chef

Pr Placide CLEDJO

Conseiller Scientifique

Guy Apollinaire MENSAH

Directeur de Recherche

Comité de Lecture

Pr. Etienne DOMINGO

Pr. Madjidou OUMOROU

Pr. Armand GBANGBOTCHE

Pr. Constant HOUNDENOU

Pr. Fulgence AFOUDA

Pr. Corneille AHANHANZO

Pr. Euloge OGOUWALE

Dr. Thierry AZONHE

Dr. Ibouaïma YABI

Dr. Zacharie SOHOU

Comité scientifique

Pr. Michel BOKO (Bénin)

Pr. Toussaint Yaovi TCHITCHI

Pr. Sylvain ANIGNIKIN

Pr. Taofiki KOUMAKPAYI

Pr. Joseph SAMBA KIMBATA
(Congo Brazzaville)

Pr. Tiou TCHAMIE (Togo)

Pr. Messanvi GBEASSOR

Pr. Benjamin FAYOMI (Bénin)

Pr. Michel MAKOUTODE

Pr. Michel MASSOUGBODJI

Pr. Abel AFOUDA (Bénin)

Pr. Pierre Tanga ZOUNGRANA
(Burkina Faso)

Pr. Mansourou MOUDACHIROU

Pr. Fatiou TOUKOUROU

Pr. Felix HONTINFINDE

Pr. Joel TOSSA

Pr. Brice SINSIN (Bénin)

Pr. Phillippe LALEYE

Pr. Patrick A. EDORH (Bénin)

Pr. Akpovi AKOEGNINO (Bénin)

Les Cahiers du CBRST

Editeur : CBRST

Dépôt légal 6125 du 7/6/2012

Deuxième trimestre 2012

Bibliothèque National du Bénin

ISSN : 1840-703X

03 B.P. : 1665 Cotonou, Rep. du Bénin

Tél. (229) : 21 32 12 63

,Fax (229) 21 32 09 77

Portable (229) 95 95 73 32

(République du Bénin)

cbrst@yahoo.fr www.cbrst-benin.org

Toute reproduction, même partielle de cette revue est rigoureusement interdite. Une copie ou reproduction par quelque procédé que ce soit, photographie, microfilm, bande magnétique, disque ou autre, constitue une contrefaçon passible des peines prévues par la loi 84-003 du 15 mars 1984 relative à la protection du droit d'auteur en République du Bénin.

SOMMAIRE

- 1. PALUDISME ET PARAMETRES CLIMATIQUES DANS LA PLAINE D'INONDATION DU FLEUVE MONO (COMMUNE D'ATHIEME/BENIN/AFRIQUE DE L'OUEST)**
SEBO VIFAN Eric ; AZONHE Thierry Hervé ; N'BESSA Benoît.....1
- 2. APPORT DE LA TELEDETECTION ET DES SIG DANS LA MOBILISATION DES AGRO-ECOSYSTEMES DE BAS-FONDS POUR LE DEVELOPPEMENT AGRICOLE DANS LA COMMUNE DE BONOU**
OREKAN Vincent ; GONZALLO Germain ; PLAGBETO Herman.16
- 3. PRODUCTION DU BOIS-ENERGIE ET DEGRADATION DES RESSOURCES VEGETALES LIGNEUSES DANS LA COMMUNE DE BASSILA**
ALI Rachad ; ODJOUBERE Jules ; TENTE Brice.....37
- 4. DEGRADATION DES PLANTATIONS D'ALIGNEMENT ET PROBLEMES ENVIRONNEMENTAUX A AZOVE (BENIN, AFRIQUE DE L'OUEST)**
KOOKE Gomido Xavier ; DJOSSOU Jean-Marie ; HOUINSOU Auguste ; TENTE Brice.....57
- 5. LE REVENU COMME FACTEUR DE VARIABILITE DU GISEMENT DE DECHETS D'ACTIVITES ECONOMIQUES : LE CAS DES ACTIVITES ECONOMIQUES DE RUE DANS LA VILLE DE COTONOU**
DOSSOU-YOVO Coffi Adrien.....85
- 6. TRANSE, ETHNOBOTANIQUE ET ETATS MODIFIES DE CONSCIENCE : UN RITE D'INITIATION A LA DIVINATION CHEZ LES BAATOMBU DU NORD-BENIN**
ABDOU Mohamed.....103
- 7. LOGIQUES SOCIALES ET GESTION DES RESSOURCES EN EAU DE CONSOMMATION A AHLOUK (COMMUNE D'ADJARRA, DEPARTEMENT DE L'OUEME, BENIN, AFRIQUE DE L'OUEST)**
HEDIBLE Sidonie Clarisse ; OUASSA KOUARO Monique ; BABADJIDE Charles, VISSIN Expédit.....127

- 8. STRATEGIE ENDOGENE DE LUTTE CONTRE L'EROSION PLUVIALE A OUEDEME-PEDAH**
Emile Y. ATIYE ; Luc DOUGNON ; Rodrigue DJOSSOU ; Euloge OGOUWALE ; Cyr Gervais ETENE.....139
- 9. DYNAMIQUE DE L'OCCUPATION DU SOL DANS LE BASSIN INFERIEUR DE LA RIVIERE SÔ. CHANGE DETECTION IN THE RIVER SÔ LOWER BASSIN**
Martin H. ASSABA, Djafarou ABDOULAYE, Expédit W. VISSIN ; Christophe HOUSSOU.....154
- 10. EVALUATION SPATIALE DE L'EVOLUTION DES PLANTES PROLIFERANTES DANS LES PLANS ET COURS D'EAU DU BENIN**
Jean Bosco Kpatindé VODOUNOU.....169
- 11. L'INFORTUNE SANITAIRE DE L'INFIDELITE TOLEREE CHEZ LES PENDJARIENS AUTOCHTONES AU BENIN**
Emmanuel N'koué SAMBIENI.....186
- 12. CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA FLORE ADVENTICE DES RIZIERES DE LA REGION DE LA KARA (NORD-TOGO)**
Tchaa BOUKPESSI, Ama-Edi KOUYA, Minkilabe DJANGBEDJA, Abdourazakou ALASSANE, Laounta AKAME.....223
- 13. A BAS LES PARTIS POLITIQUES, VIVE LES RELIGIONS AU BENIN : CHRETIENS, MUSULMANS ET FIDELES DU VODOUN AU SECOURS DE LA DEMOCRATIE ?**
Fabien AFFO ; Tata Jean TOSSOU ; Lucien AGBANDJI.....240
- 14. FORMATION ETHIQUE DE L'HOMME POUR LA REUSSITE DU DEVELOPPEMENT**
Florentine HOUEDENOU.....252
- 15. EVOLUTION DU NIVEAU DE CONNAISSANCE, D'ATTITUDE ET DE PRATIQUE EN MATIÈRE DE PRÉVENTION DU PALUDISME ENTRE MAI 2011 ET MAI 2012 DANS LA COMMUNE DE KOUANDÉ ET DANS LA COMMUNE CONTRÔLE DE COPARGO AU BENIN**
Charles P. MAKOUTODE1 ; Martine AUDIBERT2 ; Achille MASSOUGBODJI.....266

- 16. INCIDENCES SOCIALES DES INONDATIONS DANS L'ARRONDISSEMENT DE COME (BENIN, AFRIQUE DE L'OUEST)**
Hervé C. AYITE, Fidèle MEDEOU, Rodrigue K. DJOSSOU et Euloge OGOUWALE.....286
- 17. GESTION DES DECHETS SOLIDES MENAGERS DANS LE TROISIEME ARRONDISSEMENT DE COTONOU**
Serge FIOGBE ; Thierry CODJO ; Expédit VISSIN ; Euloge OGOUWALE.....307
- 18. PROBLEMATIQUE DE GESTION DES ESPACES FRONTALIERS AU BENIN : CAS DE L'ESPACE FRONTALIER AGOUE HILLACONDI**
Yvette Céline AKPAKLA AHOUCANDJINOU, Angèle Hermione HOUEMAVO YABOURI, Edwige S. MIALO, Odile DOSSOU GUEDEGBE.....320
- 19. MECANISME DE GESTION PARTICIPATIVE DES AIRES PROTEGEES AU BENIN : CAS DE LA FORET CLASSEE D'AGOUA**
Etienne AKAKPO ; Euloge OGOUWALE ; Ibrahima YABI.....340
- 20. ETUDE DE LA REPRODUCTION DES POPULATIONS DE TILAPIA GUINEENSIS (GÜNTHER, 1862) DANS LES LACS ET LAGUNES DU SUD-BENIN**
FOUSSENI Aliou, CHIKOU Antoine, FAGNON M. Siméon, FIOGBE Emile Didier.....357
- 21. EXPRESSION OF MISANDRY IN AMMA DARKO'S THE HOUSEMAID**
Célestin GBAGUIDI.....379
- 22. COMPORTEMENTS DES SUPPORTERS APRES LA VICTOIRE AU FOOTBALL : CAS DES CLUBS DE PORTO-NOVO-BÉNIN**
DAKPO Pascal C. ; ATTIKPA Antoine ; ABALOT Emile-Jules.....393
- 23. IDENTIFICATION DES MINERALISATIONS AURIFERES:APPLICATION DU SIG A LA MODELISATION DES POTENTIALITES DU SITE DEKALANA (MALI)**
Eric Alain TCHIBOZO ; Fulbert AGBO ; Adama Marzouck TRAORE.....411

- 24. CARACTERISATION DES TECHNIQUES D'EXPLOITATION DES POTENTIALITES AGRICOLES DANS LE BASSIN DE LA BEFFA AU BENIN**
N. Innocent GBAÏ ; Vincent OREKAN ; Brice TENTE.....439
- 25. ESQUISSE D'ETHNOCLIMATOLOGIE EN AFRIQUE DE L'OUEST : QUELQUES SUPPORTS D'IDENTIFICATION ET D'EXPRESSION CHEZ LES PEUPLES DU SUD-BÉNIN**
Mathias Dossou TOFFI ; Michel BOKO.....474
- 26. DE LA BIOCLIMATOLOGIE HUMAINE A L'ARCHITECTURE BIOCLIMATIQUE : UNE ALTERNATIVE FACE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES A COTONOU (AFRIQUE DE L'OUEST)**
BOKO N. Patrice Maximilien ; VISSIN Expédit W. ; TANMAKPI A.S. Jaurès ; OGOUWALE Euloge ; HOUSSOU Christophe S. ; BOKO Michel.....502
- 27. MATERIAUX POUR UNE ANALYSE SOCIOLOGIQUE DE L'INNOVATION EDUCATIVE AU LYCEE AGRICOLE MEDJI DE SEKOU A TRAVERS LES UNITES DE PRODUCTION A VOCATION COOPERATIVE**
MONTCHO Rodrigue.....515
- 28. DISPARITES D'AMENAGEMENT LIEES AUX INFRASTRUCTURES ET EQUIPEMENTS SANITAIRES ET SCOLAIRES DANS LA COMMUNE DE BOHICON**
AZONHE Boris ; DOSSOU-GUEDEGBE Odile ; GNELE Josée ; BONI Ignace.....531
- 29. SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE (SIG) ET MOBILISATION DES RESSOURCES FISCALES DANS LES COMMUNES MALIENNES. L'EXEMPLE DE LA COMMUNE III DU DISTRICT DE BAMAKO**
Balla DIARRA.....548
- 30. DISPARITES DE REPARTITION DES INFRASTRUCTURES SANITAIRES ET ACCES AUX SOINS DE SANTE DANS LA COMMUNE D'ABOMEY**
DOSSEH Josyane A . D. L. ; AZONHE Thierry.....568

- 31. EFFETS DE LA FERMETURE DU CHENAL, SUR LA POPULATIONS DE CREVETTES DE LA LGUNE DE COTONOU**
HINVI Lambert Cloud ; SOHOU2 Zacharie, Georges Dègbé & Emile Fiogbe.....590
- 32. VARIABILTE HYDRO PLUVIOMETRIQUE ET EFFETS SOCIO-ECONOMIQUES DANS LE BASSIN DE LA SOTA AU NORD DU BENIN**
KOU MASSI Dègla Herve, VISSIN Expedit, HOUSSOU Christophe.....609

**IDENTIFICATION DES MINERALISATIONS
AURIFERES:APPLICATION DU SIG A LA
MODELISATION DES POTENTIALITES DU SITE
DEKALANA (MALI)**

Eric Alain TCHIBOZO¹, Fulbert AGBO², Adama Marzouk TRAORE²

¹*Laboratoire de Traitement de l'Information Géographique, de l'Analyse Spatiale et de l'Aménagement du Territoire (LATIGASAT, Université d'Abomey-Calavi)*

²*Centre régional de formation aux techniques des levés aérospatiaux (RECTAS/Nigéria)*

tchibozeric@yahoo.fr, agbo@rectas.org, traoreadama@yahoo.fr

RESUME

La présente étude s'intéresse aux minéralisations aurifères du site de Kalana au Mali, dont le potentiel est confirmé par plusieurs références historiques, socio-économiques et des travaux de terrain. L'objectif est d'identifier les potentialités des minéralisations aurifères de Kalana. La méthodologie utilisée repose sur une approche multicritère, basée sur la photo – interprétation par amélioration visuelle et classification assistée d'image, la photo – interprétation géologique, l'analyse spatiale et la modélisation binaire. Les résultats obtenus montrent un potentiel des minéralisations aurifères lié à une intense activité tectonique et l'altération des sols. En effet, le site de Kalana est localisé au Sud d'un grand synclinal présentant une structure plissée faillée, marquée par trois systèmes d'accidents tectoniques majeurs: le premier NO - SE, le deuxième NE – SO et le troisième presque méridional. Les linéaments interprétés montrent plusieurs directions azimutales caractéristiques pour la formation des nœuds de leur intersection (36° - 58°, 61°- 117°, 120 - 130° et 140 - 152°). Ceux situés au Nord, au Centre et à l'Est de la zone d'étude, sont tangents à des diorites et aux affluents de la rivière Balé pour construire un environnement géologique favorable à la concentration de gîtes aurifères. Certains nœuds de linéaments présentent une corrélation avec la distribution des anomalies géochimiques de l'or, les lignes

de discontinuité magnétique, la teneur des roches en ratio éléments Kt et en potassium. La distribution des minéralisations aurifères dépend aussi du relief et du niveau d'altération des sols. Les formations les plus altérées sont le sol hydromorphe, les sols alluviaux et les formations de sable et d'argile drainés. La modélisation binaire a permis de réaliser plusieurs scénarii de minéralisations aurifères qui ont été soumis à une catégorisation. Ceux rassemblant quatre à cinq paramètres ont permis d'identifier les sites favorables aux minéralisations aurifères à niveaux élevés, tandis que ceux regroupant deux à trois paramètres indiquent les sites de minéralisations aurifères à niveaux modérées. Les scénarios valides ont servi de base à la réalisation de la carte de zonage des sites favorables aux minéralisations aurifères à Kalana.

Mots clés : *Kalana, minéralisations aurifères, linéaments, scénarios, modélisation*

ABSTRACT

The present survey is interested in the auriferous mineralization on the site of Kalana in Mali, whose potential is confirmed by several historic, socioeconomic references and the works of land. The objective is to identify the potentialities of auriferous mineralization of Kalana. The used methodology rests on a multicriteria approach, based on the photointerpretation by visual improvement and assisted classification of image, the geological photointerpretation, the spatial analysis and the binary modelling. The gotten results show a potential of the auriferous mineralization bound to an intense tectonic activity and the soils alteration. Indeed, the site of Kalana is localized to the South of a big synclinal presenting a structure pleated faille, marked by three systems of major tectonic accidents: the first NO - SE, the second NE - SO and the third nearly southern. The interpreted lineaments show several azimuthal directions of the features for the formation of the nudes of their intersection (36° - 58°, 61° - 117°, 120 - 130° and 140 - 152°). Those situated to the North, Center and East of the survey zone, are tangent to diorites and to the tributary of the Balé river to construct a geological environment favorable to the concentration of lodgings auriferous. Some muds of lineaments presents an interrelationship with the

distribution of the gold geochemical anomalies, lines of magnetic discontinuity, rocks content of the ratio Kt elements and in potassium. The distribution of auriferous mineralization also depends on the relief and the level of alteration of soils. The binary modelling permitted to achieve several scripts of auriferous mineralization that have been submitted to a categorization. Those gathering four to five parameters permitted to identify the favorable sites of the auriferous mineralization to elevated levels, while those regrouping two to three parameters indicate the sites of auriferous mineralization to moderate levels. The valid scripts acted as basis to the realization of the zoning map of the favorable sites to the auriferous mineralization in Kalana.

Key words : *Kalana, auriferous mineralization, lineaments, scripts, modelling*

1. INTRODUCTION

L'or est un métal précieux dont l'importance pour les populations et leurs activités est actuelle et remonte à plusieurs générations. En économie, il est souvent utilisé pour l'épargne, l'échange, les transactions, etc. (Liégeois et al. 1991, Ndiaye et al. 1997, Gasquet et al. 2003, Bernston, 2007, Dampare et al. 2008).

Au Mali, l'industrie d'or représente 80% des recettes d'exportation et environ 7% des créations de richesse en matière de produit intérieur brut (DNGM, 1993). Plusieurs mines d'or sont déjà découvertes depuis 1994 (Siama, de Sadiola, de Tabakoto, de Morila, de Loulou et de Kalana) et à nos jours la plupart ne sont pas exploitées.

La présente étude s'intéresse au site de Kalana à cause son potentiel de minéralisation aurifère, confirmé par plusieurs références historiques, socio-économiques et des travaux de terrain. Il constitue l'un des rares gîtes aurifères «primaires» de l'Afrique occidentale connu en dehors du Ghana (DNGM, 1998). De nombreux travaux de terrain sont menés sur les formations birrimiennes pour identifier ses minéralisations (DNGM, 2008). Les résultats obtenus ont permis d'y découvrir deux filonnets de quartz (Alfonso et Jlian, 1935).

Ainsi, Kalana présente un potentiel de minéralisation aurifère. Mais la répartition des sites de concentration d'or est encore mal connue malgré les données disponibles sur la géologie et la géophysique locale. À Kalana, l'or est difficile d'accès et d'exploitation, à cause des recouvrements latéritiques et de la morphologie des minéralisations. L'exploitation aurifère est concentrée sur d'étroits et riches filons de quartz peu inclinés existant dans un large système minéralisé (DNGM, 1989). Beaucoup d'autres zones satellites n'ont pas encore été explorées. Pour la reconnaissance du gisement, et par ricochet des potentiels de minéralisations d'or, il faut réaliser des sondages carottés qui demandent des investissements lourds (SONAREM, 1998).

Malgré les découvertes de l'or au Mali, sa localisation précise, son extraction, son exploitation et les processus de minéralisation sont mal connus. L'or constitue donc un défi permanent et une question d'actualité pour le Mali.

La recherche de l'or repose sur plusieurs informations d'origines, de types de tailles diverses. Pour être efficaces, elles doivent être traitées par la géomatique et gérées à l'aide d'outil fédérateur : Le SIG. Ce dernier doit s'appuyer sur une technique de collecte d'information à distance (la télédétection) pour compléter les diverses informations de terrain déjà disponibles. L'introduction de la télédétection et du SIG dans les processus d'identification et d'extraction aurifère, permettra de maîtriser les connaissances déjà disponibles, la répartition des minéralisations d'or et de construire une base de données géo spatiale.

L'objectif principal de la présente étude est d'identifier les minéralisations aurifères de Kalana. Pour y arriver, plusieurs objectifs spécifiques sont identifiés :

- cartographier l'environnement géographique géologique et géophysique, indispensable à la minéralisation d'or à Kalana;
- analyser les indicateurs de la minéralisation d'or à Kalana;
- réaliser un zonage (répartition spatiale) des niveaux de minéralisation aurifère à Kalana.

L'atteinte des objectifs passe par la réalisation de plusieurs hypothèses :

- l'environnement de Kalana est favorable à la minéralisation aurifère;
- les minéralisations aurifères à Kalana sont caractérisées par des indicateurs géospatiaux liés à la géographie physique, la géomorphologie, la géologie et la géophysique ;
- les minéralisations aurifères sont inégalement réparties à Kalana.

2. PRESENTATION DU SITE DE L'ETUDE

Le gisement aurifère de Kalana est situé à 300 km de Bamako, au Sud -ouest du Mali, dans la commune de Gouandiaka (région de Sikasso), entre 10°35'33,76'' et 10°49'34,13'' de latitude nord, 8°02'07,86'' et 8°19'08,07'' de longitude est. La propriété d'exploitation du gisement couvre environ 381 km². Le type de relief est une pénéplaine présentant plusieurs formes : vallées constamment humides, ravins, interfluves et buttes. Il est drainé par un système hydrographique relativement et constitué de la rivière Balé et de ses multiples affluents dont certains sont intermittents. La rivière Balé, caractérisée par la variation journalière du débit et une montée exceptionnelle des eaux de crue pendant les précipitations, entoure la propriété de Kalana. Le climat de type soudano - guinéen est composé d'une saison de pluies (de mai à octobre) et d'une saison sèche (de novembre à mars). En saison des pluies, les eaux de ruissellement détachent les particules, entraînent de gros blocs de roches, des mottes de terre qui creusent de nombreux et profonds ravins (figure 1).

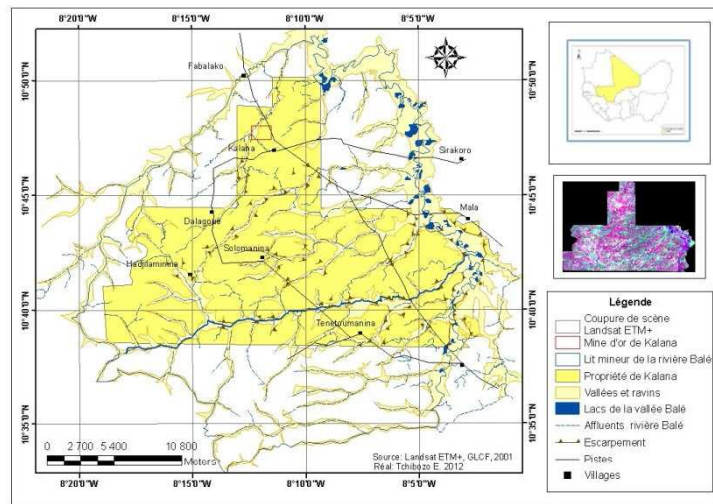


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude
Source : Image Landsat 5 TM (GLCF, 2001), interprétée

3. MATÉRIELS ET MÉTHODES

Les données utilisées proviennent de travaux antérieurs, des travaux de terrain et de l'application thématique de plusieurs logiciels (Envi 4.7, Erdas 9.1, Ilwis 3.3, ArcGis 10.0 Microsoft Excel, Microsoft Word, etc.). Le matériel est constitué de récepteur GPS, de scanner et d'appareil photo numérique).

Tableau 1 : Les caractéristiques des données utilisées

Données	Sources	Formats	Échelle/ Résolution	Date
Image Landsat 7 ETM+	Global Land Use Facility (GLUF)	Numérique (Raster)	30 m bande ETM+2 (vert), ETM+4 (proche infrarouge), ETM+5 (infrarouge moyen)	2001 (téléchargé le 2 février 2012)
Image SRTM	Global Land Use Facility (GLUF)	Numérique (Raster)	90 m	2000
Carte topographique	Institut Géographique du Mali (IGM)	Numérique (Raster)	1/200000	Décembre 1964
Carte géologique	Direction Nationale de Géologie et des Mines	Numérique (Raster)	1/200000	1976
Cartes géophysiques aéroportées	Direction Nationale de Géologie et des Mines	Numérique (Raster)	1/200000	Janvier 2006
Carte géochimique	Direction Nationale de Géologie et des Mines	Numérique (Raster)	1/200000	2004
Carte pédologique	Programme d'Inventaire des Ressources Terrestre (PIRT)	Numérique (Raster)	1/200000	1976
Levé de points potentiels à indices d'or	Direction Nationale de Géologie et des Mines	Numérique	-	2011

Source : Travaux de terrain et de collecte de données, 2012

La méthodologie adoptée repose sur une approche multicritère basée sur la photo – interprétation par amélioration visuelle et classification d'image, la photo – interprétation géologique, l'échantillonnage des points potentiels d'indices d'or, l'analyse spatiale et la modélisation.

La classification de l'image est réalisée par l'algorithme de « Maximum de vraisemblance » et les résultats obtenus sont évalués par la matrice de confusion (92,52%) et l'indice Kappa (0,90). La photo -interprétation géologique a nécessité la suppression de la végétation sur l'image et un filtrage directionnel. À cet effet, les convolutions matricielles d'ordre 7x7 sont utilisées suivant les directions des fractures représentées sur les cartes géologiques (NW-SE et NE - SW) pour rehausser l'expression visuelle des discontinuités image (linéaments). Les résultats obtenus à cette étape du traitement, sont mis en rapport, avec la géologie, la pédologie et le relief et la géomorphologie pour interpréter les discontinuités - image (linéaments).

L'échantillonnage consiste à retenir une fraction de points sur lesquels des prélèvements seront effectués pour être soumis à une analyse de laboratoire (figure 2). La fiabilité des résultats d'analyse dépendra du soin apporté à la prise au point échantillon du sol. Les différents points ont été repartis suivant une direction perpendiculaire à l'orientation des formations de Kalana (E-W) et selon une méthode semi-tactique utilisant une maille réduite de 200x200 m. Cette méthode a consisté à creuser des trous de 30cm de profondeur et de 15 à 20cm de diamètre à l'aide d'une barre à miner à intervalle de 200m suivant un layon. On recueille avec soin demi-kilogramme de sol à chaque point échantillonné tout en évitant une contamination avec des débris extérieurs. Le prélèvement échantillon est emballé dans un sachet transparent numéroté et envoyé au laboratoire.



de prélèvement de sol

a) Trou



b) Echantillon de sol à valeur positive d'indices d'or

Planche 2 : Trou et échantillon de prélèvement de sol

Pour apprécier la minéralisation de Kalana, plusieurs trous sont forés sur des points potentiels d'indices d'or identifiés par la SOMIKA

(2011) sur le terrain. Les échantillons ont été collectés sur toute l'étendue de la mine d'or de Kalana et analysés par la SOMIKA. Les données de 34 villages du birrimien du Sud (Mali) couvrant la zone d'étude ont été extraites par la SONAREM, 2009. Les résultats des échantillons collectés et analysés ont été ensuite traités dans Excel et importées dans le logiciel Arc Map 10.0. Ces données ont été interpolées puis croisées avec plusieurs autres paramètres pour réaliser l'analyse spatiale. La création d'un ensemble de couches d'information géographique, afférentes à la géographie physique, la géologie, la géophysique, a servi à la réalisation de diverses requêtes spatiales par des opérations de sélection et d'intersection et de voisinage pour définir les zones de convergence des critères des minéralisations aurifères à Kalana. Les principales méthodes géophysiques de mises en œuvre en "aéroporté", utilisées pour produire des données sur la mine d'or de Kalana sont présentées dans le tableau 2.

Tableau 2 : les principales méthodes géophysiques en "aéroporté», utilisées pour produire des informations sur la mine d'or de Kalana

Méthodes géophysiques	Fonctionnement	Caractéristiques de la méthode	Profondeur d'investigation
Le <u>magnétisme</u>	Mesure l'effet en surface des propriétés d'aimantation des roches ; il renseigne sur la nature et la structure des formations géologiques jusqu'à de grandes profondeurs.	Non altérée par la végétation et peu perturbée par les installations de surface.	Pluri-kilométrique
La radiométrie spectrale (ou <u>spectrométrie gamma</u>)	enregistre le <u>rayonnement gamma</u> qui émane des premiers centimètres du sol. Cette méthode permet de discriminer les types de roches qui sont caractérisés par des valeurs variables de teneurs en proportion de radioéléments. Elle restitue les teneurs au sol en 3 éléments : le <u>potassium</u> (K), le <u>thorium</u> (Th) et l' <u>uranium</u> (U).	Faiblement altérée par le <u>couvert végétal</u> . L'embarquement d'un capteur gamma spectrométrique contraint à un survol avec une garde au sol de 150 mètres au plus.	Quelques décimètres

Source : SOMIKA, 2011, adapté du code minier français, 2008

4. RESULTATS ET DISCUSSIONS

4.1 Cartographie de l'environnement hydro géomorphologique, géologique et géophysique, indispensable à la minéralisation d'or à Kalana

4.1.1 Environnement hydro géomorphologique

Le relief de la zone d'étude, de type pénéplaine, est caractérisé par des altitudes élevées et de faibles dénivellations. Il présente des vallées, des ravins, des escarpements, des interfluves, des collines et des buttes. Le bassin présente deux versants inclinés NS qui se rejoignent dans la vallée médiane de la rivière de Balé et divise la zone d'étude en deux parties inégales. De vastes plaines inondées s'étendent du Nord au Nord - ouest, et sont propices à la culture du riz et à la prospection alluvionnaire. Entre les collines se trouvent des plaines et des vallées qui sont de véritables bassins de réception naturelle des eaux d'écoulement en saison pluvieuse. Partout sur le site de l'étude, la vitesse des eaux de ruissellement liée à l'intensité des pluies, détache les particules et entraîne les gros blocs de roches, des mottes de terre et des multiples formes de ravin. La morphogenèse est liée aux processus de dénudation et d'érosion. Les zones de transition entre les différents types de reliefs sont variables. Parfois la surface des hauts plateaux est progressivement démantelée en surface des bas plateaux (figure 3).

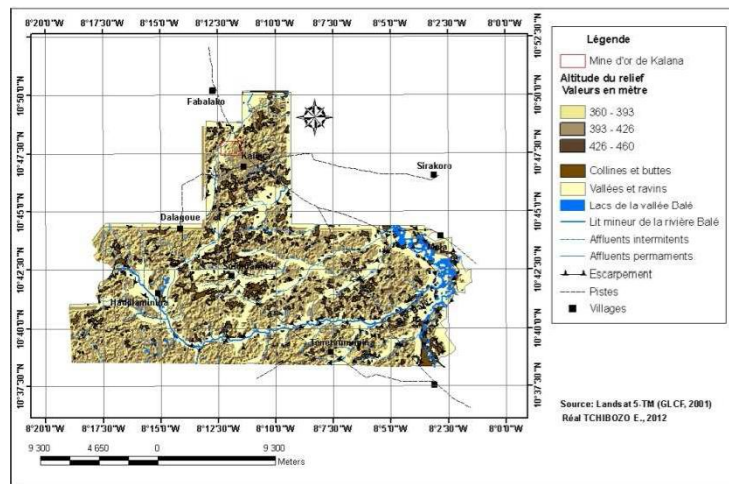


Figure 3: Géomorphologie de la propriété de Kalana
Source : Image Landsat ETM+ (GLCF, 2001), photo – interprétée (2013)

Le réseau hydrographique est composé de la rivière de Balé et de ses affluents qui traversent plusieurs villages de Kalanadont ils portent les noms Kalanakô, Kalakôfara et Faboulakô. La caractéristique de ces cours d'eau est la variation journalière du débit pendant les précipitations, qui empêchent la circulation des engins. Avec la crue survenant pendant la saison des pluies, le niveau des eaux dans la Balé et ceux de ses affluents sont extrêmement élevés par rapport à ceux constatés en saison sèche. Le paysage de Kalana présente de vastes surfaces dénudées. La végétation est constituée de forêt-galerie et de savane herbeuse de type soudano-guinéen et clairsemée par des arbres tels que acacias, karité, le baobab, etc. Cette dernière est caractérisée par une couverture herbeuse dense et continue. De vastes surfaces latéritiques sont aplanies et cuirassées. Elles sont interrompues par endroit par des buttes qui piègent les alluvions des sols drainés. Cette situation montre un environnement géographique et morphologique et hydrologique favorable à la concentration de gites aurifères.

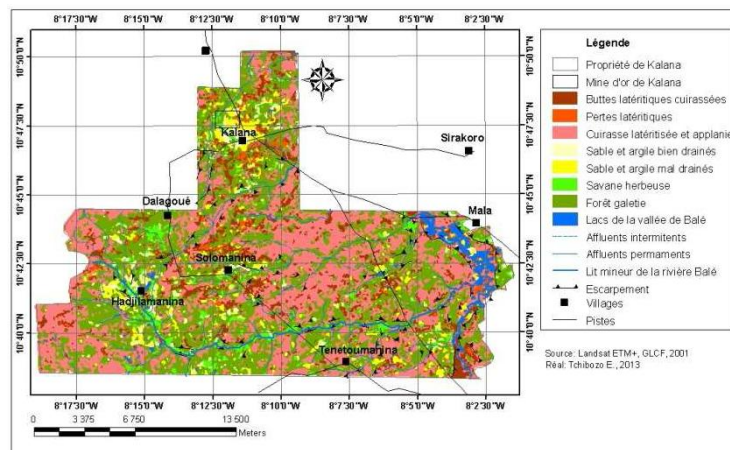


Figure 4 : Occupation du sol de la propriété de Kalana
Source : Image Landsat ETM+ (GLCF, 2001), photo – interprétée (2013)

4.1.2 Environnement géologique

La propriété de Kalana est localisée dans la partie sud d'un grand synclinal marquée par la rivière Balé. Le substratum est composé essentiellement de formations volcano - sédimentaires birrimiennes qui sont traversées aux flancs par les granites de Baoulé. La structure est plissée faillée. On distingue trois systèmes d'accidents : le premier est de direction NO - SE, le deuxième est presque méridional et le troisième est orienté NE - SO. Les failles de direction NO - SE sont les plus répandues au Sud de la région de Kalana. Ces directions principales sont plus souvent associées à la minéralisation d'or dans la région. Les intrusions syntectoniques (éburnéennes) sont concordantes et se présentent dans le relief sous forme de massifs allongés de direction méridienne qui encadrent les flancs est et ouest de la région de Kalana suivant les axes NE, NW et SW. Ce sont des granites calco - alcalins (mis en place pendant la phase majeure de l'orogénèse éburnéenne), biotite, amphibole ou granite à deux micas, accompagnés d'un cortège de filons de pegmatites (parfois à spodumène de Bougouni), d'aplite et de quartz. Les intrusions post-tectoniques (post-orogéniques) sont discordantes.

À Kalana, la minéralisation est de type filon de quartz. Son gisement est occupé par des méta - sédiments et des volcano - sédiments qui sont souvent traversés par des intrusions post - orogéniques. Les premiers sont représentés par des méta - grès durs, massifs, grisclair à sombres, grossiers et fins qui alternent avec des méta - aleurolites durs et lités, de mêmes couleurs, à stratification subverticale; des grès - aleurolites métamorphisés, (sédiments fins de 0.01 à 0.1 mm de diamètre); des schistes grisclair, sombres, finement lités et grossièrement feuilletés et parfois graphitiques; des cornéennes issues du métamorphisme de contact entre les roches sédimentaires et l'amas dioritiques développant une auréole de métamorphisme. Ces cornéennes sont grissombre, massives à cassure conchoïdale. Leurs éléments constitutifs ne sont pas orientés. Ces roches sont constituées des amas dioritiques qui s'étendent sur l'aire du gisement. Ce sont de petits massifs se présentant sous forme d'amas et de dykes de granite, diorite, granodiorite et rarement de syénite, qui empruntent les zones tectoniques affaiblies, particulièrement celles de direction NW - SE et NNW - SSE. Ces massifs post-tectoniques traversent la série volcano - sédimentaire des intrusions syntectoniques et se différencient d'elle par l'absence de texture non orientée et la présence de structure massive ainsi que la présence d'auréole de cornéenne due au métamorphisme de contact (DNGM, 2004). La croûte d'altération latéritique et ses produits de désagrégation se développent sous forme de manteau recouvrant toute la superficie de la région (Seliverstov, 1974). Son épaisseur varie de 12 à 130 m suivant la composition minéralogique de la roche mère, l'intensité des transformations secondaires (parlant du climat) et la nature des accidents tectoniques.

L'analyse de la tectonique montre plusieurs fractures orientées (36° - 58° , 61° - 117° , 120° - 130° et 140° - 152°). La plupart d'entre elles, représentées sur une rosace présente des nœuds d'intersection (figure). Cette dernière montre la fréquence élevée des linéaments tectoniques orientés entre les azimuts 117° et 152° .

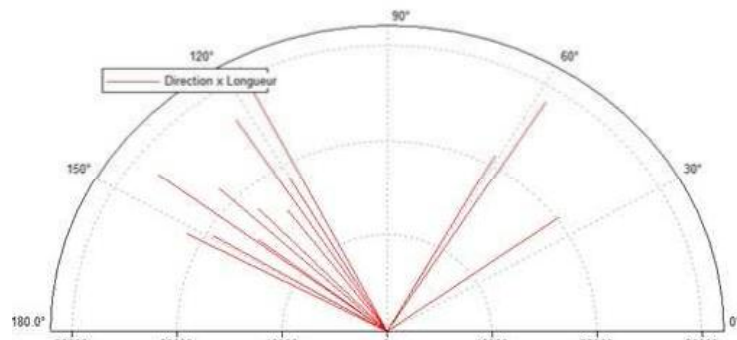


Figure 5 : Distribution des azimuts de direction des linéaments interprétés

Source : Landsat 7- ETM+ (GLCF, 2001)

Deux principales directions sont identifiées:

- NW-SE, représentée entre les azimuts N36° et N61°est moins fréquente et représente aussi l'orientation de la pente du relief dans la mine d'or de Kalana (SOMIKA, 2011);
- NE-SW, suivant les azimuts N117° et N152°, est plus fréquente que la première.

Selon Jourda et *al.* (2006), l'intersection des linéaments forme des nœuds qui caractérisent des potentiels de ressources naturelles et hydriques non négligeables. Les nœuds des linéaments peuvent être observés à l'échelle de l'observation satellitaire (Fabre et Morel, 1993). Dans la zone d'étude, plusieurs linéaments et nœuds de linéaments, identifiés au Nord, au Centre et à l'Est de la propriété de Kalana, sont pour la plupart tangents à des diorites (roches plutoniques grenues), aux roches sédimentaires et métamorphiques et aux affluents de la rivière Balé.

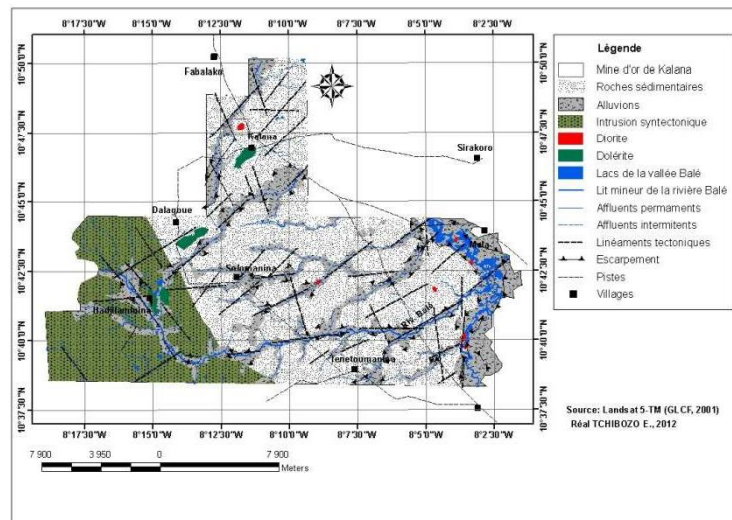


Figure 6 : Environnement géologique
Source : Image Landsat ETM+ (GLCF, 2001), photo – interprétée (2013)

Ce dernier est déterminé par des structures géologiques comme des veines de quartz et des zones de stockwerk qui sont réparties dans tout le secteur. Selon leur nature, on distingue des veines de quartz blanc laiteux et les veines de quartz blanc transparent ou vitreux. Elles se présentent soit sous forme du système vertical ou soient du système horizontal, suivant la zone considérée. Les différentes structures internes présentées par les veines sont : des structures massives, cristallines, laminées ou bréchifiées. De très nombreuses minéralisations ont été observées parmi lesquelles nous avons l'or libre à l'état natif. À l'or s'ajoute un lot de sulfures assez varié constitué principalement de l'arsénopyrite, de la molybdénite, de la pyrite, et la pyrrhotite. Ces sulfures sont en général disséminés dans les roches de différentes proportions et de dimensions assez variables selon le milieu. Elles sont aussi disséminées aux épontes des veines de quartz ou dans la matrice des veines le plus souvent en des petites tailles. Ces minéralisations aurifères sont généralement de type mésothermal avec température de formation de 300°C à 400°C (biotite, pyrite, arsenopyrite). Cette situation montre un

environnement géologique favorable aux minéralisations aurifères à Kalana.

4.1.3 Environnement géophysique

L'environnement géophysique regroupe aussi bien les informations radiométriques que magnétométriques. Les premières regroupent les différentes classes observées sur la carte de la répartition du teneur en potassium (K) et celle du rapport K/th. Ainsi pour le potassium, les valeurs radiométriques sont diversement réparties dans l'emprise de la propriété de Kalana. Les valeurs radiométriques comprises entre 5 - 0,35 et 0,35 - 0,23 correspondent à une très forte et forte expression du potassium, celles qui sont entre 0,23 - 0,17 correspondent à une expression moyenne du potassium, et enfin les valeurs qui sont entre 0,17 - 0,11 et 0,11 - 0 correspondent à une faible et très faible expression du potassium. De la même manière les différentes classes de l'expression de la teneur du ratio K/th, ont été également numérisées en fonction leurs valeurs radiométriques. En effet, les valeurs radiométriques comprises entre 1,8 - 1,2 et 1,2 - 1,05 correspondent à une très forte et forte expression (prépondérance) du ratio K/th, les valeurs radiométriques sont comprises entre 1,05 - 0,95, 0,95 - 0,85 et 0,85 - 0,5 correspondent respectivement à une moyenne, faible, très faible expression du ratio K/th. Quant aux informations magnétométriques, les grandes fracturations ou lignes de discontinuité magnétique ont été numérisées sur le fond de la carte de l'anomalie du champ total, en vue d'orienter leur usage sur le plan tectonique. La numérisation de la carte géochimique des sédiments dans Arc Map 10.0 montre des zones d'anomalies positives. Ces dernières contiennent la teneur de coupure en or arrêtée à 2,8 g/t (SONAREM, 2004).

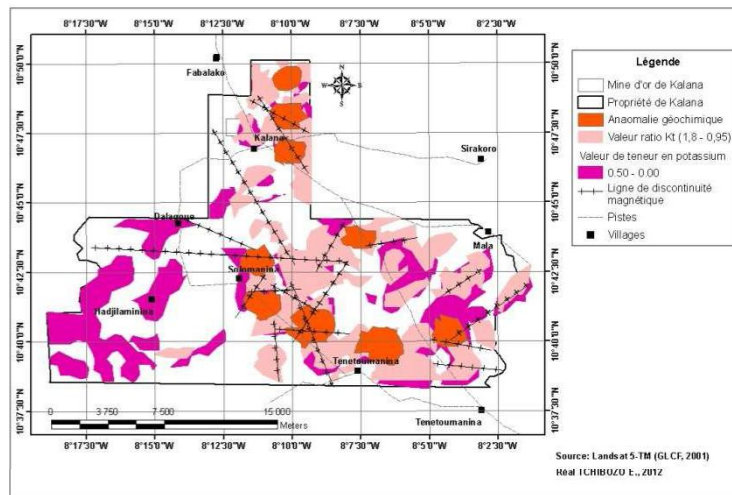


Figure 7 : Environnement géophysique
Source : SONAREM, 2004, adapté

4.2 Analyse spatiale des indicateurs de minéralisation aurifères à Kalana

Les minéralisations aurifères sont inégalement réparties à Kalana. Pour évaluer ses potentialités, un échantillonnage est réalisé à l'aide de plusieurs carottes de sols prélevés sur le terrain et analysés au laboratoire par la SOMIKA (2011). Les résultats obtenus confirment l'existence de plusieurs points de sols à indices positifs d'or dans la propriété de Kalana (tableau 3).

Tableau 3 : Points de prélèvement de sol à valeurs positives d'indices d'or

Points de prélèvement	X, m	Y, m	Valeur d'indice d'or (g/m ³)
Point 1	589939.0	1179644,5	2,8
Point 2	590699.1	1196211,3	2,9
Point 3	581343.7	1185062,7	2,2
Point 4	600990.0	1179449,2	2,8
Point 5	601067.9	1185452,2	2,1

Les Cahiers du CBRSS N° 3 Juin 2013

Point 6	601925.5	1176721,3	2,3
Point 7	574795.0	1178202,4	2
Point 8	606113.8	1172485,1	2,9
Point 9	587425.5	1200039,7	2,19
Point 10	571612.4	1189257,3	2,01
Point 11	574061.6	1173630,9	2,9
Point 12	589618.9	1166815,1	2,8
Point 13	614855.2	1201684,3	2,9
Point 14	614845.6	1200794,1	2,7
Point 15	601565.4	1176721,4	2,3
Point 16	614845.9	1200754,5	2,6
Point 17	601926.5	1176721	2,2
Point 18	593442.2	1208025	2,9

Source : Travaux de terrain, SOMIKA 2011, adapté

Les résultats d'analyse de laboratoire, réalisées sur les carottes de sols prélevés sur le terrain montre des valeurs variables d'indices d'or (2,01 – 2,9 g/m³). Sur les 18 points retenus en fonction de l'expression de l'or, 9 présentent les valeurs les plus élevées d'indices d'or (2,7 - 2,9 g/m³), soit un taux de 50,00%, un indique une valeur moyenne (2,6 -2.3 g/m³), soit 5,55% et huit de faibles valeurs (2,30 - 2,01 g/m³), soit 44,45% (tableau 3).

Ce potentiel d'or est identifié sur les formations sédimentaires et légèrement métamorphisées. Ces dernières sont composées de sédiments fins (silts, pélites), de sédiments grossiers (de type microconglomératique et gréseuse) et de certaines zones de brèche magmatique. L'ensemble de ces unités est traversé par des massifs et des dykes intrusifs de type dioritique, et affecté par une altération météoritique et hydrothermale. Des veines de quartz et des zones de stockwerk sont réparties dans tout le secteur d'étude. Les minéralisations aurifères constatées sont généralement de type mesothermal avec une température de formation de 300°C à 400°C (biotite, pyrite, arsénopyrite). Elles comprennent de l'or libre à l'état natif. À l'or s'ajoute un lot de sulfures assez varié, constitué principalement de l'arsénopyrite, de la molybdénite, de la pyrite, et la pyrrhotite.

4.2.1 Interpolation des points potentiels à indices d'or et analyse de leur répartition en fonction du niveau d'altération des sols

Des 9 points potentiels à valeurs élevées d'indices d'or, six sont localisés hors de la propriété de Kalana (les points 8, 11, 12, 13, 14 et 18). Il faut interpoler pour trouver la valeur exacte de l'indice d'or au niveau de ces points afin d'indices positifs d'or de visualiser sa répartition. Dans la propriété de Kalana, trois points sont effectivement localisés à l'intérieure de la propriété de Kalana, sur les berges de la rivière Balé sont situés au Sud –est et au Nord de la zone d'étude (figure 8). Cette dernière montre également des éléments de pédologie qui participent dans les processus chimiques desminéralisations aurifères. Dans la région d'étude, on distingue les sols ferrallitiques, ferrugineux, hydromorphe, alluviaux et les formations de sable et argile drainés. Ces unités présentent une répartition inégale dominée par les sols ferrallitiques et se distinguent par leur niveau d'altération. Les unités les plus altérées sont le sol hydromorphe, les sols alluviaux et les formations de sable et d'argile drainés. Les sols ferrugineux sont moyennement altérés alors que les sols ferrallitiques le sont faiblement (figure).

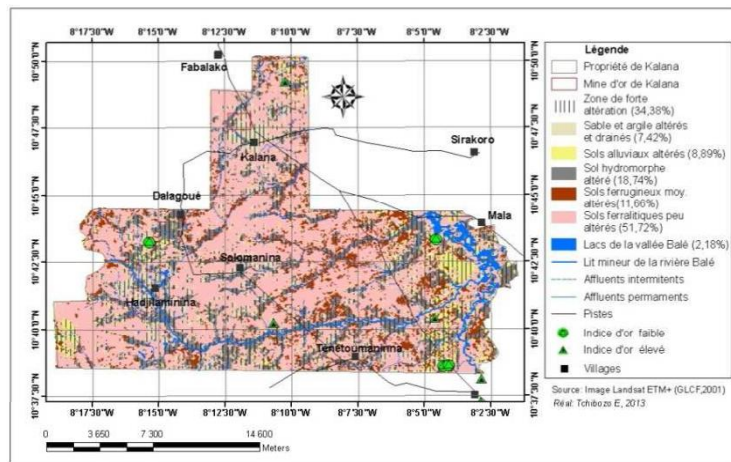


Figure 8 : Carte pédologique de la propriété de Kalana

Sources : Programme d'Inventaire des Ressources Terrestre (PIRT), 1976, Landsat 7- ETM+ (GLCF, 2001)

L'interpolation des points a permis de préciser la distribution des indices d'or dans la propriété de Kalana et d'analyser leur relation avec le niveau d'altération des sols. Les zones d'altération sont celles qui ont subi des processus complexes de libération de l'or selon l'origine de la roche mère. Les indices les plus élevés de l'or (2,7-2,9 g/m³) sont identifiés sur les formations d'argile et de sable, les sols alluviaux et le sol hydromorphe fortement altérés surtout dans la vallée- est de la rivière Balé et à l'Ouest et au Nord de Kalana. Les valeurs moyennes (2,3 – 2.5) et (2,8 – 2,6) sont au Centre et au Nord tandis que les valeurs faibles (2,0 - 2.3) sont au Centre où les sols sont peu altérés (figure 9). Ainsi, dans la zone d'étude l'inégale répartition l'or dépend non seulement du type de sol, mais aussi de son niveau d'altération. Ce dernier est lié à la géomorphologie, la tectonique et la présence d'eau.

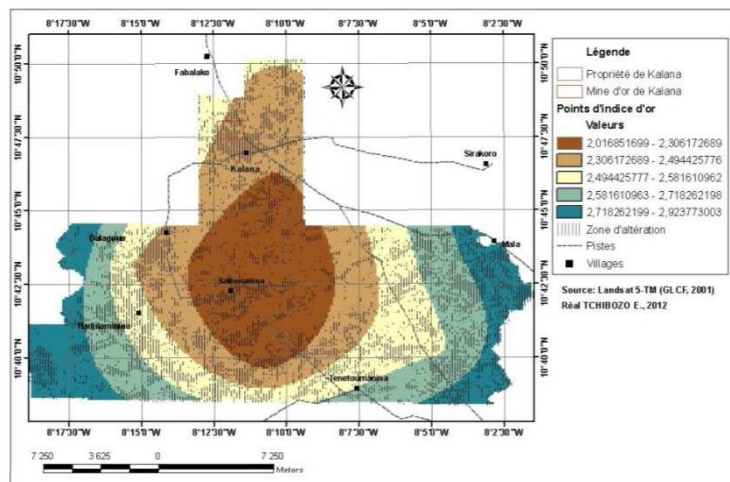


Figure 9 : Interpolation des points potentiels à valeur positive d'indices d'or et analyse de leur répartition en fonction du niveau d'altération des sols

Source : Landsat 7- ETM+ (GLCF, 2001)

Généralement, l'identification des sites de minéralisations d'or repose sur plusieurs paramètres d'ordre géologique, géochimique et géophysique. Pour le cas de la région de Kalana, on distingue :

Tableau 4 : Scénarii de modélisation des minéralisations aurifères de Kalana

Scenarios	Paramètres associés	Nombre de paramètres	Niveau des minéralisations aurifères
Scenario1	Anomalie géochimique de l'or, Linéament, Discontinuité magnétique, Diorite, Prépondérance K, K/th	5	élevée
Scénario 2	Anomalie géochimique de l'or, Linéament, Discontinuité magnétique, Diorite	4	élevée
Scénario 3	Anomalie géochimique de l'or, Linéament, Discontinuité magnétique, Prépondérance K, K/th.	4	élevée
Scénario 4	Anomalie géochimique de l'or, Linéament, Discontinuité magnétique.	3	Modérée
Scénario 5	Anomalie géochimique de l'or, Linéament, Diorite, Prépondérance K, K/th.	4	élevée
Scénario 6	Anomalie géochimique de l'or, Linéament, Diorite.	3	Modérée
Scénario 7	Anomalie géochimique de l'or, Linéament, Prépondérance K, K/th.	3	Modérée
Scénario 8	Anomalie géochimique de l'or, Linéament.	2	Modérée
Scénario 9	Anomalie géochimique de l'or, Discontinuité magnétique, Diorite, Prépondérance K, K/th	4	élevée
Scénario10	Anomalie géochimique de l'or, Discontinuité magnétique, Diorite.	3	Modérée
Scénario11	Anomalie géochimique de l'or, Discontinuité magnétique, Prépondérance K, K/th.	3	Modérée
Scénario12	Anomalie géochimique de l'or, Discontinuité magnétique.	2	Modérée
Scénario13	Anomalie géochimique de l'or, Diorite, Prépondérance K, K/th.	3	Modérée
Scénario14	Anomalie géochimique de l'or, Diorite.	2	Modérée
Scénario15	Anomalie géochimique de l'or, Prépondérance K, K/th	2	Modérée
Scénario16	Anomalie géochimique de l'or.	1	Faible

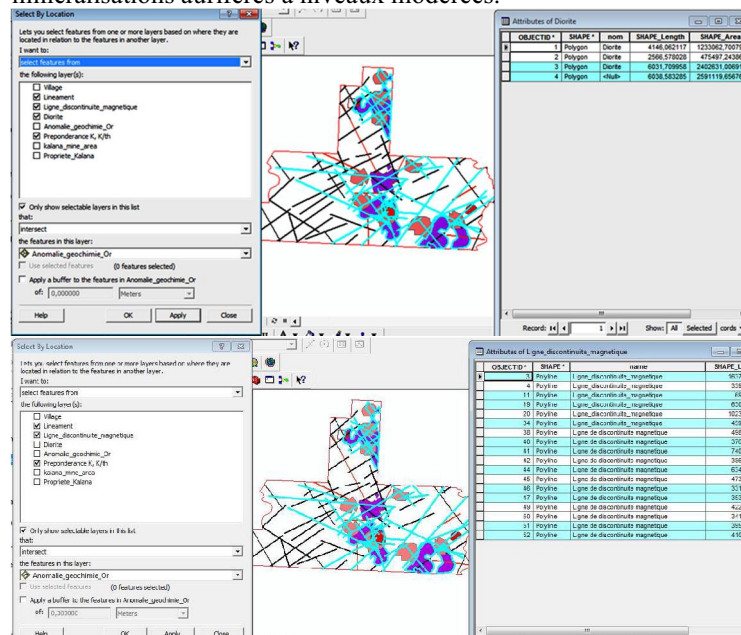
Source : Travaux de terrain, 2012

- L'anomalie géochimique de l'or révélant l'indice d'or dans les sédiments.
- Les linéaments obtenus à partir de l'image Landsat-ETM.
- Les lignes de discontinuités magnétiques obtenues à partir des informations magnétométriques aéroportées.

Les Cahiers du CBRSS N° 3 Juin 2013

- La prépondérance en potassium K et en ratio K/th contenue dans les informations radiométriques aéroportées.
- La présence de diorite révélée par les conditions géologiques.
- L'anomalie géochimique des sols qui indique l'indice d'or à partir des prélèvements au sol. Cette dernière n'a pas été utilisée pour nos requêtes du fait de du format raster des données.

La détermination des possibilités de scénarios d'association de paramètres est basée sur la méthode mathématique de l'arbre de choix établissant les parties d'un ensemble. Les quinze scénarios possibles de ce modèle ont été soumis à une catégorisation. C'est ainsi que les scénarios qui rassemblent 4 à 5 paramètres permettent d'identifier les sites de minéralisation aurifères à niveaux élevées, tandis que ceux regroupant 2 à 3 paramètres indiquent les sites de minéralisations aurifères à niveaux modérées.



Les Cahiers du CBRSS N° 3 Juin 2013

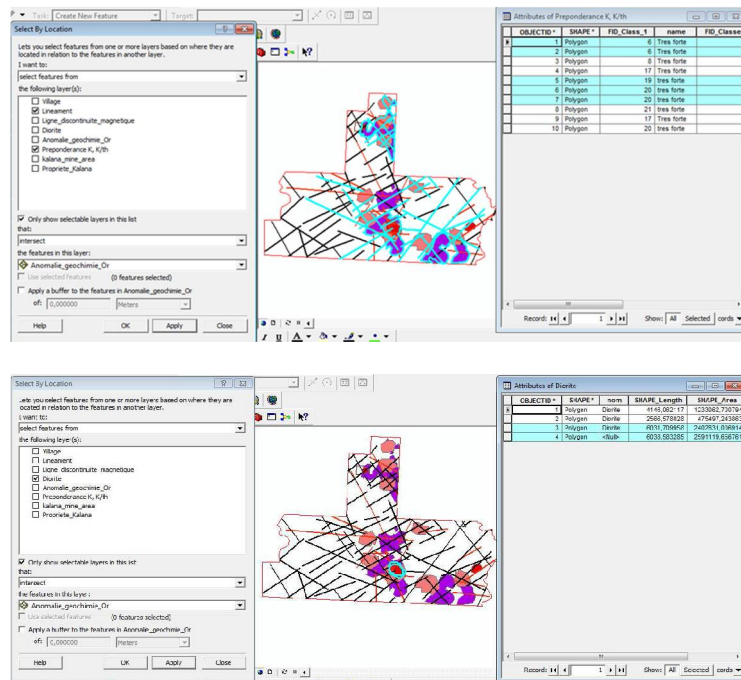


Figure 10 : Exemple de requêtes spatiales

Les résultats des diverses requêtes spatiales réalisées ont permis de réaliser le schéma de modélisation ci – dessous (figure 11).

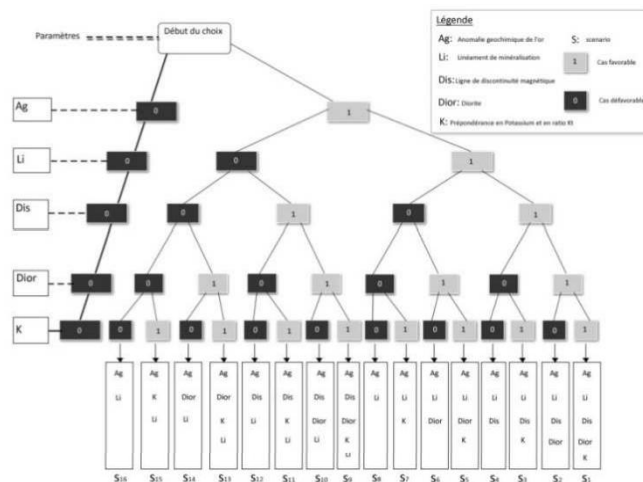


Figure 11 : Modélisation des potentialités des minéralisations aurifères du site de Kalana

Les conditions géologiques du site de Kalana font que seuls six des seize scénarios ont été valides sur le terrain distinguant ainsi dix sites de minéralisations aurifères dont cinq présentent des valeurs élevées d'indices. IL s'agit des scénarios S1, S3, S7, S8, S12, S15. Ces scénarios valides ont servi à la réalisation de la carte de zonage des sites de minéralisations aurifères.

4.3 Zonage des sites de minéralisations aurifères

La carte de zonage réalisée à partir des requêtes spatiales montre les zones de convergence des indicateurs de la minéralisation d'or à l'Est, au Centre et au Nord de la propriété de Kalana. En effet, dix (10) zones minéralisées ont été détectées dont cinq (5) sont jugées très importantes où au moins quatre à cinq paramètres retenus interceptent. Parmi ces cinq (5) zones minéralisées, trois sont localisées au Sud –est de la propriété de Kalana, dans la vallée médiane de la rivière Balé, respectivement par les coordonnées 1181057,207 Net 600811,93 W, 1179386,896 N et 597728,285 W, 1180029,323N et 5 97214,343 W. Une est située au Centre de cette propriété sur le chenal de cette même rivière par les coordonnées

1179558,21 N et 592460,382 W. Une autre zone est identifiée au Nord par les coordonnées 1194633,834 N et 590490,272 W, figure 12. Ces zones correspondent à une forte expression du radioélément K et du ratio K/th, des familles de fractures de toutes échelles ainsi que de l'anomalie géochimique de l'or. Ceci laisse croire que l'essentiel des corps minéralisés est de nature acide et qui a subi des phénomènes hydrothermaux par circulation des fluides à travers les déformations cassantes, ou qu'ils ont subi une altération profonde.

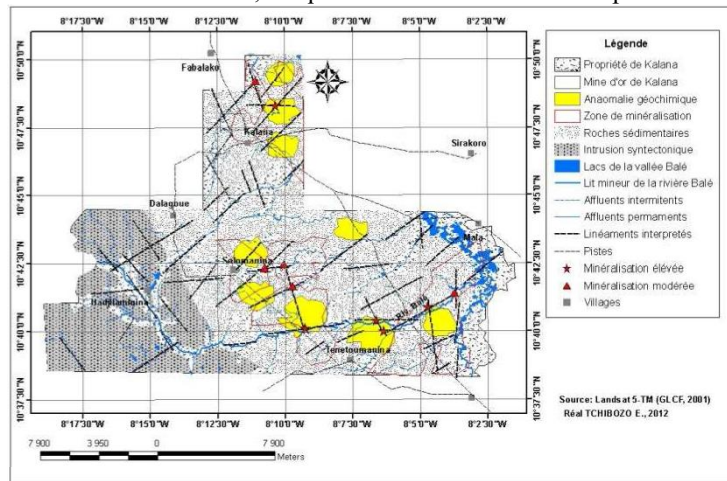


Figure 12 : Zonage des minéralisations aurifères à Kalana

CONCLUSION

Les résultats obtenus par la présente étude montrent la contribution des SIG et de la télédétection à l'identification des minéralisations aurifères. À Kalana, l'inégale répartition l'or dépend non seulement du type de sol, mais aussi de son niveau d'altération. Ce dernier est lié à la géomorphologie, la tectonique et la présence d'eau. Les déformations tectoniques sont pour la plupart des cas tangents à des diorites. On remarque aussi, la localisation des familles de linéaments à proximité des cours d'eau. Les failles de direction NO – SE, plus répandues au Sud de la propriété de Kalana, sont plus souvent associées à la minéralisation d'or. Ce phénomène peut être expliqué à l'échelle d'un district minier par les dépôts compris dans

des veines de quartz-carbonates, sont associés avec une grande variété d'altérations carbonatées, souvent distribuées le long de zones de faille majeure et agrégée à des structures accessoires. Un autre élément structural semble nécessaire à la création de gisements, soit les linéaments régionaux de dimension importante de plusieurs centaines de kilomètres de long et d'une centaine de mètres de large. Ces derniers se présentent rarement seuls et elles sont avoisinées par des structures présentant une multitude d'évènements de déformations. De ce qui précède, il ressort que l'environnement de Kalana est favorable à la minéralisation aurifère. Cette situation est confirmée par plusieurs indicateurs géospatiaux liés à la géomorphologie, la géologie et la géophysique qui sont inégalement réparties à Kalana. Plusieurs zones minéralisées ont été détectées dont cinq (5) jugées très importantes sont localisées à l'Est, au Centre et au Nord de la propriété de Kalana. De tout ce qui précède, on peut dire que les résultats du présent article confirment les travaux antérieurement réalisés sur Kalana et montrent le potentiel de minéralisation aurifère identifié par la télédétection et le SIG. Les hypothèses énoncées sont vérifiées. Les perspectives de la présente études s'inscrivent dans la collecte complémentaire de données. Celles utilisées actuellement, sont insuffisantes pour établir un modèle métallogénique du gisement, il faut poursuivre les travaux par:

- ✓ l'établissement d'une relation entre les roches encaissantes et les corps minéralisés (filons aurifères), à travers la création d'une base de données et des analyses SIG et même statistique ;
- ✓ les analyses SIG des inclusions fluides pour caractériser les signatures des minéralisations ;
- ✓ enfin, la détermination de la datation des minéralisations pour la chronologie de mise en place de l'or dans son environnement et cela à travers des analyses statistiques du taux de désintégration des radioéléments.

REFERENCES

1. DNGM, 1998 : Évolution de la recherche et de l'exploitation de l'or au Mali. Rapport d'étude
2. DNGM, 1989 : L'orpaillage au Mali. Rapport d'étude

3. DNGM, 1995 : Note sur les ressources Minérales du Mali. Rapport d'étude
4. DNGM, 1993 : Opportunités d'Investissement pour le secteur privé dans le domaine Minier du Mali. Rapport d'étude
5. DNGM, 1998 : Potentiel minier des formations birrimiennes du Mali. Rapport d'étude
6. DNGM, 1998 : Projets miniers au Mali. Rapport d'étude
7. Fiche signalétique et note technique, Bamako, 1998 : Projet de Promotion de l'Artisanat Minier et Protection de l'Environnement
8. SERRA J. SCHAFFER R. (1995). "Theoretical aspects of morphological filters by reconstruction" – Signal processing 47.
9. Vidal G. (1987). "Characteristics of the Gregory Rift (Kenya) dynamics, ground structural analysis and remote sensing" - Acta Astronautica - Congress vol. 15 n.
10. VIDAL M. (1987). Le réseau de linéament du N-E de la Côte d'Ivoire d'après les images Landsat: implication en géologie structurale et recherche minière. In Actes du colloque international de télédétection de Yamoussoukro. Côte d'Ivoire, Abidjan.
11. VILJOENL, GROOTENBOER AND LONGSHOW, (1975) ERTS-1 imagery an appraisal of application in geology and mineral exploration. Minerals Science and Engineering.
12. VINCENT L. (1993). Grayscale area openings and closings, their efficient implementation and applications - "Mathematical Morphology and its Applications to Signal Processing" - Serra & Salembier Ed. - Barcelona, Spain.
13. WALSH WATTERSON, (1988): - "Distribution of cumulative displacement and seismic slip on a single normal fault surface".
14. YACE I, (1977): Contribution à l'étude du volcanisme du protérozoïque inférieur de l'Afrique de l'Ouest : l'exemple du Centre-Sud-Est de la Côte d'Ivoire. Bulletin de la Société géologique de France.
15. YOUAN M. (2008): Contribution de la télédétection et des systèmes d'informations géographiques à la prospection hydrogéologique du socle précambrien d'Afrique de l'Ouest: Cas de la région de Bondoukou Nord Est de la Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat unique, Université de Cocody-Abidjan (Côte d'Ivoire).