

## Les eaux du delta du Danube : approche géographique par télédétection satellitaire

Thèse présentée par Fábio Nór GÜTLER le 10 décembre 2012 à l'Institut Universitaire Européen de la Mer

### Jury composé de :

Francis GOHIN, Chercheur à l'IFREMER / *examinateur*

Ion GRIGORAS, Chercheur à l'Institut National du Delta du Danube (Roumanie) / *examinateur*

Claude KERGOMARD, Professeur des Universités à l'École Nationale Supérieure / *rapporteur*

Yannick LAGEAT, Professeur des Universités à l'Université de Bretagne Occidentale / *directeur de thèse*

Simona NICULESCU, Maître de conférences à l'Université de Bretagne Occidentale / *tutrice de thèse*

Laurent TOUCHART, Professeur des Universités à l'Université d'Orléans / *rapporteur*

## Résumé

---

Classiquement étudié par différentes disciplines scientifiques, le domaine de l'eau est au cœur des préoccupations environnementales contemporaines. En Europe, l'évaluation et le suivi de l'état écologique des "masses d'eau" sont désormais exigés par la législation communautaire, la directive cadre sur l'eau (DCE - 2000/60/CE) fixant des objectifs pour leur préservation ou leur restauration le cas échéant. Dans ce contexte, des expériences d'utilisation de l'imagerie satellitaire en appui au suivi écologique des eaux se sont succédées en Europe, notamment pour les masses d'eau côtières et pour les grands lacs. Malgré cela, la précision spatiale de l'imagerie utilisée pour ce type de suivi ne permet pas l'observation fine de secteurs littoraux très proches de la côte ou de lacs avec une surface réduite (par ex. inférieure à 5 km<sup>2</sup>). Pour ces espaces aquatiques particuliers, pourtant très nombreux, l'utilisation de la télédétection satellitaire est moins sollicitée.

Cette recherche doctorale a été réalisée sur une zone littorale réunissant plusieurs de ces espaces aquatiques peu investigués par la télédétection satellitaire. Situé à la frontière orientale de l'Europe et à distance égale du pôle nord et de la ligne de l'équateur, le delta du Danube, en tant qu'espace naturel remarquable, bénéficie de différents statuts de protection (réserve de biosphère, site RAMSAR, patrimoine mondial naturel de l'UNESCO). Ceux-ci s'expliquent en grande partie par la forte diversité d'espaces aquatiques aussi bien sur la plaine deltaïque que sur la zone côtière adjacente (bras de fleuve, chenaux, lacs, baies, golfes, marais, îles-barrières). Ce continuum hétérogène, constituant l'hydrosystème du delta du Danube, et son prolongement en mer côtière, sont l'objet principal de ce doctorat. La notion d'échelle occupe une place centrale dans notre démarche d'analyse puisque l'on est à l'intersection de deux grands systèmes (le bassin versant du Danube et la mer Noire) dont les étendues sont de deux ordres de grandeurs plus vastes que celle du delta ; la dimension temporelle est aussi fondamentale dans la mesure où les processus de morphogénèse et de remaniement (naturels et anthropiques) se font fortement ressentir et se traduisent par une mobilité importante des formes de relief ainsi que des éléments de l'hydrographie deltaïque. Au delà des évolutions sur le moyen et long terme, la variabilité spatio-temporelle contemporaine des eaux au pas de temps intra-annuel (saisonnier et intra-saisonnier), jusque-là peu étudiée, a également été appréhendée dans cette thèse.

Par son côté exploratoire, la mise en place d'une chaîne de traitements d'images satellitaires adaptée à l'étude des eaux deltaïques représente, en soi, l'objectif méthodologique principal de ce doctorat. Dans cette voie, différents lots d'images ont été mobilisés : en fonction des fluctuations du niveau d'eau du Danube, nous avons retenu la période 2006-2009, étudiée à travers un total de 85 images satellitaires, dont 52 à moyenne résolution spatiale (MERIS) et 33 à haute résolution spatiale (ALOS AVNIR-2, SPOT HRVIR, Landsat TM et ETM+) ; à ce premier lot s'ajoute une soixantaine de prises de vue "historiques" couvrant la période comprise entre 1972 et 2005 (capteurs de la série Landsat MSS, TM et ETM+), ainsi

que, pour la période plus récente, cinq images Landsat TM de 2010 et 2011. Trois procédés distincts mais complémentaires ont été mis en œuvre pour traiter cet ensemble hétérogène d'images. L'analyse intégrée des résultats obtenus avec des données hydrologiques et météo-océanographiques nous a permis d'apporter des nouveaux éléments de compréhension sur le fonctionnement actuel et passé du delta du Danube.

**Mots-clés** : Delta du Danube, Mer Noire, Télédétection satellitaire, Système d'Information Géographique, Analyse spatiale, Hydrosystème, Turbidité, Phytoplancton, Macrophytes.