*Télédétection*, 2002, vol. 2, n° 4, p. 292-296
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

# Résumés de thèses

**JACQUES, ANDRÉ (2002)** La télédétection passive de la chlorophylle dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent : optimisation spectrale des algorithmes de télédétection et application au SeaWiFs. Thèse de doctorat, Département de géographie et télédétection, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, 185 p.

Codirecteurs : Norman T. O'Neill, Université de Sherbrooke, et Jean-Claude Therriault, Institut Maurice-Lamontagne (Pêches et Océans Canada).

Cette thèse représente un pas de plus vers l'utilisation de la télédétection passive comme outil d'estimation des teneurs en chlorophylle dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent. Dans le cadre de la mission LIDAR-93, des données optiques et océanographiques ont été acquises afin d'identifier les meilleurs algorithmes de télédétection de la chlorophylle dans cette région. Plusieurs types d'algorithmes ont été testés sur des données radiométriques acquises à l'aide de deux spectroradiomètres portatifs embarqués et d'un spectroradiomètre de type CASI utilisé lors de survols à faible altitude.

La cohérence entre les résultats obtenus avec ces différents appareils est significative. Cette recherche exhaustive d'algorithmes sur toutes les bandes du visible a permis d'identifier les rapports simples et multiples de bandes fournissant les meilleures estimations des teneurs en chlorophylle. Parmi les meilleurs rapports simples de bandes, l'algorithme qui semble le plus robuste, est formé est le rapport 540 nm et 580 nm. D'autres rapports composés d'une bande dans le bleu (420 nm à 520 nm) normalisée par une bande du rouge (600 n, à 700 nm) donnent également de bons résultats. La précision des estimations obtenues avec des rapports simples de bandes est de l'ordre de 40 % à 50 %. Les meilleurs rapports multiples de bandes permettent d'estimer les teneurs en chlorophylle avec une précision de ± 30 %. Les estimations sont plus justes dans les zones occidentale et centrale de l'estuaire. Par contre, tous les algorithmes présentent une tendance à surestimer les teneurs en chlorophylle dans la partie orientale de l'estuaire. Des différences dans la distribution des teneurs en chlorophylle dans la colonne d'eau semblent en être la cause. En se limitant à des bandes simulées du SeaWiFs, la précision des estimations obtenues est un peu moindre. Ces rendements relativement moindres semblent être dus plus à la variété des bandes disponibles qu'à la résolution spectrale.

Des simulations d'erreurs dans les corrections atmosphériques ont été réalisées avec le logiciel CAM5S. Elles montrent que le meilleur algorithme à utiliser avec le SeaWiFs pour la télédétection de la chlorophylle dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent est le rapport des bandes 490 nm et 670 nm. Avec cet algorithme, une précision de ± 0,02 sur l'épaisseur optique des aérosols serait suffisante pour assurer une précision globale de ± 60 %.

——oOo——

**BACOUR, CÉDRIC (2001)** Contribution à la détermination des paramètres biophysiques des couverts végétaux par inversion de modèles de réflectances : analyses de sensibilité comparatives et configurations optimales. Thèse de doctorat, Université de Paris 7, Paris, 206 p.

Directeur de thèse : Jean-Pierre Frangi , Université de Paris 7.

L'inversion de modèles physiques de réflectance semble la méthode la plus pertinente pour caractériser les surfaces végétales en exploitant au mieux les performances de résolution des instruments dédiés à l'observation de la Terre. La capacité de ces modèles à représenter l'interaction de la lumière avec le milieu végétal et, *in fine*, à simuler des réflectances en adéquation avec les mesures, conditionne la qualité d'estimation des paramètres biophysiques. Ceci a motivé l'intercomparaison de quatre modèles unidimensionnels de réflectance des couverts végétaux (SAIL, KUUSK, IAPI et NADI), couplés au modèle de propriétés optiques des feuilles PROSPECT, au moyen de plans d'expériences numériques. L'étude de sensibilité à six paramètres et de leurs interactions pour les configurations de POLDER a permis de quantifier leur cohérence. En estimant la dynamique de la réflectance vis-à-vis des paramètres, la méthodologie développée a ensuite été mise à profit pour déterminer les configurations optimales

d'observation afin de diminuer les ambiguïtés entre paramètres au cours du processus d'inversion. L'étude a porté sur le modèle PROSAIL, en mode direct comme en inversion sur les mesures EGO96 par l'intermédiaire d'un algorithme de recherche dynamique des directions privilégiées. Les résultats ont révélé qu'un nombre restreint de mesures, soit entre 10 et 20, en visée oblique autour du plan principal, contraint suffisamment le problème inverse pour l'estimation du *LAI* (indice de surface foliaire) et de la teneur en chlorophylle. Malgré des formalismes différents, les modèles ont aussi montré leur accord en regard des paramètres biophysiques estimés sur différentes cultures, à partir de données POLDER acquises lors de la campagne Alpilles/ReSeDA. L'accent porté sur l'erreur d'estimation et sur la corrélation entre paramètres en inversion, tout en témoignant de la qualité des résultats, a conduit à identifier les principales sources d'incertitudes.

*Mots-clés : télédétection ; végétation ; transfert radiatif ; modèles numériques ; analyse de sensibilité ; plans d'expériences numériques ; configurations optimales ; facteur de réflectance bidirectionnelle spectrale ; étalonnage.*

——oOo——

**ANGELES, GUILLERMO RAÚL (2001)** An integrated study in the estuary of Bahía Blanca (Argentina). Thèse de doctorat, Departamento de Geografía, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina, 183 p.

Codirecteurs : María Cintia Piccolo (Instituto Argentino de Oceanografía, Bahía Blanca, Argentina) et Gerardo M. E. Perillo (Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina).

Courriel de l'auteur : gangeles@criba.edu.ar

The Bahía Blanca estuary is located at the southwest of Buenos Aires Province (Argentina) comprising an area of 2 300 km$^2$. It is considered a mesotidal estuary formed by a complex system of tidal channels of variable size, islands and extended tidal flats. The latter delimit the Main Channel of the estuary. It has a general NW-SE trend and constitutes the access to one of the most important harbour complexes of Argentina. Sauce Chico river and Napostá stream are the major sources of freshwater into the estuarine system.

In this thesis the study of the tidal channels and the environments around it was carried out considering that the knowledge in detail of the tidal channels geomorphology and dynamics constitutes the basis for developing adequate zoning and coastal planning in the study area. To achieve this goal, several methodologies were used, such as oceanographic surveys; classical morphometric analysis; fractal geometry, remotely sensed images processing and geographical information system (GIS).

Two representative sectors of the whole estuarine system were selected due to the large extension of the study area. The first includes a sector of the Main Channel and the second corresponds to a meandering channel named La Lista. In both sectors oceanographic and bathymetric surveys were carried out in order to : a) describe the physical characteristics of the estuary such as salinity, temperature, and also velocities and direction of the tidal currents, b) define the geomorphological characteristics of the tidal channels, and c) analyse their morphologic evolution.

In the first stage, the results obtained by the oceanographic surveys were described. These surveys were made in 1996 and 1999. The analysis of both the physical and geomorphological characteristics reveals that :

1) the general circulation is dominated by a stationary and semidiurnal tidal wave; it is the principal agent responsible for both the dynamics of the sediment and the geomorphology in the estuary ;

2) the scant freshwater discharge into the estuarine system, the higher evaporation on the tidal flats and the superficial washing on the coastal plains are the three processes that influence the high values of salinity measured (between 34,4 and 38,5) along a complete tidal cycle (13 h) ; the action of these processes in the estuary provokes a mixture in the water column that defines it as a partially homogeneous estuary ;

3) the temperature values measured showed an increase in the outward layer water temperature along the tidal cycle, due to the radiative and turbulent warming process between the outward layer water and the air; however, the temperature values presented a vertically homogeneous distribution in the water column ;

4) the current vector was decomposed into a longitudinal component (U) with reference to the main axis of the channel (positive in the ebb direction), and a transverse component (V) positive to the right looking toward the mouth of the estuary; the analysis of tidal currents during the tidal cycle showed that the estuary is dominated by ebb currents; the maximum speed values measured corresponded to the longitudinal component (ebb current 102 cm $s^{-1}$ and flood current 79 cm $s^{-1}$) ;

5) the bathymetric surveys provide information on the tidal channels morphology; in a sector of the Main Channel it was possible to observe how dredging affected its morphology; also, a gentle slope in the channel bottom with a S-N and E-W trend was detected. The maximum depth measured was 17 m in the centre of the channel whereas in the La Lista channel the bathymetric survey showed that its meanders are dominated by ebb currents with the greatest depth measured along the erosional bank (maximum depth 7 m).

In the second stage, a new methodology derived from the relationship between the Normalized Difference Water Index (NDWI) and Horton stream ordering was applied to classify the tidal channel network. The NDWI proposed by Feeters (1996) is related to water feature delimitation on multi-spectral images and was applied on the Landsat-5 TM image used in this work to detect the different tidal channels. The NDWI utilises the electromagnetic radiation corresponding to the near infrared and the visible green light wavelength, enhancing the water features in relation to soil and terrestrial forest features. It is calculated in the following way :

*B2 (Green Light) – B4 (NIR ) / B2 (Green light) + B4 (NIR)*

The tidal channel network was traced on the NDWI image obtained. Later, according to Horton's stream orders a hierarchical classification of the channels was made. Five orders of tidal channels and five different zones according to drainage density and drainage frequency were identified. The results obtained reveal the existence of two perfectly areas delimited. The first, called North, has the largest drainage density (8,4) and drainage frequency (10,6) values. The second, called South, has both drainage density and drainage frequency values remarkably smaller than the other sector (5,5 and 4,6, respectively). Also, it was possible to identify different drainage patterns clearly related to the geomorphology of the complex original delta. At present, the tidal channel network evolves on it.

In the third stage, a fractal dimension was estimated for nine tidal channels depicted in TM Landsat-5 imagery to derive information relating to the degree of geological control on the tidal channel network. Two methods, Box counting (Pfeifer and Obert, 1989) and Contiguity (Richardson, 1961), were used to estimate a dimension fractal (D) in each tidal channel considered. The results showed that all channels have D values near to 1. This means that the channels are selfaffined fractal features. However, these fractal dimensions do not show the meandering pattern complexity characteristic of these tidal channels. On the other hand, the fractal condition of the tidal channels reveals that their evolution is not chaotic and could be controled by both the morphology of the tidal flats and the action of the tidal currents.

In the fourth stage, Landsat TM data in the form of false colour composites (FCC) generated from bands RGB = 4-7-2 and RGB = 4-5-7 were used to elaborate two maps representing both the geomorphology and the vegetation characteristic of the Bahía Blanca estuary. These maps were prepared based on FCC image segmentation techniques to identify, classify and delineate various geomorphological units and vegetation types. Both maps were checked during the field work.

In the geomorphological map five units were identified :

1 - salt marshes and tidal flats ;
2 - islands, sand banks and islets ;
3 - coastal zone related to marine paleolevel conformed by frank-clayey sediments ;
4 - coastal zone related to pelodeltaic area of the Colorado river basin ;
5 - tidal channels.

Whereas, in the vegetation map six classes described below were defined :

1 - halophytic shrub steppe ;
2 - psamophylous herbaceous steppe ;
3 - halophytic scubs ;
4 - xerophilous scrubs ;

5 - land crops ;
6 - land without vegetation.

The relationship between the two maps (geomorphologic and vegetation) and the oceanographic survey results showed that 51 % of the area is occupied by tidal flats and salt marshes. In the latter evolve both halophytic shrub steppe and halophytic scrubs (covering 20 % and 3 % of the area studied, respectively). The first covers the channel banks whereas the second occupies the high lands of the salt marshes. Furthermore, it was observed that the spatial disposition of these halophytic species is parallel to the more important channels ($4^{th}$ and $5^{th}$ order according to Horton's classification).

The importance of this phenomenon is related to the contribution of sediments into the estuary. This contribution is linited and for this reason, the spatial pattern of the vegetation could act as a fine sediment trap during the ebb cycle. As a consequence, it could contribute in delaying the erosion process in the estuary.

Finally, an integrated analysis of all the results obtained in the different stages of the study was developed to establish a zoning proposal for coastal planning in the Bahía Blanca estuary. This zoning was based on a new methodology never applied in the estuary which was used to identify seven landscape units :

1 - tidal channels associated with halophytic species developed over salt marshes ;
2 - tidal channels associated with tidal flats without vegetation ;
3 - sector dominated by the mouth of the estuary with presence of islands, sand banks and islets ;
4 - sector dominated by the Sauce Chico river oulet and the head of the estuary ;
5 - the Main Channel or the harbour complexes channel access ;
6 - coastal zone with extensively cultivated lands ;
7 - coastal line with development of harbour complexes and petrochemical complexes.

In each one of these landscape units an environmental preservation value (EPV) was estimated following landscape, geomorphological, scientific, ecological and landuse type criteria. The highest EPV corresponds to landscape units 1, 2 and 3, whereas, the landscape units related to activities pertaining to port and industry have the lowest EPV.

A brief description of the coastal planning proposals to be implemented in the Bahía Blanca estuary is given below :

a) develop preservation activities on the landscape units defined with high EPV in order to prevent the evolution of higly specialized flora and fauna ;
b) elaborate a control plan for some tourist activities (p.e. water sports and fishing) in order to restrict their practice only to some specific areas of the estuary ;
c) the environment impact assessment (EIA) should be considered a priority in those coastal areas with development of harbour and petrochemical complexes ;
d) restrict fishing activities practiced with inadequate ecological fishing techniques (e.g. trawler fishing) in those landscape units that involve secondary tidal channels, which constitute spawning and breeding sites for numerous ichtyic species.

### *References*

MAC FEETERS, S.K. (1996) The use of Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. International Journal of Remote Sensing, vol. 17, p. 1425-1432.
PFEIFER, P. and OBERT, M. (1989) In : Avnir, D. (ed.) The fractal approach to heterogeneous chemistry. John Wiley & Sons, Chichester, p. 11-43.
RICHARDSON, L.F. (1961) The problem of contiguity: An appendix of statistics of deadly quarrels. In Snow, S. (ed.) Fractal sinuosity of stream channels. Birkhäuser Verlag, Basel, Pageoph nº 131, p. 9-17.

——oOo——

**OUATTARA, TIDIANE (2001)** Modélisation de l'érosion hydrique en milieu semi-aride de forte énergie de relief à partir de données de télédétection : application à la Bolivie. Thèse de doctorat, Département de géographie et télédétection, Université de Sherbrooke, 170 p.

Codirecteurs : Jean-Marie M. Dubois et Q. Hugh J. Gwyn, Université de Sherbrooke
Courriel de l'auteur : touattara@hotmail.com

Les modèles de risques d'érosion hydrique concernant les milieux semi-arides surtout de forte énergie de relief sont quasi inexistants. Dans cette étude, nous proposons donc une modélisation des risques d'érosion hydrique pour ce type de milieu en utilisant des données de télédétection : le MEH-SAFER (Modèle d'Érosion Hydrique en milieu Semi-Aride de Forte Énergie de Relief). Il s'agit d'adapter un modèle, développé en zone semi-aride de faible énergie de relief, à un milieu semblable mais de forte énergie de relief.

Le MEH-SAFER repose sur l'adaptation du modèle de Lamachère et Guillet (MLG) (Burkina Faso) au bassin du lac Laka-Laka (Bolivie). En conservant le même principe de calcul du potentiel de ruissellement, nous avons amélioré la méthode d'acquisition des intrants afin d'éviter les erreurs liées à la topographie et au sol. Pour cela, nous avons conçu une méthode d'exploitation d'images satellitaires multisources (RSO de RADARSAT-1, $ETM^+$ de Landsat-7 et HRV de SPOT-4). Ensuite, nous avons remplacé l'esquisse géomorphologique par la carte de vulnérabilité topographique issue du MVT (modèle de vulnérabilité topographique), qui repose sur le MNA (modèle numérique d'altitude) et l'analyse discriminante. Enfin, nous avons validé la résultante du MEH-SAFER.

Plusieurs combinaisons de bandes multisources donnent des taux de classification de plus de 80 % pour la cartographie de l'occupation du sol. Nous avons par exemple les combinaisons entropie-$ETM^+2$-$ETM^+4$, corrélation-$ETM^+2$-$ETM^+4$, homogénéité-$ETM^+2$-$ETM^+4$, moyenne-$ETM^+2$-$ETM^+4$, écart type-$ETM^+2$-$ETM^+4$, image radar originale-$ETM^+2$-$ETM^+4$, dissimilarité-$ETM^+2$-$ETM^+4$ second moment angulaire-$ETM^+2$-$ETM^+4$, XS1-$ETM^+3$-$ETM^+4$ et XS2-$ETM^+3$-$ETM^+4$. Les taux de couverture végétale présentent une précision générale de 87 %. En somme, le MEH-SAFER est non seulement robuste car il donne une précision de 80 % mais il permet de mieux caractériser le bassin versant du lac Laka-Laka.

Sur 83 % du bassin, le potentiel de ruissellement est supérieur à 0,50 sur un maximum possible de 1. Cependant, sur 17 % du bassin, le potentiel varie de 0 à 0,42, ce qui s'explique par les caractéristiques hydrodynamiques des différents types d'unités géoécologiques qui s'y trouvent. La vulnérabilité topographique, elle, est généralement inférieure 0,25 (83 % du bassin). Somme toute, 73 % de la superficie du bassin a une susceptibilité à l'érosion hydrique comprise entre 0,25 et 0,50.

Cette étude a été initiée à cause d'une forte sédimentation dans le réservoir du Laka-Laka. Les résultats obtenus révèlent qu'en général la zone d'étude n'est pas particulièrement vulnérable à l'érosion hydrique et que le taux de sédimentation observé est une conséquence naturelle des conditions morphoclimatiques du bassin de drainage.

La contribution fondamentale de l'étude est le développement du MEH-SAFER. Celui-ci présente plusieurs originalités tant au plan de l'exploitation des images satellitaires qu'à celui des données topographiques et auxiliaires. MEH-SAFER est un outil précurseur de la modélisation de l'érosion hydrique en milieu semi-aride de forte énergie de relief, mais il reste un outil de zonage des risques. Il est donc recommandé d'en faire un modèle de quantification des pertes de sols et de production de sédiments.

——oOo——