

## FUSION DE DONNEES DE TELEDETECTION A L'AIDE DE LA THEORIE DES EVIDENCES APPLICATION AU MATO GROSSO EN VUE D'UNE SPATIALISATION DE LA DEFORESTATION

VINCENT NEDELEC<sup>1, 2</sup>, SAMUEL CORGNE<sup>1</sup>, VINCENT DUBREUIL<sup>1</sup>, LAURENCE HUBERT-MOY<sup>1</sup>

<sup>1</sup> COSTEL –LETG CNRS UMR 6554 - Université Rennes 2  
6, avenue Gaston Berger - 35043 Rennes cedex, France  
vincent.nedelec@uhb.fr, samuel.corgne@uhb.fr

<sup>2</sup> Centro de Desenvolvimento Sustentável - Universidade de Brasília  
SAS Quadra 5 Bloco H, 2º andar - CEP 70070-914 Brasília-DF, Brasil

**Abstract :** Since the last forty years, Mato Grosso represents one Brazilian State concerned by very high land cover changes. His pioneer frontier is among the more active in Amazon. In order to estimate and spatialize the evolution of the deforestation, numerous data are required and must be merged. The Dempster's fusion rule is used in the present study to spatially predict the regions characterized by a strong probability to be deforested or not. The model is built with the integration of different maps that support the hypothesis "Forest" or "No-Forest": Protected areas, land cover in 2000 and dynamics of the deforestation. The first results permit to identify regions with an high uncertainty about the land use evolution, the spatial distribution of this areas represent a good indicator for identifying dynamics of the deforestation. Furthermore, it allows to weigh up accurately belief map for each hypothesis and thus spatialize region with an high degree of confidence about their evolution.

**Keywords :** remote sensing, Data Fusion, Dempster-Shafer Theory, Deforestation.

### 1-Introduction

Troisième Etat brésilien par sa superficie (plus de 900 000km<sup>2</sup>), le Mato Grosso est un territoire soumis à de fortes pressions anthropiques qui modifient les paysages naturels. Les images satellites permettent un suivi de cette évolution mais doivent aussi être utilisées dans des modèles à des fins prédictives qui permettent l'élaboration de scénarii à court terme. Pour cette étude, nous nous focaliserons sur la théorie des évidences également appelée théorie de Dempster-Shafer (1976) qui autorise la prise en compte de l'incertitude dans les données d'entrée et dans les résultats. Ce choix repose sur le fait que les données d'entrée à fusionner sont imparfaites et entachées d'incertitude (par exemple les classifications issues d'images satellites). L'idée centrale de la théorie consiste en la décomposition d'une évidence d'un phénomène en diverses composantes. Sur ces dernières, on fixe des coefficients de probabilité qui pourront plus tard être combinés ou étendus (Hubert-Moy *et al*, 2002). Les objectifs de cette étude sont doubles, ils doivent permettre une spatialisation précise des zones susceptibles d'être défrichées ainsi que la mise en évidence des espaces caractérisés par une forte incertitude quant à l'évolution de la couverture forestière.

### 2- Application de la règle de fusion de Dempster-Shafer au Mato Grosso.

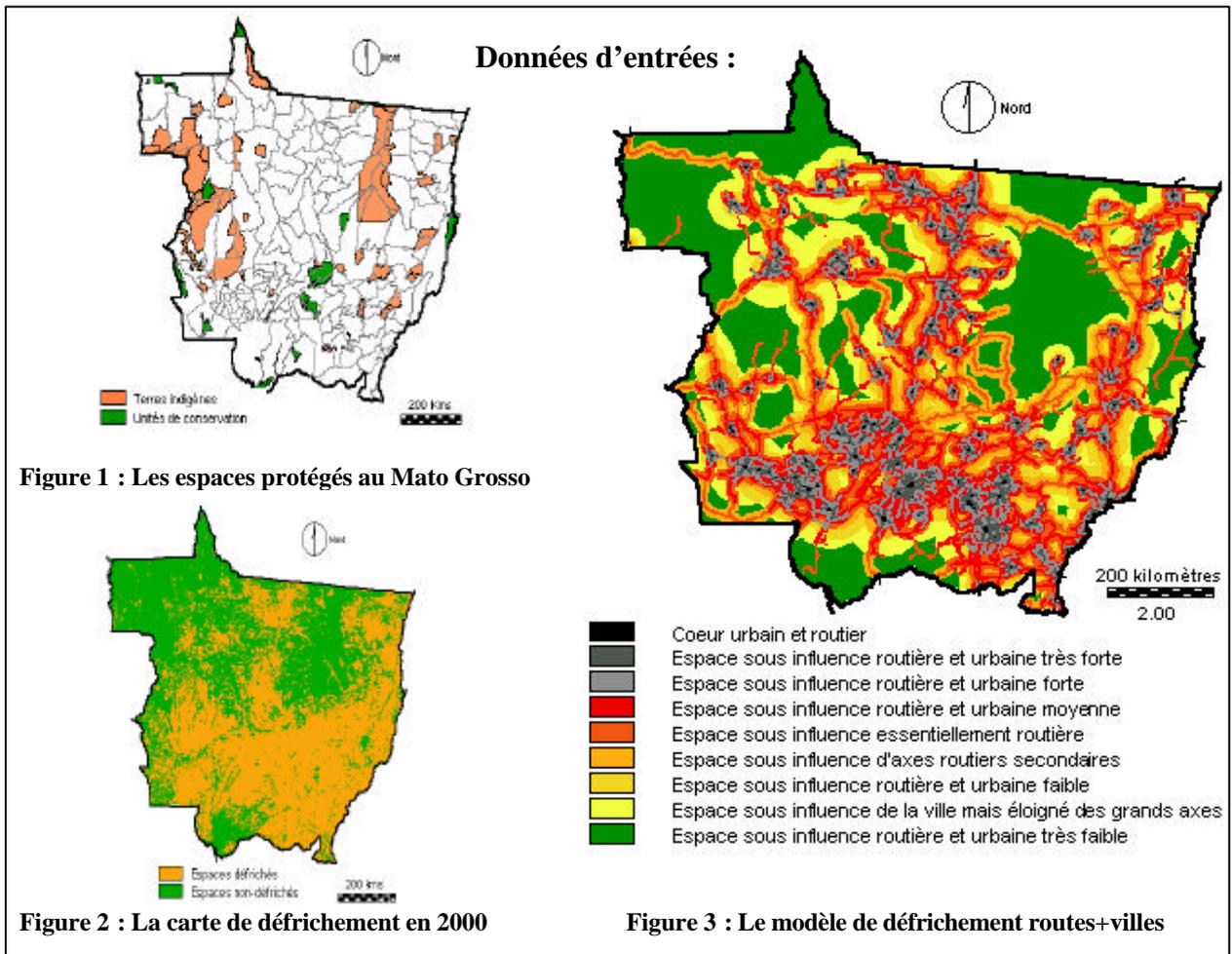
#### 2.1- Principe :

La fusion de données, généralement utilisée pour affiner l'information est ici appliquée au Mato Grosso afin de prédire spatialement l'évolution de la déforestation. Deux hypothèses sont ainsi définies : Hypothèse « Forêt » et « Non-Forêt ». Des cartes affectées d'une fonction de masse de croyance venant soutenir chaque hypothèse sont ensuite réalisées « à dire d'expert ». La règle de fusion de Dempster-Shafer est ensuite appliquée aux différentes cartes fournissant comme résultat une carte de croyance, de plausibilité et d'incertitude pour chaque hypothèse.

## 2.2-Structuration des données et intégration dans le modèle de Dempster-Shafer.

Trois paramètres d'entrée ont été retenu :

- les différents espaces protégés (réserves indigènes et unités de conservation) au sein du Mato Grosso à la fin de l'année 2000 (**Figure 1**);
- les espaces défrichés définis à partir d'une classification d'images satellites NOAA-AVHRR obtenues en l'an 2000. Dubreuil (2002) (**Figure 2**);
- un modèle de défrichement réalisé, sur le principe du buffer, à partir d'observations d'images satellites. Laurance *et al.* (2001), Nédélec, (2001) (**Figure 3**).

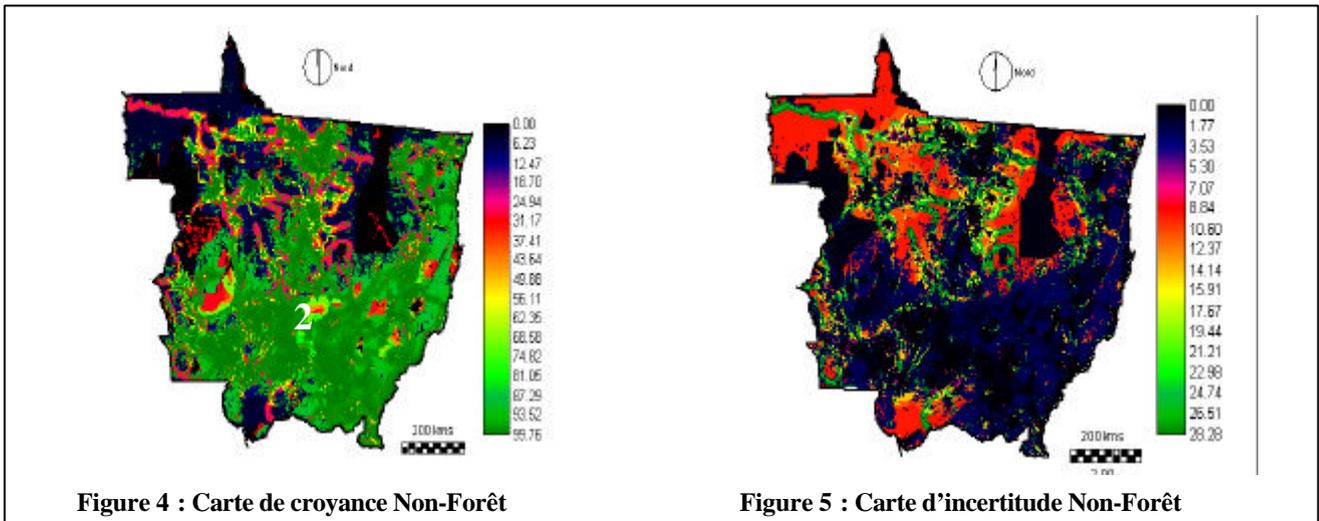


Des fonctions de masse supportant les hypothèses « Forêt » et « Non-Forêt » sont ensuite affectées aux données d'entrée et intégrées dans la règle de fusion de Dempster-Shafer.

### 3- Commentaires des premier résultats et perspectives

La fusion de l'ensemble des données génère trois types de carte pour chaque hypothèse :

- une image de croyance (belief) qui exprime le maximum de confiance en l'hypothèse et qui correspond à la limite inférieure de la vraisemblance de l'hypothèse.
- une image de plausibilité (plausibility) qui exprime la limite supérieure de la vraisemblance de l'hypothèse (Au-delà rien ne prouve que l'hypothèse peut se vérifier).
- une image représentant l'intervalle de croyance (Belief Interval) de l'hypothèse. Elle définit les zones où les doutes et les incertitudes sont les plus importants.



Seuls les résultats concernant l'hypothèse « Non-forêt » sont ici détaillés car ils répondent à la problématique initiale.

Ainsi sur la carte de croyance (**Figure 4**), les valeurs supérieures à 90% révèlent une quasi certitude de défrichement. Si les résultats semblent exagérés dans le cerrado, ils sont plus pertinents dans la zone forestière (moitié nord). On remarque ainsi l'importance de l'axe Cuiabá-Santarém au centre et des principaux centres régionaux (Sinop, Alta Floresta, Juina, Juara) dans la dynamique de déforestation. Concernant les espaces protégés, outre le Xingu et les parcs du Nord-ouest où le risque de déboisement est faible (inférieur à 10%), le modèle de fusion met en évidence les pressions anthropiques. Que ce soit pour les espaces indigènes (1) ou les unités de conservations (2), les marges sont menacées par l'extension des espaces agricoles. Dans la zone nord-ouest, le rôle d'ouverture joué par les axes de communication est également mis en avant. Dans ces régions encore à majorité forestière, les probabilités de défrichement s'échelonnent ainsi entre 25 et 60% selon l'importance de la route.

La carte d'incertitude (**figure 5**) met en valeur les espaces où l'évolution du risque de déforestation est mal connue (valeurs >20%). Il s'agit principalement des zones où l'influence de la ville est faible ou sous influence d'axes secondaires (cf. figure3).

Ces premiers résultats doivent faire l'objet d'une validation à partir des données d'occupation du sol 2002. Par ailleurs, il serait intéressant d'intégrer la temporalité (dynamiques annuelles de défrichement) et les aspects socio-économiques dans cette étude.

### Bibliographie :

- Dubreuil, V. (sous la direction de) Environnement et télédétection au Brésil, PUR, Rennes, 2002, 198p.
- Hubert-Moy, L.; Corgne, S.; Mercier, G.; Solaiman, B. Land use and land cover change prediction with the theory of evidence : a study case in an intensive agricultural region in France. *Proceedings, Fusion 2002 Conference*, Washington D.C., 8-11 July, 2002, pp.114-121.
- Laurance, W.F.; Cochrane, M.A.; Bergen, S.; Fearnside, P.M. The Future of the Brazilian Amazon. *Science*, Vol. 291, 2001, pp.438-440.
- Nédélec, V., *Evaluation et modélisation du défrichement au Mato Grosso*, mémoire de DEA de géographie, Université de Rennes 2, 2001, 105p.
- Shafer, G.A., *Mathematical Theory of Evidence*, Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1976