FIGURE 1 Image ETM+ de Landsat7 (bandes 4, 3 et 2 codés respectivement en rouge, vert et bleu).

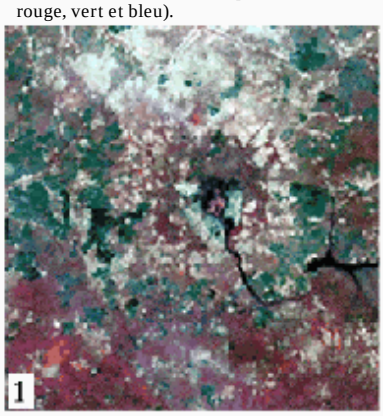


FIGURE 2 image RSO de ERS1 du 23 décembre 1995 (orbite 23214, trace 180, scène3342) .

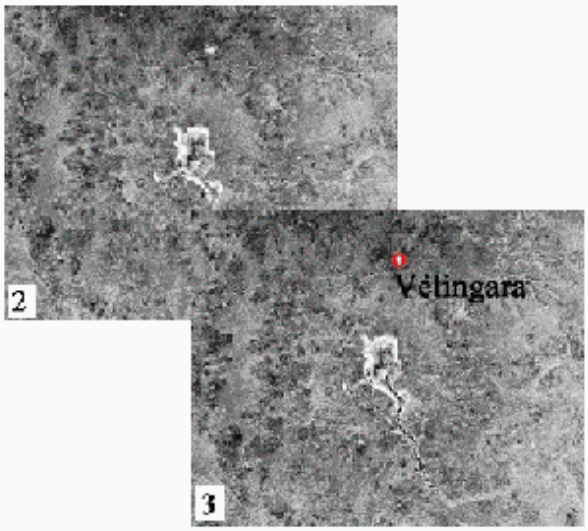


FIGURE 3 image RSO de ERS2 du 24 décembre 1995 (orbite 03541, trace 180, scène 3342).

FIGURE 4 Image de corrélation interférométrique ou cohérence. Représente la variabilité spatiale de la différence de phases entre les deux acquisitions et renseigne sur l'exploitabilité de la paire d'images pour l'extraction du relief.

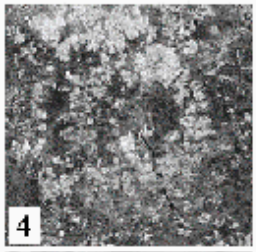


FIGURE 5 Interférogramme dérivé du couple interférométrique. Les franges interférométriques qui représentent les différences de phase entre les deux acquisitions sont codées en couleurs (du bleu -0- au rouge -360 degrés-). Elles ressemblent aux courbes de niveau d'une carte topographique. Chaque cycle de franges représente une variation d'altitude relative de 26 mètres, dérivée de la composante perpendiculaire de la trace inter-orbitale qui est égale à 346 mètres.

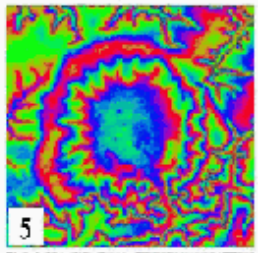


FIGURE 6 MNT dérivé de l'interférogramme par déroulement de phases et conversion entre phase et altitude. Les zones hautes sont claires et les zones basses sont sombres.

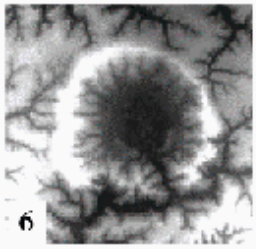


FIGURE 7 MNT affiché en relief. L'échelle du relief a été exagérée pour rehausser la morphologie de la structure circulaire.

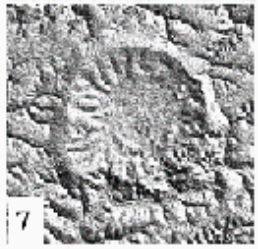
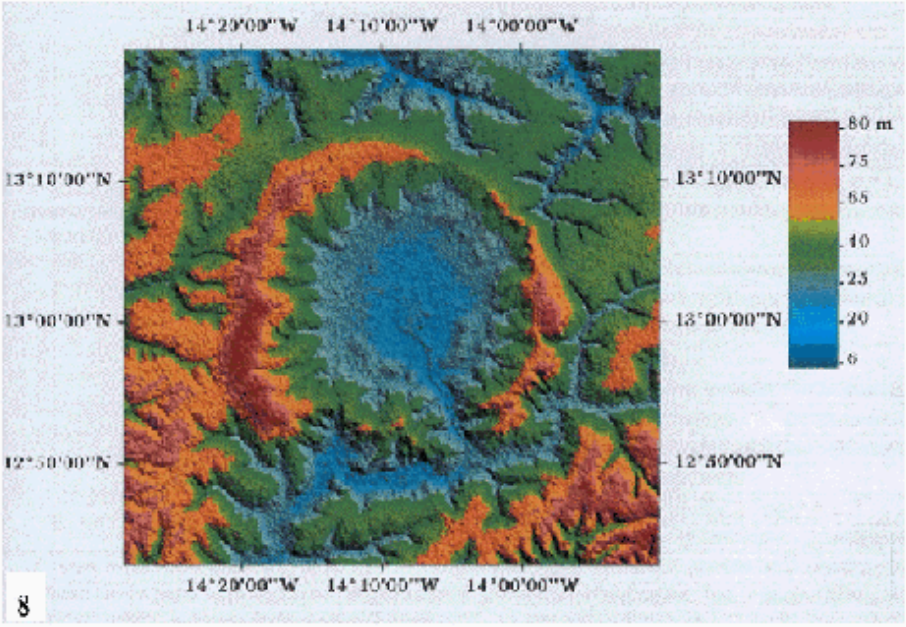


FIGURE 8 Spatiocarte en relief. Noter que le codage en couleurs de l'information topographique dérivée du MNT permet de mettre en évidence les anneaux de la structure circulaire, caractéristiques des grands cratères d'impact météoritique (taille de l'image : 69 × 67 kilomètres).



Télédétection, 2002, vol. 2, n° 4, p. 290-291
Des tirés à part sont disponibles auprès de l'éditeur
Droit de photocopie soumis à l'autorisation

© 2002 CONTEMPORARY PUBLISHING INTERNATIONAL
Publié sous l'enseigne *Éditions scientifiques GB*
Imprimé en France

IX^{èmes} Journées Scientifiques du Réseau *Télédétection* à l'École Nationale Supérieure Polytechnique de l'université de Yaoundé I, Cameroun.

Thème : « La télédétection à vocation opérationnelle ».

(29 novembre au 2 décembre 2001)

Premier prix attribué à :

Interférométrie RSO et produits dérivés : application au rehaussement de la morphologie de la structure d'impact météoritique de Vélingara (Casamance, Sénégal)

SOULÉYE WADE[1], JUERG LICHTENEGGER[2], MASSIMO BARBIERI[3], JEAN-PAUL RUDANT[4], BENOÎT DEFFONTAINES[5], BENEDICTE FRUNEAU[4], et SHARAD MASTER[6],

[1] Institut des Sciences de la Terre,Université Cheikh Anta Diop, B.P. 5396, Dakar-Fann (Sénégal). Téléphone : (221) 825 25 30 ; télécopie : (221) 824 63 18 ; courriel : wades@ird.sn ; wsouleye@ucad.sn. [2] Institut européen de recherche spatiale, Agence spatiale européenne, via Galileo Galilei, B.P. 64, 00044 Frascati, Italie ; courriel : Juerg.lichtenegger@esa.int. [3] Vitrociset Rome, Italie ; courriel : Massimo.barbieri@esa.int. [4] Laboratoire Géomatériaux, Institut Francilien des Géosciences, Université de Marne-la-Vallée, 5, boulevard Descartes, 77454 Marne-la-Vallée Cedex 2, France. Téléphone : (0) 1 49 32 90 72 ; télécopie (0) 1 49 0 32 91 37 ; courriel : rudant@univ-mlv.fr. [5] Département de Géotectonique, Université Pierre et Marie Curie (Paris VI), Tour 26-0, 1er étage. Téléphone (0) 1 44 27 58 30 ; télécopie : (0) 1 44 27 50 85 ; courriel : benoit.deffontaines@lgs.jussieu.fr. [6] Department of Geology, University of Witwatersrand Post Bag 3, Wits 2050, RSA ; courriel: sharadmaster@hotmail.com.

Mots-clés : *Sénégal ; impact météoritique ; interférométrie ; amplitude ; cohérence ; interférogramme ; MNT.*

Résumé

L'exploration planétaire a montré que la surface de la Terre, à l'instar de la surface des autres planètes du système solaire, est constellée de cratères dus à l'impact de bombardements intenses par des corps inter-planétaires. Les zones d'impact peuvent avoir un intérêt minier, notamment au Canada où les gigantesques gisements de cuivre-nickel de Sudbury seraient le résultat d'un impact majeur survenu il y a 1850 millions d'années. D'importants gisements de pétrole et de gaz seraient aussi liés à des structures d'impact en terrains sédimentaires. La plupart des cratères d'impact qui se sont formés sur la Terre ont été par la suite partiellement oblitérés par d'autres processus géologiques telles que l'érosion et la sédimentation.

En Haute Casamance au sud du Sénégal, une structure circulaire de 48 km de diamètre, de coordonnées 14°07'40"Ouest et 13°02'13"Nord, est visible sur les images Landsat et NOAA, grâce aux différentes occupations du sol. La structure s'est développée dans les sédiments marins de l'Éocène Moyen du bassin côtier du Sénégal occidental et a été enfouie sous 90 mètres de sédiments continentaux azoïques post-Eocène. Sa partie centrale est une vaste dépression topographique, le bassin de l'Anambe où convergent des cours d'eau formant un réseau centripète et inondant des sols sablo-argileux hydromorphes très fertiles. C'est dans cet environnement particulièrement favorable qu'est implanté le projet agricole de la SODAGRI. Selon des données de sondages et de géophysique, la partie centrale de la structure circulaire de Vélingara est occupée par des roches sub-affleurantes (3-4 mètres de profondeur) du socle Néoprotérozoïque ou Paléozoïque. Ces arguments militent fortement pour une origine de la structure, liée à l'impact d'une météorite. Des arguments de métamorphisme d'impact sont en cours de recherche sur des lames minces.

En attendant les résultats de ces investigations, un modèle numérique de terrain (MNT), dérivé de l'interférométrie RSO, a été utilisé pour rehausser la morphologie de la structure qui n'est pas très évidente à cause des faibles variations d'altitude dans la zone d'intérêt.

L'interférométrie est une technique de traitement des images radar RSO qui permet l'extraction de l'information topographique pour la représentation du relief de la surface de la Terre sous la forme de MNT. Elle utilise la phase du signal d'un couple de données acquises par les satellites ERS-1 et ERS-2, à partir d'orbites successives de chacun des 2 satellites, avec un diachronisme de 35 jours ou encore en mode tandem avec un diachronisme de 1 jour. L'un des produits de base de l'interférométrie est l'interférogramme qui est obtenu en calculant les différences de phase entre les pixels correspondants des 2 images, après corrections géométriques d'éloignements en terrain plat.

Un autre produit issu du traitement interférométrique est l'image de cohérence qui est d'autant plus élevée que les états de surface (à l'échelle de la longueur d'onde utilisée) sont stables entre les deux dates d'acquisition. La cohérence renseigne sur l'exploitabilité de la paire d'images pour l'extraction du relief. À partir de ces produits et suivant une étape dite de déroulement de phase et de conversion entre phase et altitude, il est possible de générer un MNT dont les multiples utilisations comprennent l'orthorectification des spatiocartes utilisant l'imagerie satellitale (optique, radar) ou encore la prise en compte du relief dans les analyses géologiques, hydrologiques et pour l'étude de l'environnement.

La paire de données interférométriques « 23/24 décembre 1995 » des satellites ERS-1 et ERS-2 en orbites tandem, a été utilisée. Le traitement interférométrique a été réalisé sur une station Sun solaris 5.×, avec le logiciel EVInSAR, version 1.2. L'interférogramme dérivé du couple tandem montre des franges interférométriques semblables aux courbes de niveau d'une carte topographique. Chaque frange représente une différence d'altitude de 26 mètres, valeur déduite de la composante perpendiculaire de la trace inter-orbitale qui est égale à 346 mètres.

Le MNT dérivé de l'interférogramme par déroulement des franges fournit une image du relief dans la géométrie des images radar. Nous pouvons observer une structure circulaire bien exprimée. La morphologie de la structure peut être rehaussée en illuminant artificiellement le MNT. Ces deux images montrent nettement le réseau centripète de cours d'eau qui convergent vers la dépression centrale du bassin de l'Anambé. Une combinaison de l'information topographique et du MNT permet une meilleure appréciation à la fois de la morphologie de la structure et des hauteurs absolues. Sur ce produit final, non seulement le relief de la structure circulaire est perceptible mais des éléments caractéristiques des grands cratères d'impact, en l'occurrence des reliques d'anneaux concentriques du bassin d'impact, sont mis en évidence ; ce qui est une contribution majeure permettant de conforter l'idée de l'origine de la structure, liée à l'impact d'une météorite.

Planche d'illustrations : figure 1- Image ETM+ de Landsat7 (bandes 4, 3 et 2 codés respectivement en rouge, vert et bleu) ; figure 2- image RSO de ERS1 du 23 décembre 1995 (orbite 23214, trace 180, scène3342) ; figure 3- image RSO de ERS2 du 24 décembre 1995 (orbite 03541, trace 180, scène 3342) ; figure 4 - Image de corrélation interférométrique ou cohérence. Représente la variabilité spatiale de la différence de phases entre les deux acquisitions et renseigne sur l'exploitabilité de la paire d'images pour l'extraction du relief ; figure 5- Interférogramme dérivé du couple interférométrique. Les franges interférométriques qui représentent les différences de phase entre les deux acquisitions sont codées en couleurs (du bleu -0- au rouge -360 degrés-). Elles ressemblent aux courbes de niveau d'une carte topographique. Chaque cycle de franges représente une variation d'altitude relative de 26 mètres, dérivée de la composante perpendiculaire de la trace inter-orbitale qui est égale à 346 mètres ; figure 6- MNT dérivé de l'interférogramme par déroulement de phases et conversion entre phase et altitude. Les zones hautes sont claires et les zones basses sont sombres ; figure 7- MNT affiché en relief. L'échelle du relief a été exagérée pour rehausser la morphologie de la structure circulaire ; figure 8- Spatiocarte en relief. Noter que le codage en couleurs de l'information topographique dérivée du MNT permet de mettre en évidence les anneaux de la structure circulaire, caractéristiques des grands cratères d'impact météoritique (taille de l'image : 69 x 67 kilomètres).