

Extraction de surfaces d'eau par télédétection radar : Apport de la très haute résolution spatiale

Cécile Cazals^{1,2}, Pierre-Louis Frison¹, Grégoire Mercier³, Jean-Paul Rudant¹

¹ Université Paris-Est, LaSTIG/MATIS, 73 avenue de Paris, 94160 Saint-Mandé

² GISWAY, 55 Rue La Boétie, Paris 75008

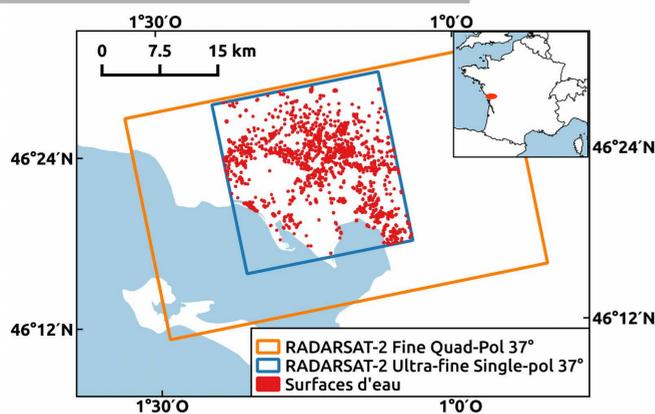
³ CNRS UMR 6285 Lab-STICC, TELECOM Bretagne, Technopole Brest-Iroise, Brest Cedex 29238

Contexte

- ★ Besoin de connaître l'**étendue spatiale des surfaces en eau régulièrement** pour l'écologie (zones humides), l'étude de l'hydro-morphologie, le suivi des inondations etc...
- ★ 2014, révolution dans la télédétection radar satellitaire : Sentinel-1 acquiert des données très régulièrement (~ **1 image tous les 6 jours** sur l'Europe) avec une résolution moyenne (20m et une taille de pixels de 10m).
- ★ Besoin de mieux connaître la qualité des extractions de surfaces en eau détectées par le radar selon la résolution du capteur.

=> Cette étude propose les résultats préliminaires d'une étude comparant l'utilisation des capteurs radar satellitaires RADARSAT-2 et Sentinel-1 de résolutions spatiales différentes pour la détection des surfaces d'eau.

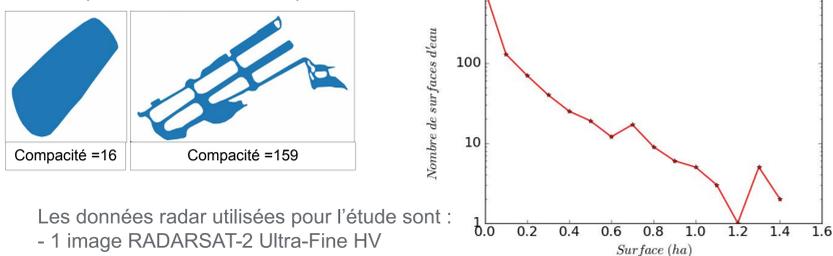
Site d'étude et données



Les surfaces d'eau utilisées pour estimer la qualité des résultats sont celles du thème hydrographique de la BD TOPO® (IGN). Les **surfaces d'eau permanentes** sont sélectionnées selon leur indice de compacité:

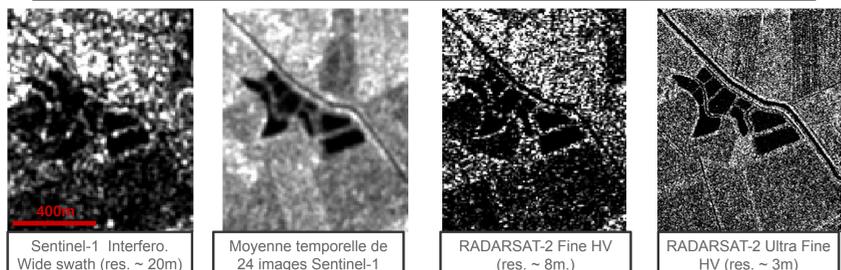
$$\frac{\text{Périmètre}^2}{\text{Aire}} < 100$$

La base de données est enrichie par d'autres surfaces d'eau numérisées sur des images optiques Sentinel-2 récentes (2016) afin d'améliorer son exhaustivité. La base de données finale contient **1177 polygones de validation**. La distribution des surfaces d'eau en fonction de leur superficie est donnée ci-après.



- Les données radar utilisées pour l'étude sont :
- 1 image RADARSAT-2 Ultra-Fine HV
 - 1 images RADARSAT-2 Fine HV
 - 1 image Sentinel-1
 - 1 moyenne de 24 images Sentinel-1 (2015)

	Sentinel-1A/B	RADARSAT-2	
Longueur d'onde	5,6 cm (bande C)	5,6 cm (bande C)	
Période de revisite (jour)	12-6	24	
Mode/Polarisation	IW-VV/VH	Fine - Quad Pol	Ultra Fine - HV
Emprise des images (km)	250 x 200	30 x 50	20 x 20
Résolution (sl. rg.xaz.) (m)	3.1x21.7	5.3x7.7	2.75x1.6
Taille Pixel (sl rg x az) (m)	2.3x17.4	4.7x5.7	1.3x2.1
Incidence	38°	37°	37°
Date	11/04/2016	10/04/2016	28/05/2016



Méthode

Les données Single Look Complex RADARSAT-2 et Sentinel-1 sont pré-traitées (calibration, filtrage, géo-codage, ortho-rectification). La moyenne temporelle des images Sentinel-1 est issue d'images GRDH. Pour l'étude seule la polarisation HV est utilisée.

Calcul des seuils

Les régions d'intérêt sont saisies par photo-interprétation sur l'image RADARSAT-2 Ultra-Fine. L'histogramme des classes « eau » et « autre » sur RADARSAT-2 Ultra-Fine est présenté ci-contre.

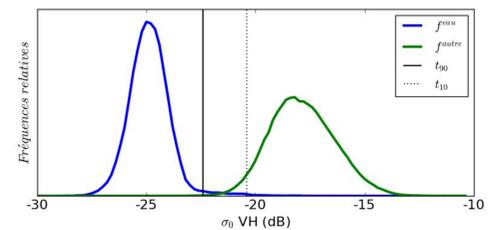
Fréquences relatives : $f^k(\sigma^\circ) = \frac{n^k(\sigma^\circ)}{\int n^k(\sigma^\circ) d\sigma^\circ}$, n étant le nombre d'occurrences et k l'eau ou autre.

Deux seuils $t_{10\%}$ et $t_{90\%}$ sont définis tel que :

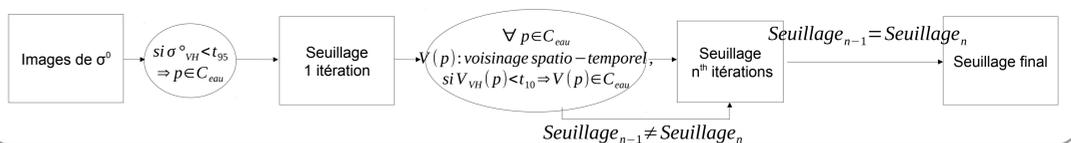
$$\frac{f^{eau}(t_{10\%})}{f^{eau}(t_{10\%}) + f^{autre}(t_{10\%})} = 0.1 \quad \text{et} \quad \frac{f^{eau}(t_{90\%})}{f^{eau}(t_{90\%}) + f^{autre}(t_{90\%})} = 0.9$$

Les probabilités de détection (P_D) et de fausse alarme (P_{FA}) correspondantes aux deux seuils sont calculés de la manière suivante :

$$P_D = \frac{\int_{-\infty}^t f^{eau}(\sigma^\circ) d\sigma^\circ}{\int_{-\infty}^t f^{eau}(\sigma^\circ) d\sigma^\circ + \int_{-\infty}^t f^{autre}(\sigma^\circ) d\sigma^\circ}; \quad P_{FA} = \frac{\int_{-\infty}^t f^{autre}(\sigma^\circ) d\sigma^\circ}{\int_{-\infty}^t f^{eau}(\sigma^\circ) d\sigma^\circ + \int_{-\infty}^t f^{autre}(\sigma^\circ) d\sigma^\circ}$$



Application du seuillage par hystérésis

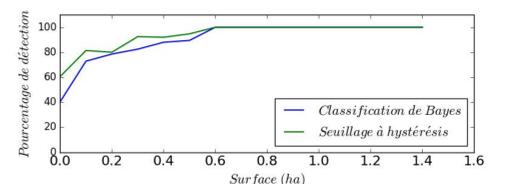


Résultats

	Seuil t_{10}			Seuil t_{90}		
	Valeur (dB)	$P_{\text{Fausse Alarme}}$ (%)	$P_{\text{Détection}}$ (%)	Valeur (dB)	$P_{\text{Fausse Alarme}}$ (%)	$P_{\text{Détection}}$ (%)
S1	-21.92	1.30	99.54	-23.54	0.008	98.08
S1 moyenne	-20.91	0.42	99.30	-21.72	0.0	98.75
RS2 Fine	-26.16	0.04	97.60	-26.36	0.02	97.47
RS2 Ultra-Fine	-20.3	2.70	99.63	-22.32	0.06	98.05

Performance de la méthode

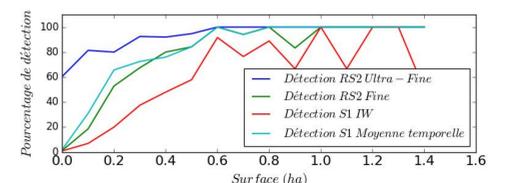
Étude réalisée avec image RS2 Ultra-Fine. Détection avec seuillage à hystérésis meilleure que classification de Bayes.



Comparaison des capteurs

La résolution du capteur influence très fortement la détection des surfaces d'eau.

On remarque que le filtrage temporel permet d'augmenter sensiblement cette détection.



Cadre de la thèse

- Thèse CIFRE LaSTIG (IGN/UPEM) / GISWAY (2014-2017)
- <http://www.gis-way.com/>
- Direction : P.-L. Frison, J.-P. Rudant
- Cecile.Cazals@u-pem.fr



Conclusion et perspectives

- ★ Moyenne temporelle images S-1 très performante.
- ★ Une image Sentinel-1 permet de détecter une surfaces d'eau si surface ~ 1 ha.
- ★ Méthode de seuillage semble très prometteuse mais nécessite de prendre en compte la sur détection.
- ★ Il est à noter que certains champs en avril sont très semblables à de l'eau.

Perspectives :

- ★ Prendre en compte la potentielle sur-détection dans l'établissement des seuils.
- ★ Moyenne temporelle Sentinel-1 réalisée à partie de données SLC coregistrées avec une taille de pixels inférieure
- ★ Étude pour déterminer la meilleure période pour séparer l'eau des autres surfaces terrestres.

Bibliographie

Cazals, C., Rapinel, S., Frison, P. L., Bonis, A., Mercier, G., Mallet, C., ... & Rudant, J. P. (2016). Mapping and Characterization of Hydrological Dynamics in a Coastal Marsh Using High Temporal Resolution Sentinel-1A Images. *Remote Sensing*, 8(7), 570.
 Boni, G.; Ferraris, L.; Pulvirenti, L.; Squicciarino, G.; Pierdicca, N.; Candela, L.; Pisani, A.R.; Zoffoli, S.; Onori, R.; Proietti, C.; et al. (2016). A prototype system for flood monitoring based on flood forecast combined with COSMO-SkyMed and Sentinel-1 data. *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Observ. Remote Sens.* 99, 1–12.
 Matgen, P., Hostache, R., Schumann, G., Pfister, L., Hoffmann, L., & Savenije, H. H. G. (2011). Towards an automated SAR-based flood monitoring system: Lessons learned from two case studies. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 36(7), 241-252.