

Détection de l'eau dans les images radar du futur satellite SWOT

Sylvain Lobry¹

1 - Télécom ParisTech - LTCI

2 - CNES

3 - Laboratoire Hubert Curien - Université de Saint-Etienne

Colloque radar, SFPT

01/06/2017

Financé par **Futur & Ruptures** et le **CNES**

Roger Fjørtoft²

Loïc Denis³

Florence Tupin¹

Contexte

- L'étude de la dynamique des eaux est un sujet important.
- Récemment, données spatiales utilisées en plus de données acquises *in situ*.
- \Rightarrow mission SWOT.
- Objectifs:
 - Surveiller l'évolution des hauteurs d'eau des lacs et rivières.
 - Détecter des changements.
 - Rivières de largeur $> 100m$.
 - Lacs avec une surface $> 250 \times 250m^2$.

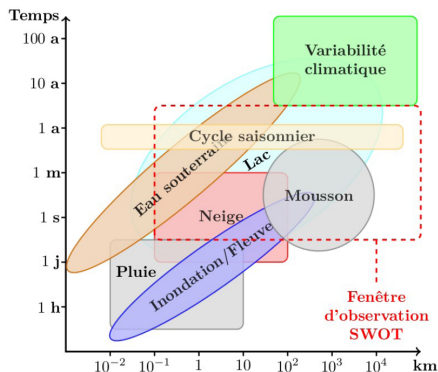


Diagramme temps/espace des processus hydrologiques

Contexte

Objectif

Détecter l'eau dans les images SWOT pour pouvoir estimer les hauteurs ensuite.

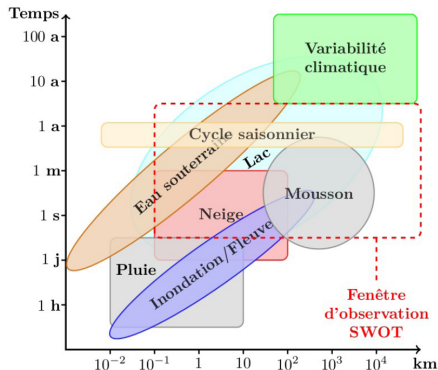
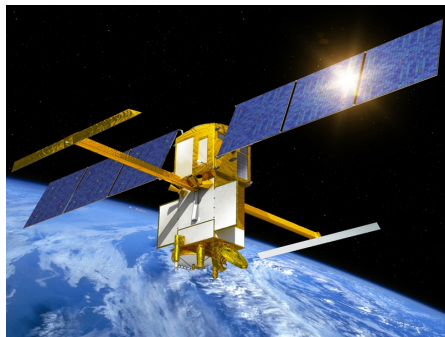


Diagramme temps/espace des processus hydrologiques

SWOT

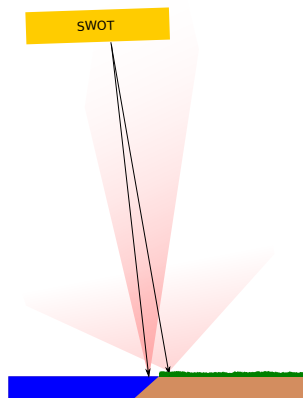
- Instrument principal: KaRIn (“Ka-band Radar Interferometer”):
 - Ka-band: $f = 35.75\text{GHz}$,
 $\lambda = 8.3\text{mm}$.
 - Angle d’incidence proche nadir: 0.6° à 3.9° .
 - Résolution: $5\text{m} \times 70\text{m}$ à $5\text{m} \times 10\text{m}$.
- Paramètres d’acquisition inhabituels \implies besoin de nouvelles méthodes.



SWOT.

SWOT

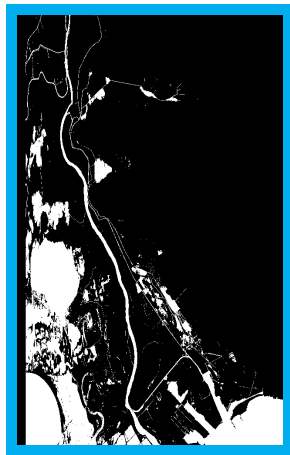
- Instrument principal: KaRIn (“Ka-band Radar Interferometer”):
 - Ka-band: $f = 35.75\text{GHz}$,
 $\lambda = 8.3\text{mm}$.
 - Angle d’incidence proche nadir: 0.6° à 3.9° .
 - Résolution: $5\text{m} \times 70\text{m}$ à $5\text{m} \times 10\text{m}$.
- Paramètres d’acquisition inhabituels \implies besoin de nouvelles méthodes.



Eau et terre avec SWOT.

1. Introduction
2. Expression du problème
3. Modèles Markoviens
 - 3.1 Modèle classique
 - 3.2 Estimation locale par région
 - 3.3 Estimation locale dense
4. Résultats
5. Conclusion

Expression du problème

 v  u

$$u_i = \begin{cases} 0 & \text{si terre} \\ 1 & \text{si eau} \end{cases}$$

Expression du problème

 v  u

$$u_i = \begin{cases} 0 & \text{si terre} \\ 1 & \text{si eau} \end{cases}$$

Plan

1. Introduction
2. Expression du problème
3. Modèles Markoviens
 - 3.1 Modèle classique
 - 3.2 Estimation locale par région
 - 3.3 Estimation locale dense
4. Résultats
5. Conclusion

Modèle classique

- Objectif: détecter l'eau



Image SWOT simulée (v).

Modèle classique

- Objectif: détecter l'eau
- Champs de Markov (MRF).
- Débruitage puis classification.
- Segmentation: contours actifs, détection de contours...



Image SWOT simulée (v).

Modèle classique

- Objectif: détecter l'eau
- Champs de Markov (MRF).
- Énergie

$$\mathcal{E}(\mathbf{u}) = \sum_i \text{DT}(\mathbf{v}_i, \mathbf{u}_i) + \beta \sum_{(i,j)} \psi(\mathbf{u}_i, \mathbf{u}_j)$$



Image SWOT simulée (\mathbf{v}).

Modèle classique

- Objectif: détecter l'eau
- Champs de Markov (MRF).
- Énergie

$$\mathcal{E}(\mathbf{u}) = \sum_i \text{DT}(\mathbf{v}_i, \mathbf{u}_i) + \beta \sum_{(i,j)} \psi(\mathbf{u}_i, \mathbf{u}_j)$$

- Attache aux données:

$$\text{DT}(\mathbf{v}_i, \mathbf{u}_i) = 2 \log(\mu_{\mathbf{u}_i}) + \frac{v_i^2}{\mu_{\mathbf{u}_i}^2},$$

avec $\mu_{\mathbf{u}_i}$ la réflectivité calculée sur \mathbf{v} à l'aide de \mathbf{u} .



Calcul des paramètres.

Modèle classique

- Objectif: détecter l'eau
- Champs de Markov (MRF).
- Énergie

$$\mathcal{E}(\mathbf{u}) = \sum_i \text{DT}(\mathbf{v}_i, \mathbf{u}_i) + \beta \sum_{(i,j)} \psi(\mathbf{u}_i, \mathbf{u}_j)$$

- *A priori*: modèle d'Ising sur le voisinage:

$$\psi(a, b) = \begin{cases} 1 & \text{si } a \neq b \\ 0 & \text{si } a = b \end{cases}$$



Image SWOT simulée (\mathbf{v}).

Modèle classique

- Objectif: détecter l'eau
- Champs de Markov (MRF).
- Énergie

$$\mathcal{E}(\mathbf{u}) = \sum_i \text{DT}(\mathbf{v}_i, \mathbf{u}_i) + \beta \sum_{(i,j)} \psi(\mathbf{u}_i, \mathbf{u}_j)$$

- β règle la régularisation.



Image SWOT simulée (\mathbf{v}).

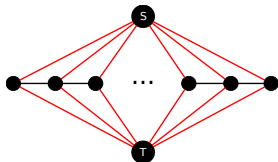
Optimisation avec une coupe dans un graphe

$$\mathcal{E}(\mathbf{u}) = \sum_i \text{DT}(v_i, u_i) + \beta \sum_{(i,j)} \psi(u_i, u_j)$$

avec:

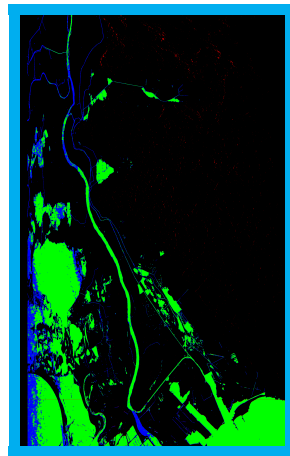
$$\psi(a, b) = \begin{cases} 1 & \text{si } a \neq b \\ 0 & \text{si } a = b \end{cases}$$

Recherche du minimum de $\mathcal{E}(\mathbf{u}) \iff$ recherche de coupe minimale dans:



Construction du graphe pour l'optimisation d'un modèle d'Ising (ici dans le cas 1D).

Résultat modèle simple

 v  U_{Parfait}  u

Légende:

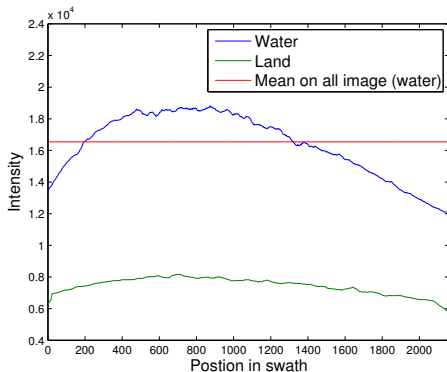
Vrai positif

Vrai négatif

Faux positif

Faux négatif

Problème



Évolution moyenne des paramètres de classe à travers la fauchée.

Problème



Variations locales dues au vent ou à la topographie

Problème



V

Estimation des paramètres



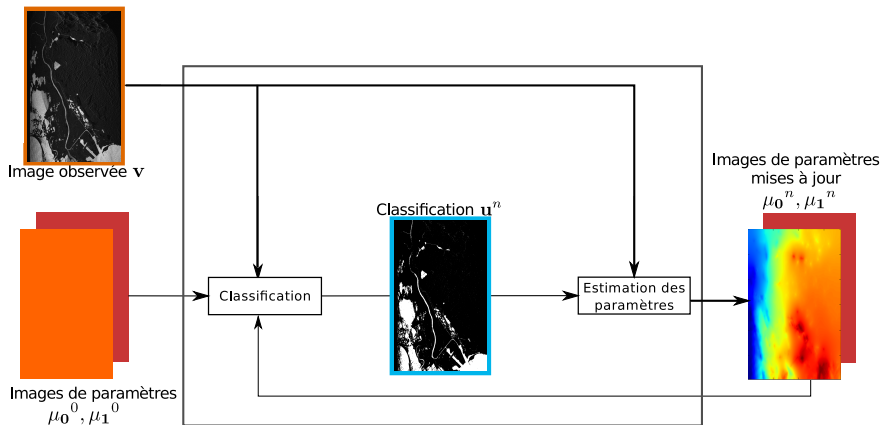
Paramètres constants

Estimation des paramètres



Paramètres variables

Estimation des paramètres

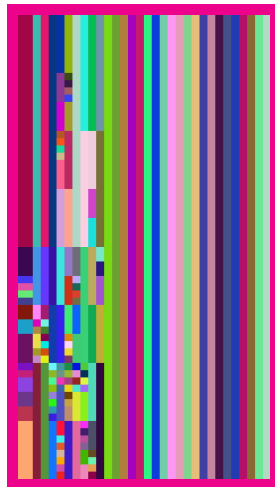


Principe des méthodes avec estimation des paramètres

Éstimation locale par région



v

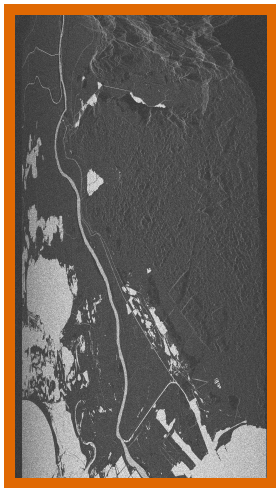
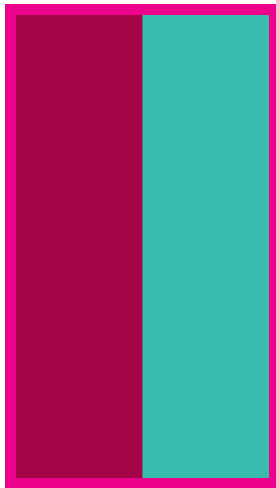


partition

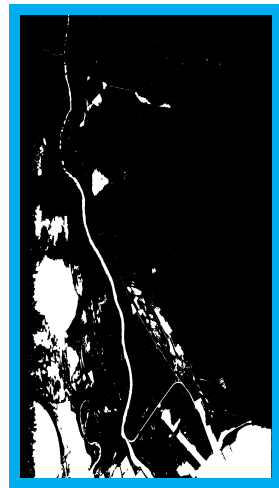
Éstimation locale par région

- Définition itérative de la partition.
- Régions doivent être:
 - Assez grandes (pour que l'estimation soit bonne).
 - Assez petites (pour capturer les variations).
- Partitionnement selon quad-tree.
- Paramètres estimés localement dans chaque région.
- Régularisation par rapport aux paramètres théoriques pour éviter des cas divergents.

Éstimation locale par région

 v 

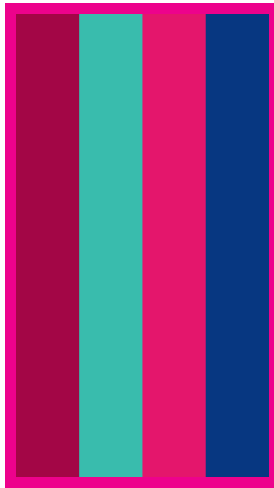
partition 0

 u_0

Éstimation locale par région



v

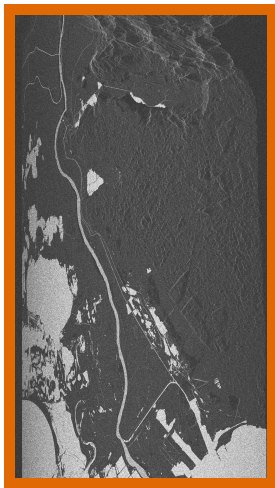
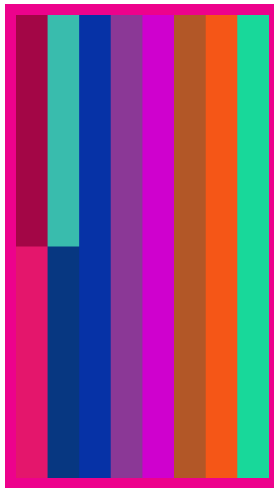


partition 1



u_1

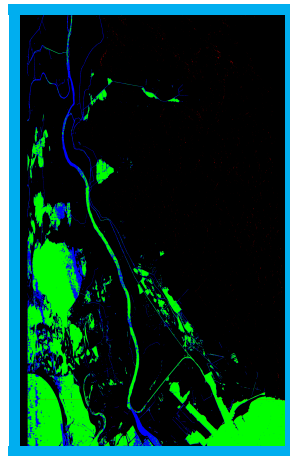
Éstimation locale par région

 v 

partition 2

 u_2

Résultat modèle région

 v  u_{Parfait}  u

Légende:

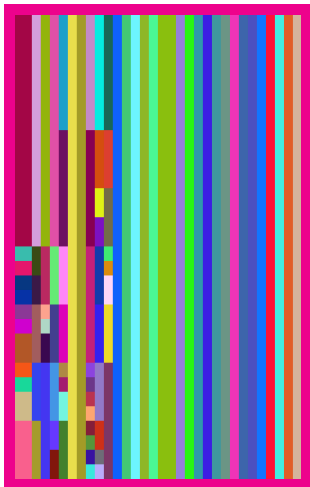
Vrai positif

Vrai négatif

Faux positif

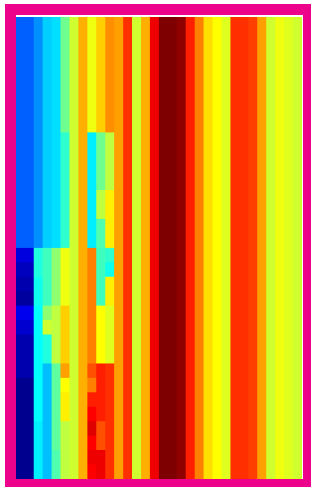
Faux négatif

Estimation locale dense



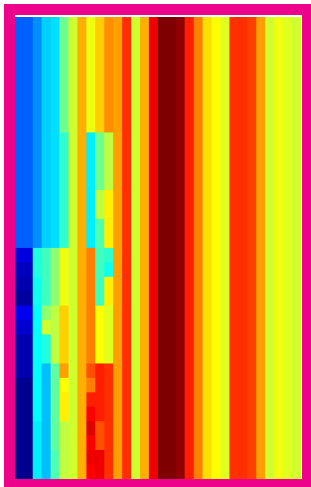
Partition

Estimation locale dense

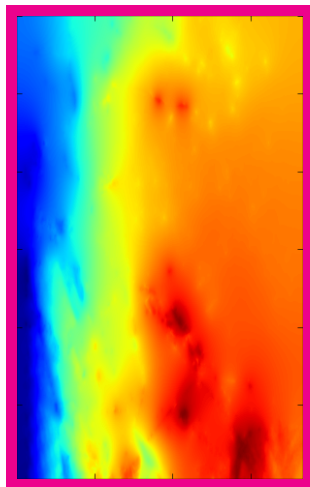


Paramètres estimés
(méthode région)

Estimation locale dense



Paramètres estimés
(méthode région)



Estimation dense

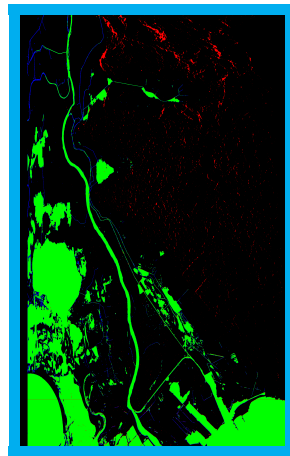
Estimation locale dense

Pour le calcul de la carte de paramètre de la classe eau ($u_i = 1$), avec $\tilde{x} = \log(x)$, et p_i la valeur du paramètre en case i selon le diagramme d'antenne:

$$\begin{aligned}
 \mathcal{E}_{param}(\tilde{\mu}_1) &= u_i(\mu_{1,i}^{\tilde{}} - \tilde{v}_i)^2 \\
 &+ \beta_h \sum_{(i,j) \in \mathcal{N}_h} (\mu_{1,i}^{\tilde{}} - \mu_{1,j}^{\tilde{}})^2 \\
 &+ \beta_v \sum_{(i,j) \in \mathcal{N}_v} (\mu_{1,i}^{\tilde{}} - \mu_{1,j}^{\tilde{}})^2 \\
 &+ \beta_{antenne} \sum_i (\mu_{1,i}^{\tilde{}} - \tilde{p}_i)^2
 \end{aligned}$$

Optimisation avec gradients conjugués.

Résultat modèle dense

 v  u_{Parfait}  u

Légende:

Vrai positif

Vrai négatif

Faux positif

Faux négatif

Plan

1. Introduction
2. Expression du problème
3. Modèles Markoviens
 - 3.1 Modèle classique
 - 3.2 Estimation locale par région
 - 3.3 Estimation locale dense
4. Résultats
5. Conclusion

Camargue



V

U_{Parfait}

Légende:

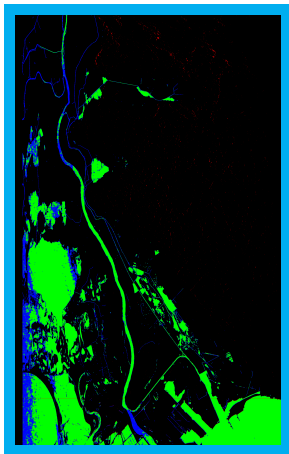
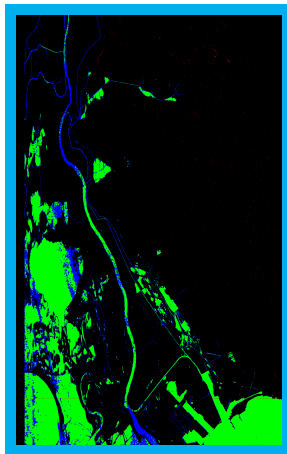
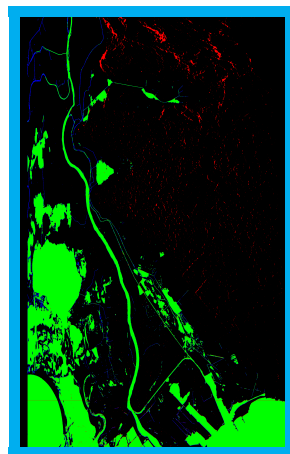
Vrai positif

Vrai négatif

Faux positif

Faux négatif

Résultats Camargue

SimpleRegionDense

Légende:

Vrai positif

Vrai négatif

Faux positif

Faux négatif

Résultats Camargue

	Simple	Region	Dense
TPR	78%	78.64%	92.98%
FPR	0.27%	0.17%	1.12%
MCC	0.85	0.86	0.92
ER	23.65%	22.21%	12.71%

$$\text{Taux de vrai positif: TPR} = \frac{TP}{TP + FN}$$

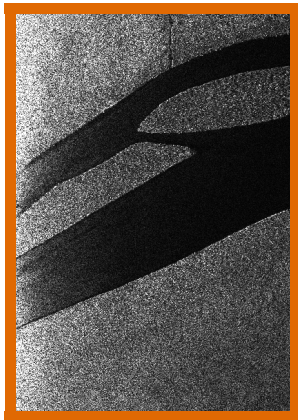
$$\text{Taux de faux positif: FPR} = \frac{FP}{FP + TN}$$

$$\text{MCC} = \frac{TP \times TN - FP \times FN}{\sqrt{(TP + FP)(TP + FN)(TN + FP)(TN + FN)}}$$

$$\text{Taux d'erreur: ER} = \frac{FP + FN}{TP + FN}$$

Résultats sur Kaw

Campagne TropiSAR (système aéroporté SETHI, Onera).



v



*u*Parfait

Légende:

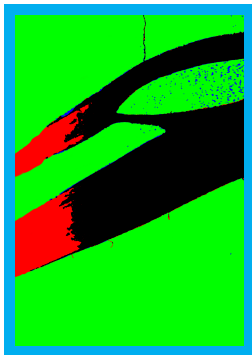
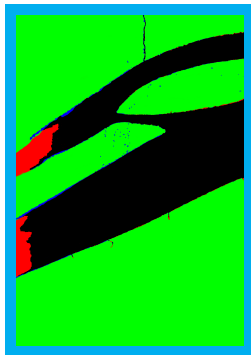
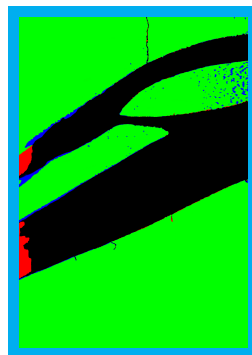
Vrai positif

Vrai négatif

Faux positif

Faux négatif

Résultats Kaw

 u Simple u Region u Dense

Légende: Vrai positif Vrai négatif Faux positif Faux négatif

Résultats Kaw

	Simple	Region	Dense
TPR	99.00%	99.14%	98.25%
FPR	21.30%	7.45%	3.31%
MCC	0.87	0.93	0.95
ER	11.37%	4.49%	3.36%

$$\text{Taux de vrai positif: TPR} = \frac{TP}{TP + FN}$$

$$\text{Taux de faux positif: FPR} = \frac{FP}{FP + TN}$$

$$\text{MCC} = \frac{TP \times TN - FP \times FN}{\sqrt{(TP + FP)(TP + FN)(TN + FP)(TN + FN)}}$$

$$\text{Taux d'erreur: ER} = \frac{FP + FN}{TP + FN}$$

Plan

1. Introduction
2. Expression du problème
3. Modèles Markoviens
 - 3.1 Modèle classique
 - 3.2 Estimation locale par région
 - 3.3 Estimation locale dense
4. Résultats
5. Conclusion

Résumé et travaux futurs

Résumé:

- Trois modèles pour la détection de zones compactes (principalement type lacs).
- Algorithmes dédiés aux images SWOT.
- Performances améliorées, mais temps de calcul plus long.
- Applicables lorsque le diagramme d'antenne ne peut pas être corrigé ou qu'il y a de fortes variations locales.

Travaux futurs:

- Travailler sur le multi-temporel.
- Utiliser la phase.

Questions ?