

## Définition des risques encourus par des pylônes électriques au moyen de l'évolution de l'érosion

■ Guilherme CLASEN WOSNY - Antônio TEIXEIRA GUERRA - Francisco HENRIQUE DE OLIVEIRA

Version française : Olivier REIS

*Ce projet visait à évaluer les risques d'érosion des sols autour des pylônes d'une ligne de transport d'électricité. Cette menace constitue un problème épineux pour la société Eletrosul, l'un des principaux producteurs d'électricité du Brésil, qui assure la distribution de l'énergie dans le sud du pays. L'utilisation du couloir occupé par la ligne électrique est soumise à des règles strictes, régissant aussi bien l'habitat au sein de cette zone que son usage agricole. A ce sujet, la combinaison d'images satellite Quickbird, d'un MNT et du logiciel ArcGIS a permis de vectoriser les éléments caractéristiques de l'érosion puis de les associer à des données d'aspect obtenues à partir d'un réseau de triangles irrégulier. Le résultat de ce processus a permis d'analyser la direction du retrait dû à l'érosion (érosion régressive). Finalement, un processus automatique a permis d'obtenir une vue d'ensemble des zones critiques en termes d'érosion et de décider lesquelles devaient faire l'objet d'un suivi et d'investigations plus poussées sur le terrain.*

### MOTS-CLÉS

érosion régressive, modèle numérique de terrain, lignes de transport d'électricité

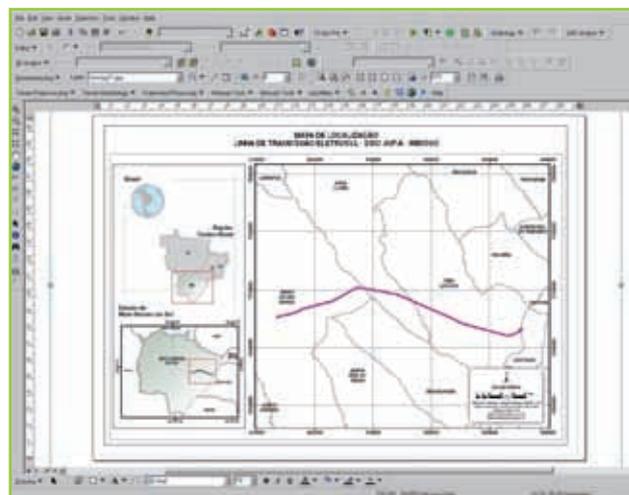


Figure 1 : zone d'étude.

cité dans l'Etat et donc concernée au premier chef par les processus d'érosion susceptibles d'affecter son réseau.

### Introduction

Selon Del'Arco (1992), l'élevage du bétail dans l'Etat brésilien du Mato Grosso do Sul a connu une telle expansion que les pâturages ouverts d'origine ont presque totalement cédé la place à des prairies artificielles et à des champs cultivés. Le compactage du sol par le bétail et la modification de la couverture végétale ont contribué à réduire la percolation de l'eau et à accroître les écoulements de surface provoquant une grande sensibilité aux processus érosifs. D'après Vrieling (2005), l'environnement s'en trouve affecté et les coûts économiques s'en ressentent, tant pour la production agricole que pour les infrastructures ou la qualité des eaux.

La construction de l'autoroute BR 262, reliant les villes de Campo Grande et de Três Lagoas, au tracé parallèle à celui de la ligne électrique, a constitué un facteur aggravant pour cette situation. Pourquoi ? Tout simplement parce que l'extraction des sols servant à remblayer certaines parties du tracé a entraîné la formation de trous le long de la route, contribuant ainsi à faire naître les processus d'érosion.

Selon Guerra, (2007) le sol de cette région présente une forte concentration en sable. Combinée au régime des pluies du secteur, elle explique les phénomènes d'érosion enregistrés. Eletrosul se devait de s'engager face à cette situation, en sa qualité d'entreprise chargée de la distribution d'électri-

### Zone d'étude

La zone d'étude du projet est la ligne électrique baptisée Jupia – Mimoso, traversant les villes de Ribas do Rio Pardo, Água Clara et Três Lagoas, situées toutes trois dans l'Etat brésilien du Mato Grosso do Sul.

Longue d'environ 215 kilomètres, la ligne est orientée en direction est-ouest et traverse des terres presque exclusivement dédiées à l'élevage du bétail, ce qui explique la disparition de la végétation d'origine.

Le projet s'est concentré sur une bande de terrain de 200 m de large (100 m de part et d'autre de l'axe de la ligne). La valeur retenue a été définie en accord avec le concessionnaire de la ligne de transport d'énergie. La

figure 1 présente la localisation de la zone d'étude.

## Acquisition de données

### ■ Imagerie Quickbird

Les images Quickbird ont servi de base à l'interprétation visuelle de la zone et à la vectorisation des processus d'érosion. Leur résolution spatiale est de 61 cm.

### ■ SRTM

Selon la NASA (JPL, 2003), les images SRTM peuvent être utilisées à des échelles supérieures au 1:250'000, étant disponibles avec une taille de pixel de 90m. Notons cependant que certaines publications scientifiques font état d'études existantes prouvant l'utilisation de ces images à des échelles inférieures. Quoi qu'il en soit, ce type de données a servi à générer le modèle en 3D du projet pour deux raisons : l'absence de cartes à petite échelle de la zone d'étude et la gratuité des images SRTM.

### ■ Pylônes électriques

Les données géoréférencées des pylônes électriques (coordonnées de leur base déterminées par GPS) ont été fournies par la société Eletrosul. Le service compétent de l'entreprise a complété ces données par des informations supplémentaires (propriétaire de la parcelle sur laquelle le pylône est implanté, numéro et codes attachés à chacun des pylônes).

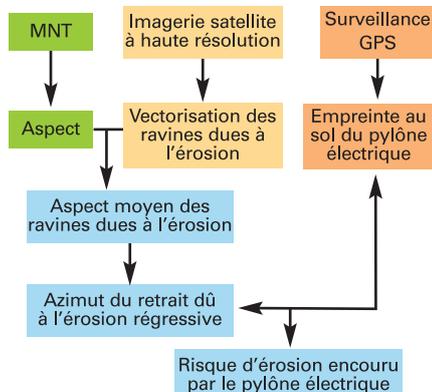


Figure 2. organigramme simplifié de la méthode utilisée pour identifier les risques que les processus d'érosion font encourir aux pylônes.

## Méthode développée

La méthode développée pour ce projet a consisté à vectoriser les processus d'érosion sur les images Quickbird puis à associer ces vecteurs aux données d'aspect extraites de la trame SRTM. Il a ainsi été possible d'identifier la direction de l'érosion régressive puis l'orientation du retrait par rapport à celle des pylônes. Pour cette étape, les données d'aspect ont été chargées dans l'outil d'analyse en 3D et une extension MC (moindres carrés) a été utilisée pour la moyenne de zone de l'aspect au sein de chaque polygone d'érosion. La figure 2 présente un organigramme simplifié de la méthode utilisée pour identifier les risques que les processus d'érosion font encourir aux pylônes.

### ■ Données d'aspect

Les données SRTM ont permis de générer la couche d'aspect en utilisant l'outil d'analyse en 3D. Selon le dictionnaire Esri disponible sur Internet (2008), l'orientation d'une pente topographique est généralement mesurée en degrés depuis le nord. Une couche d'aspect sert normalement à indiquer l'orientation de la pente par rapport au soleil ou d'aide à la délimitation des lignes de partage des eaux, voire de zones d'accumulation.

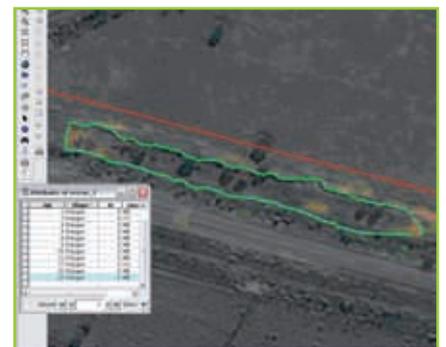


Figure 4. en vert – la vectorisation des ravines : en rouge - la limite de la zone d'intérêt.

Dans le cas de la présente étude, le but était différent. L'érosion régressive se produit par la force des choses en direction aval – amont ; la couche d'aspect a donc permis d'obtenir l'azimut du retrait dû à l'érosion. La figure 3 suivante fournit un exemple de données d'aspect tramées présentées dans ArcGis 9.2 avec les couleurs standards utilisées par le logiciel.

### ■ Vectorisation du processus d'érosion

Les processus d'érosion visibles sur les images Quickbird ont été vectorisés par des polygones. A cette fin, une zone d'intérêt a été définie avec des collaborateurs de l'entreprise. Elle s'étend sur 100 m de part et d'autre de l'axe de la ligne électrique. En

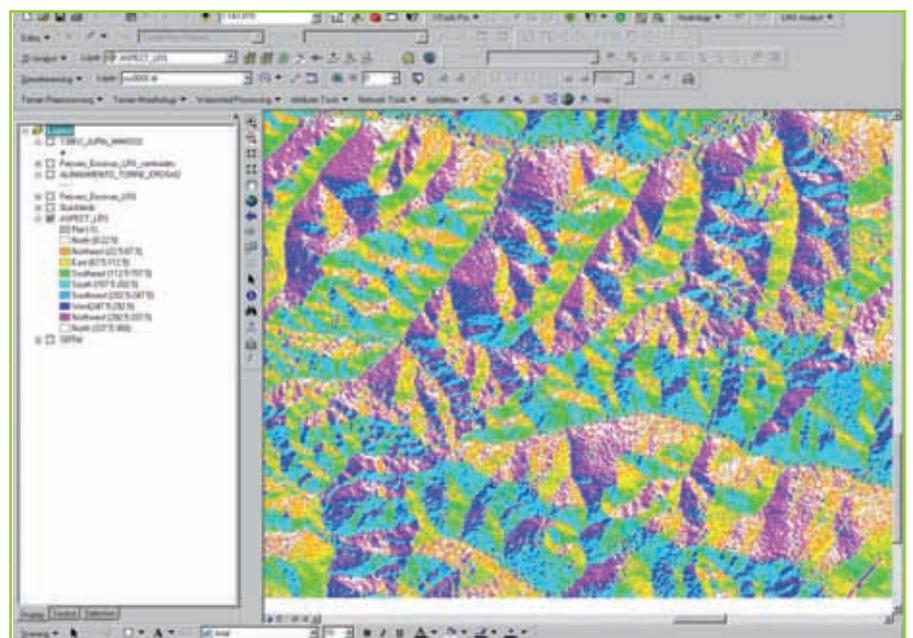


Figure 3. données d'aspect tramées présentées dans ArcGis 9.2 avec les couleurs standard utilisées par le logiciel.

conséquence, toute érosion visible sur les images Quickbird et comprise dans les limites de la zone d'intérêt a été vectorisée. La figure 4 présente (en vert) la vectorisation des ravines et la limite de la zone d'intérêt (en rouge).

### ■ Aspect moyen de la zone

L'étape suivante a consisté à générer la moyenne de zone de la couche d'aspect au sein de chaque polygone d'érosion vectorisé. Ce processus a recouru à une approche trigonométrique par l'angle moyen, appliquée par l'extension MC utilisée à cette fin. Au terme du calcul, l'information obtenue était attribuée à chaque polygone de la banque de données sous une forme numérique (en degrés décimaux). Les centroïdes des polygones présentant des attributs identiques pour l'aspect moyen ont ensuite été définis. Grâce à eux, la nouvelle couche était alors de type point. Afin de catégoriser les azimuts obtenus (sens aval-amont), les quatre points cardinaux ont été utilisés (nord, sud, est, ouest) au même titre que les quatre points collatéraux (nord-est, nord-ouest, sud-est, sud-ouest) selon :

de 0 à 22,5°	nord
de 22,5° à 67,5°	nord-est
de 67,5° à 112,5°	est
de 112,5° à 157,5°	sud-est
de 157,5° à 202,5°	sud
de 202,5° à 247,5°	sud-ouest
de 247,5° à 292,5°	ouest
de 292,5° à 337,5°	nord-ouest
de 337,5° à 360°	nord

Cette subdivision est la même que celle utilisée pour l'extraction par défaut de la couche d'aspect dans Arc Gis.

### ■ Erosion régressive

Selon la Défense civile (Defesa Civil, 2008), l'érosion régressive peut être considérée comme la mise en mouvement d'une masse de terre transportée par les eaux de percolation, le phénomène se déclenchant dans des conditions hydrauliques critiques. L'érosion provoque alors l'ouverture graduelle de ravines dans le sol, dans la direction opposée à celle de l'écoulement des eaux. On peut estimer que les formes d'érosion

principales susceptibles d'affecter la ligne électrique sont en lien avec le réseau hydrographique et (dans la majorité des cas) avec les processus d'érosion générés par l'extraction de sols pour remblayer certaines parties du tracé, provoquant l'apparition de trous tout au long de la route BR 262 et de la ligne électrique. Des campagnes de terrain conduites sur la zone d'étude, des prélèvements de sols et une surveillance GPS ont permis de confirmer l'hypothèse ébauchée sur la base de l'analyse SIG. Il a été vérifié que tous les processus d'érosion, notamment ceux consécutifs à l'extraction de sols, se produisaient de l'aval vers l'amont, confirmant ainsi le bien-fondé de la présente étude assise sur la vectorisation de polygones. La figure 5 présente graphiquement la direction du retrait dû à l'érosion, sous forme de flèches.



Figure 5. représentation graphique de la direction du retrait dû à l'érosion, sous forme de flèches.

fournie par la méthode d'investigation et celle résultant de l'interprétation visuelle est supérieur ou égal à 90°

Une catégorie supplémentaire a enfin été définie, IMPOSSIBLE A EVALUER, lorsque toute évaluation visuelle de la direction du retrait dû à l'érosion était impossible.

L'évaluation visuelle de la direction du retrait a été possible pour 122 des 247 zones d'érosion recensées, soit pour 49,38% du total. Si l'on ne tient compte que de celles-ci, 95 d'entre elles ont été classées dans la catégorie BON (77,86%), 22 dans la catégorie PASSABLE (18,03%) et 5 dans la catégorie MAUVAIS (4,09%). Le tableau 1 présente ces résultats.

L'étape suivante a alors consisté à comparer les directions d'érosion et leur orientation par rapport aux pylônes. La figure 6 en présente un exemple.

Les directions d'érosion et les orientations des pylônes ont ainsi pu être comparées, permettant la détermination des risques encourus par les pylônes électriques (érosion régressive). Au final, les pylônes à surveiller de près par l'entreprise pour assurer la distribution de courant dans la durée ont pu être identifiés par ce processus.

## Résultats

### ■ Evaluation visuelle

Une évaluation visuelle a été réalisée au moyen des images Quickbird afin d'estimer (pour autant que ce soit possible) la direction de retrait et la comparer aux résultats fournis par les données d'aspect SRTM. L'interprétation visuelle des images a porté sur tous les polygones d'érosion, trois catégories ayant été définies dans ce cadre :

**BON** : l'écart entre la direction fournie par la méthode d'investigation et celle résultant de l'interprétation visuelle est inférieur ou égal à 45°

**PASSABLE** : l'écart entre la direction fournie par la méthode d'investigation et celle résultant de l'interprétation visuelle est compris entre 45° et 90°

**MAUVAIS** : l'écart entre la direction

Catégorie d'écart	Nombre	% du total	% zones évaluées	
BON	95	38,46	77,86	95,90 %
PASSABLE	22	8,90	18,03	
MAUVAIS	5	2,02	4,09	<= 4,09 %
IMPOSSIBLE A EVALUER	125	50,60	-	

Tableau 1. résultats.

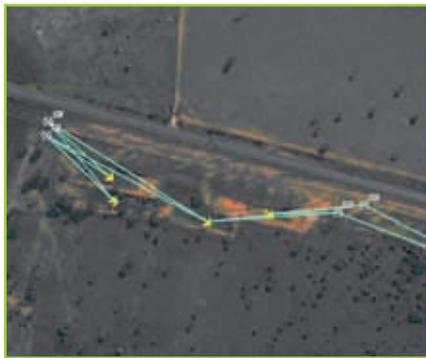


Figure 6. directions d'érosion comparées à leur orientation par rapport aux pylônes.

## Conclusion

Les recherches menées ont permis de quantifier l'érosion à proximité des pylônes et les résultats se sont révélés satisfaisants. Les pylônes non soumis à l'influence des processus d'érosion ont été signalés par des flèches pointant dans la direction opposée à celle du retrait.

Cette méthode ne devrait pas être utilisée seule mais en combinaison avec d'autres informations afin de permettre une analyse plus fine (couches de sol, zones d'accumulation, utilisation des terres, etc.).

Le résultat est probant si l'on considère la longueur de la bande étudiée (environ 215 km). L'imagerie satellite et les modèles en 3D fournissent une couverture complète de la zone d'étude pour un coût bien inférieur à celui d'une campagne de terrain.

La surveillance des zones sensibles peut être poursuivie en acquérant périodiquement de nouvelles images. Il serait ainsi possible de suivre l'évolution des processus d'érosion et d'affiner parallèlement la méthode d'investigation.

## Considérations finales

Les images SRTM ne constituent pas le modèle de terrain le plus approprié pour le projet du fait de leur résolution. Elles ont toutefois fourni de bons résultats sur la zone d'étude, en raison des faibles variations altimétriques qu'elle présente.

Le niveau de confiance que l'on peut accorder à la méthode proposée est directement lié à la qualité des données en 3D. S'agissant des évaluations visuelles de la catégorie MAUVAIS, les 5 cas décelés se situaient en fond de vallée. La trame d'aspect présente alors des variations plus fortes que celles enregistrées sur les versants des collines ou sur la ligne de partage des eaux.

Un moyen d'accroître le niveau de confiance de la méthode consisterait donc à exclure les fonds de vallées du modèle. Cette solution présenterait toutefois l'inconvénient de ne plus couvrir intégralement la zone d'étude.

La distance entre les zones d'érosion et les pylônes n'a pas été prise en compte dans l'évaluation des risques, pas plus que la vitesse du retrait dû à l'érosion. L'étude s'est concentrée sur les différences d'orientation entre les pylônes et les directions d'érosion.

Cet article s'est concentré sur l'érosion régressive, présente au niveau de la plupart des trous formés par l'extraction de sols pour remblayer certaines parties du tracé le long de la route.

La zone d'étude présente également des processus d'érosion graduelle, inhérents aux zones d'accumulation et au réseau hydrographique. Ces phénomènes n'ont pas été pris en compte, raison pour laquelle les résultats de nos investigations ne doivent pas être utilisés isolément mais en combinaison avec d'autres travaux. ●

## Contacts

### Guilherme CLASEN WOSNY

UFSC – Université fédérale de Santa Catarina – Florianópolis – SC  
gcwosny@hotmail.com

### Prof. Dr Antônio TEIXEIRA GUERRA

UFRJ – Université fédérale de Rio de Janeiro  
antoniotguerra@gmail.com

### Prof. Dr Francisco HENRIQUE

#### DE OLIVEIRA

UDESC – Université d'Etat de Santa Catarina  
Rio de Janeiro – RJ  
chicoliver@yahoo.com.br

## Références bibliographiques

ANTONIO J. T. GUERRA. *Erosão dos solos – projeto eletrosul – relatório parcial*. [Florianópolis, Rio de Janeiro], 2007. 44 p.

DEFESA CIVIL (Org.). *Glossário: Secretaria Municipal de Defesa Civil e Trânsito*. Disponible sous : <[http://www.defesacivilcantagalo.rj.gov.br/glossario/glossario\\_html-letra=E.htm](http://www.defesacivilcantagalo.rj.gov.br/glossario/glossario_html-letra=E.htm)>. Accès le 20 mars 2008.

DEL'ARCO, D.M. et al. *Susceptibilidade à Erosão da Macrorregião da Bacia do Paraná*. Campo Grande, 277p. Convênio de Cooperação Técnico - Científica IBGE/Estado de Mato Grosso do Sul, 1992.

DIGITAL GLOBE. *An Imagery and Information Company*. Disponible sous : [www.digitalglobe.com](http://www.digitalglobe.com). Accès le 4 août 2006.

ESRI (Org.). *GIS Dictionary*. Disponible sous : <<http://support.esri.com/index.cfm?fa=knowledgebase.gisDictionary.search&searchTerm=aspect>>. Accès le 20 mars 2008

JPL- Jet Propulsion Laboratory - NASA (2003). Disponible sous : <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/> Accès le 4 août 2006.

## ABSTRACT

**Keywords:** retreating erosion, Digital Terrain Model, Electricity Transmission Lines

*The purpose of the project was to assess soil erosion risks surrounding the Electric transmission towers. This situation is a great problem for Eletrosul Company, which is in Brazil one of the most important electric power facilities, responsible for the transmission of energy in south of Brazil. In this matter there are specific laws and restrictions which guide the use and settlement of the corridor area, for residences and for cultivation. In this respect, using Quickbird Satellite Images, DTM and ArcGis software it was possible to vectorize erosive features and match them with aspect data, which have been obtained from Triangular Irregular Network. The result of this process allowed analyzing the direction of retreat erosion (headward erosion). Finally, by an automatic process it was possible to have an overview of the critical areas of erosion and to decide which ones must be supervised 'in loco' and confirmed by reambulation.*