



Imagerie SAR et environnement

F. Tupin, J.-M. Nicolas





- **Généralités**
- **La mission BIOMASS**
- **La mission SWOT**



Applications environnementales de la télédétection

■ Plusieurs défis environnementaux

Changement climatique

Bio-diversité

Ressources

Risques sanitaires et
environnementaux

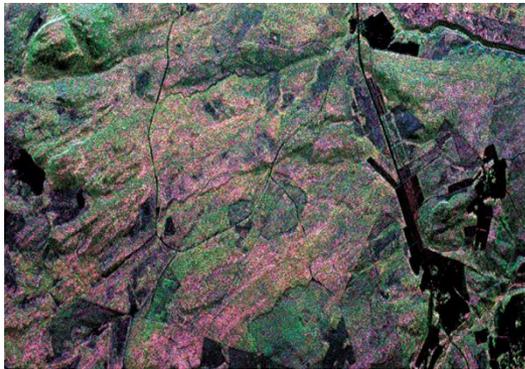
Applications environnementales de la télédétection

Changement climatique

Météorologie

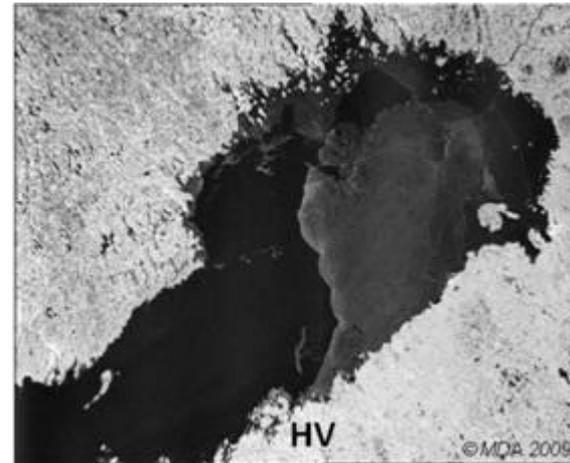
Océan

Bilan carbone



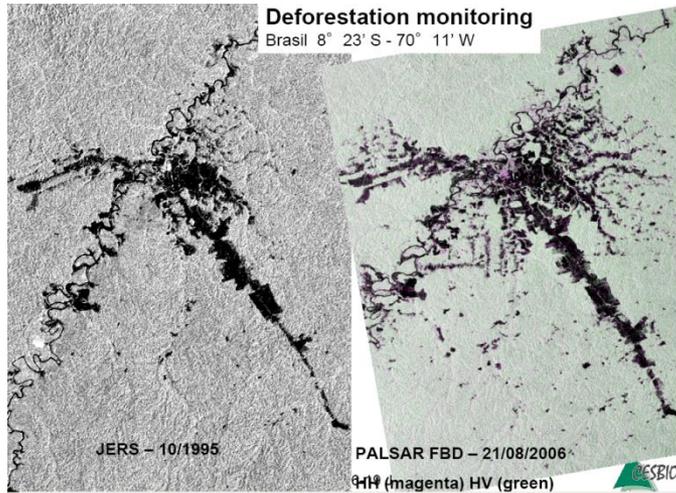
Biomasse, forêts,... (**BIOMASS**, ...)

Surveillance des glaces
(RadarSAR, ENVISAT)

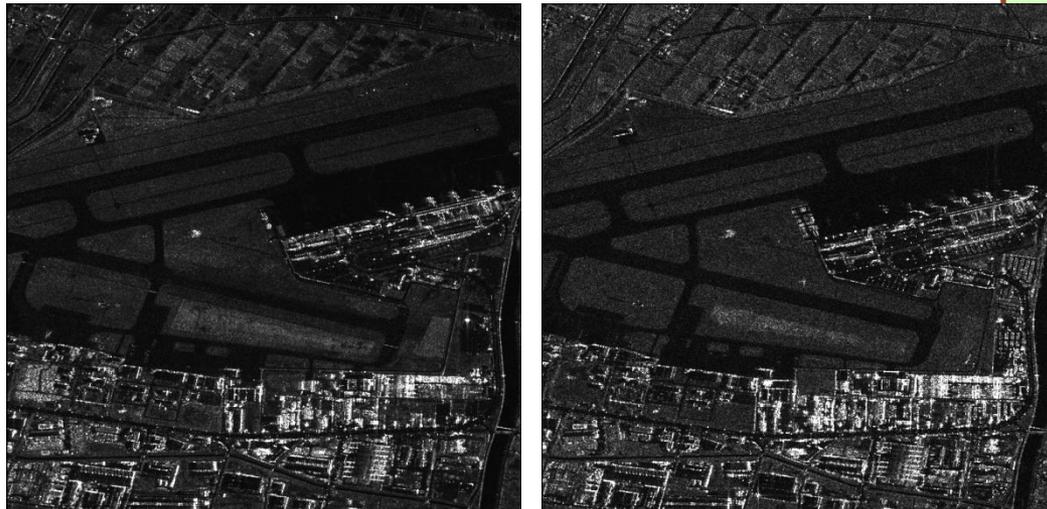


Océan, hydrologie,...
(**SWOT**, ...)

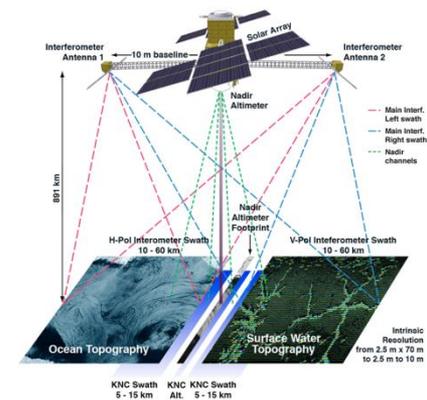
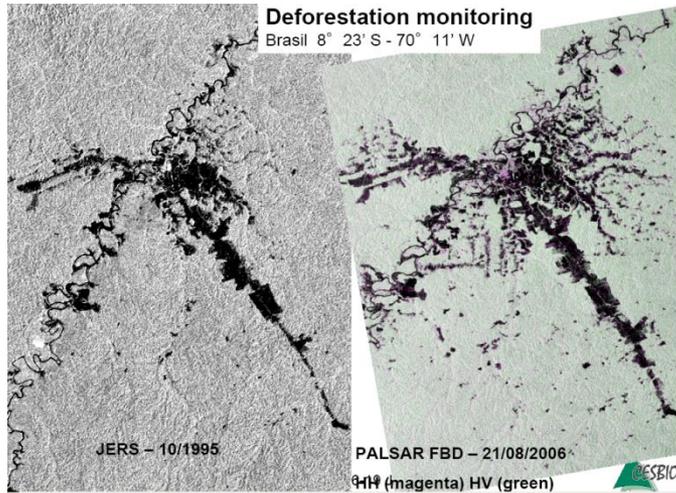
Applications environnementales de la télédétection



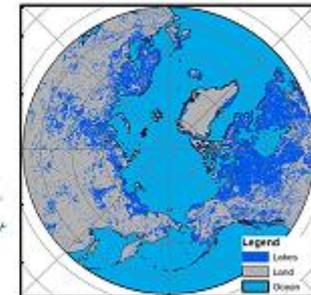
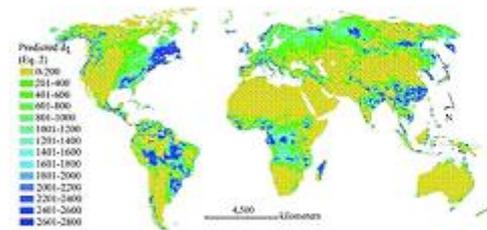
Bio-diversité
Cartes d'occupation des sols
Forêt, végétation
Suivi de l'artificialisation



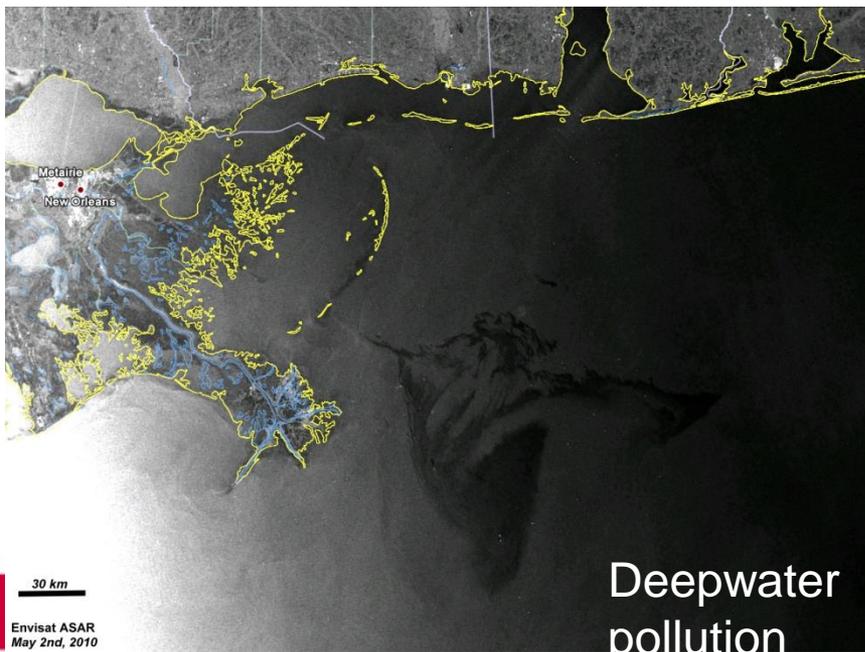
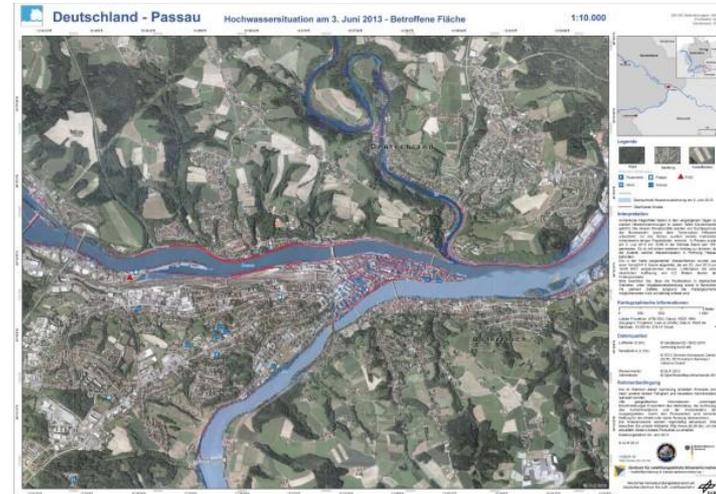
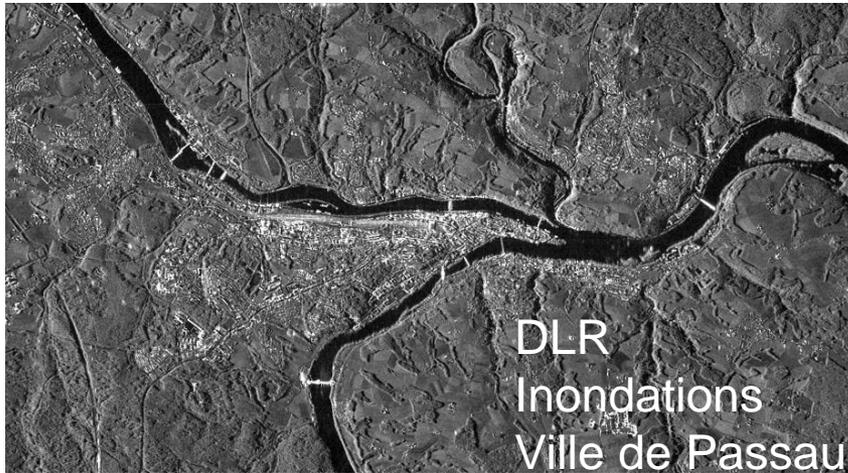
Applications environnementales de la télédétection



Ressources



Applications environnementales de la télédétection



Risques sanitaires et
environnementaux



- **Généralités**

- **La mission BIOMASS**

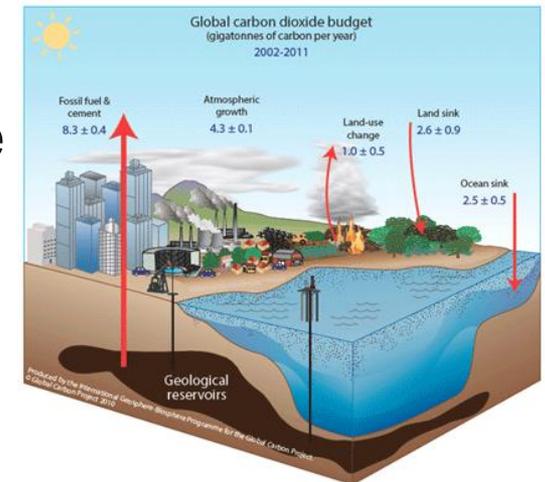
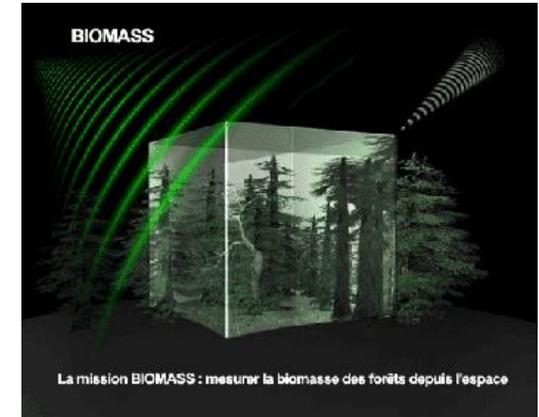
- **La mission SWOT**



La mission BIOMASS (ESA, 2020)

■ Objectifs de la mission

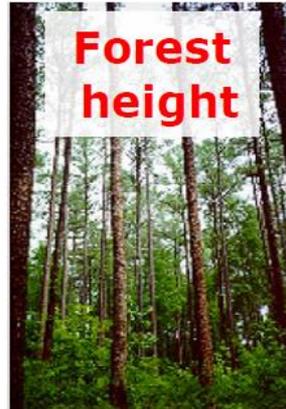
- Donner une cartographie globale bi-annuelle de la hauteur des forêts et de la biomasse (estimation des stocks de carbone terrestre)
- Réduire l'incertitude dans le cycle global du carbone
- Application des traités internationaux



Biomasse: poids de matière végétale sèche / unité de surface, contient 50% de carbone



**Above-ground biomass
(tons/hectare)**



**Upper canopy height
(meter)**



**Areas of forest
clearing (hectare)**

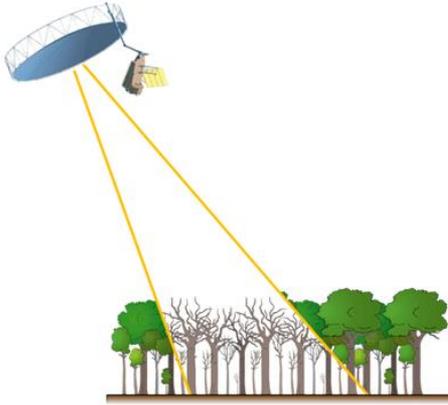
- 200 m resolution
- 1 map every 6 months
- global coverage of forested areas
- accuracy of 20%, or 10 t ha⁻¹ for biomass < 50 t ha⁻¹

- 200 m resolution
- 1 map every 6 months
- global coverage of forested areas
- accuracy of 20-30%

- 50 m resolution
- 1 map every 6 months
- global coverage of forested areas
- 90% classification accuracy

©http://seom.esa.int/polinsar-biomass2015/files/D4S1_BIOMASS_Mission_2.pdf

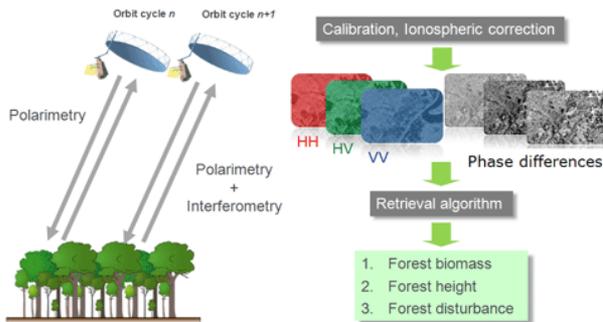
La mission BIOMASS



■ Spécifications de la mission

- Radar en bande P (70cm de longueur d'onde)
- Pénétration du couvert végétal
- Radar polarimétrique (contributions différentes canopé/tronc/sol)
- Configurations interférométriques (PolInSAR): volume de la végétation
- Temps de revisite 25 jours

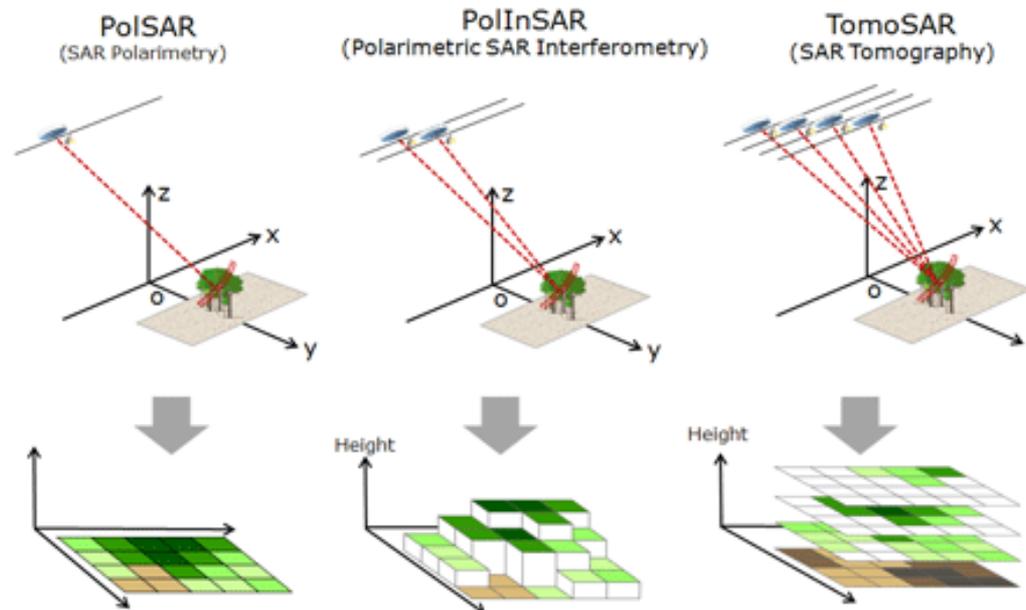
Un seul satellite en bande P peut fournir à la fois une couverture polarimétrique et interférométrique



La mission BIOMASS

■ Trois types d'informations

Un seul satellite en bande P peut fournir 3 types d'information sur la biomasse



La mission BIOMASS

■ Modèle RVoG (Random Volume over Ground)

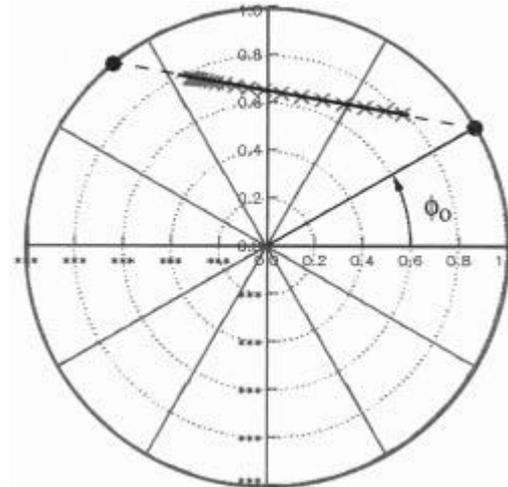
- Calcul de la matrice de covariance empirique
- Calcul des cohérences PolInSAR
- Méthode graphique permettant de remonter aux paramètres de biomasse (droite de la cohérence PolInSAR intersectant le cercle unité pour la phase hauteur du sol)

$$\mathbf{u}_p = [S_p^{HH}, \sqrt{2} S_p^{HV}, S_p^{VV}]^T$$

$$\mathbf{k} = [\mathbf{u}_1^T, \mathbf{u}_2^T]^T$$

$$\mathbf{\Upsilon} = \langle \mathbf{k} \mathbf{k}^\dagger \rangle = \begin{bmatrix} T_1 & \Omega \\ \Omega^\dagger & T_2 \end{bmatrix}$$

$$\tilde{\gamma}(\vec{w}_1, \vec{w}_2) = \frac{\langle \vec{w}_1^\dagger [\Omega_{12}] \vec{w}_2 \rangle}{\sqrt{\langle \vec{w}_1^\dagger [T_{11}] \vec{w}_1 \rangle \langle \vec{w}_2^\dagger [T_{22}] \vec{w}_2 \rangle}}$$

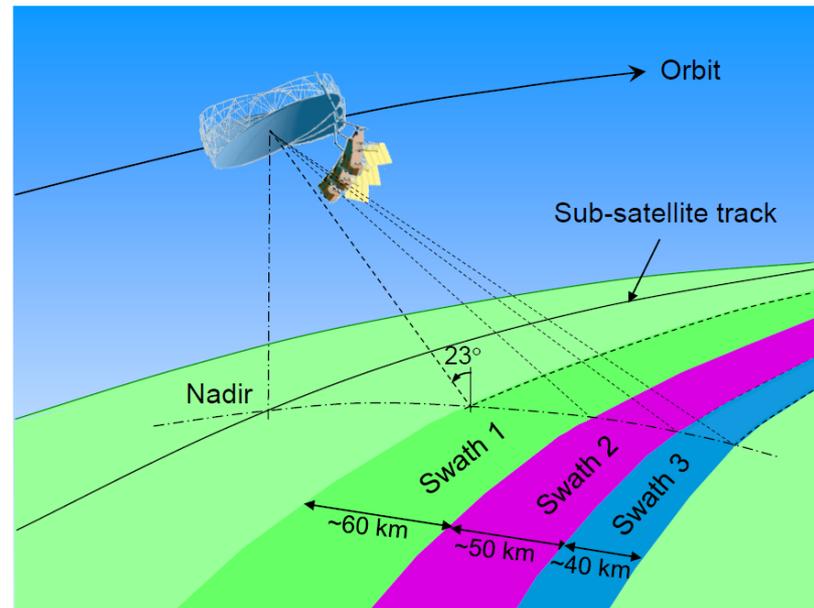


Cloude et al.,
IEEE TGRS
2001

La mission BIOMASS

■ Enjeux en traitement du signal

- Précision / robustesse des estimateurs
- Gestion de la décorrélation temporelle
- Combinaison avec d'autres sources d'acquisition
- Big data (!)



©http://seom.esa.int/polinsar-biomass2015/files/D4S1_BIOMASS_Mission_2.pdf



- **Généralités**

- **La mission BIOMASS**

- **La mission SWOT**



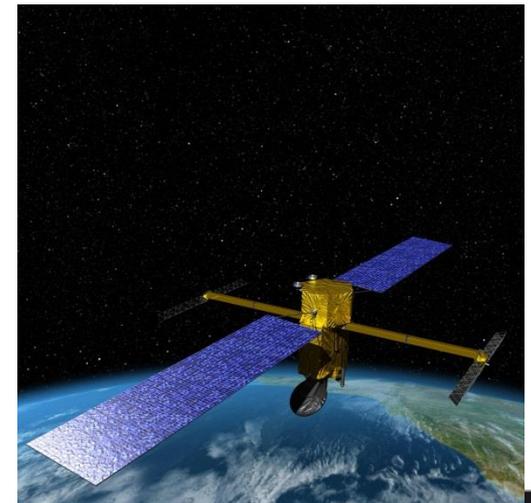
■ SWOT

- Surface Water and Ocean Topography
- Hydrologie: estimation des volumes des rivières, lacs, réservoirs, terres humides pour une meilleure compréhension du cycle global de l'eau
- Océanographie: topographie de la surface de l'océan avec une « bonne » résolution pour l'amélioration des modèles de circulation de l'océan (prédiction météo, climat, navigation,...)
- Mission CNES / NASA
- 2020

Mission SWOT

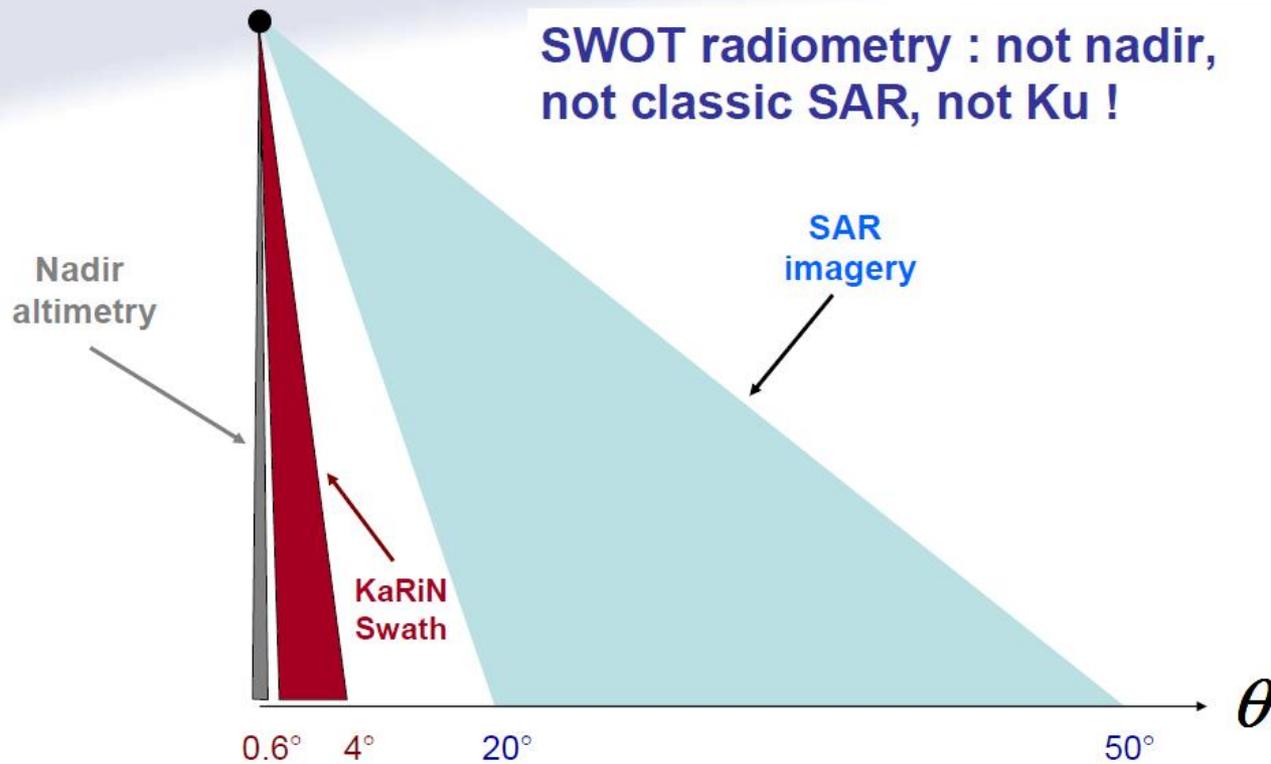
■ Spécifications (images)

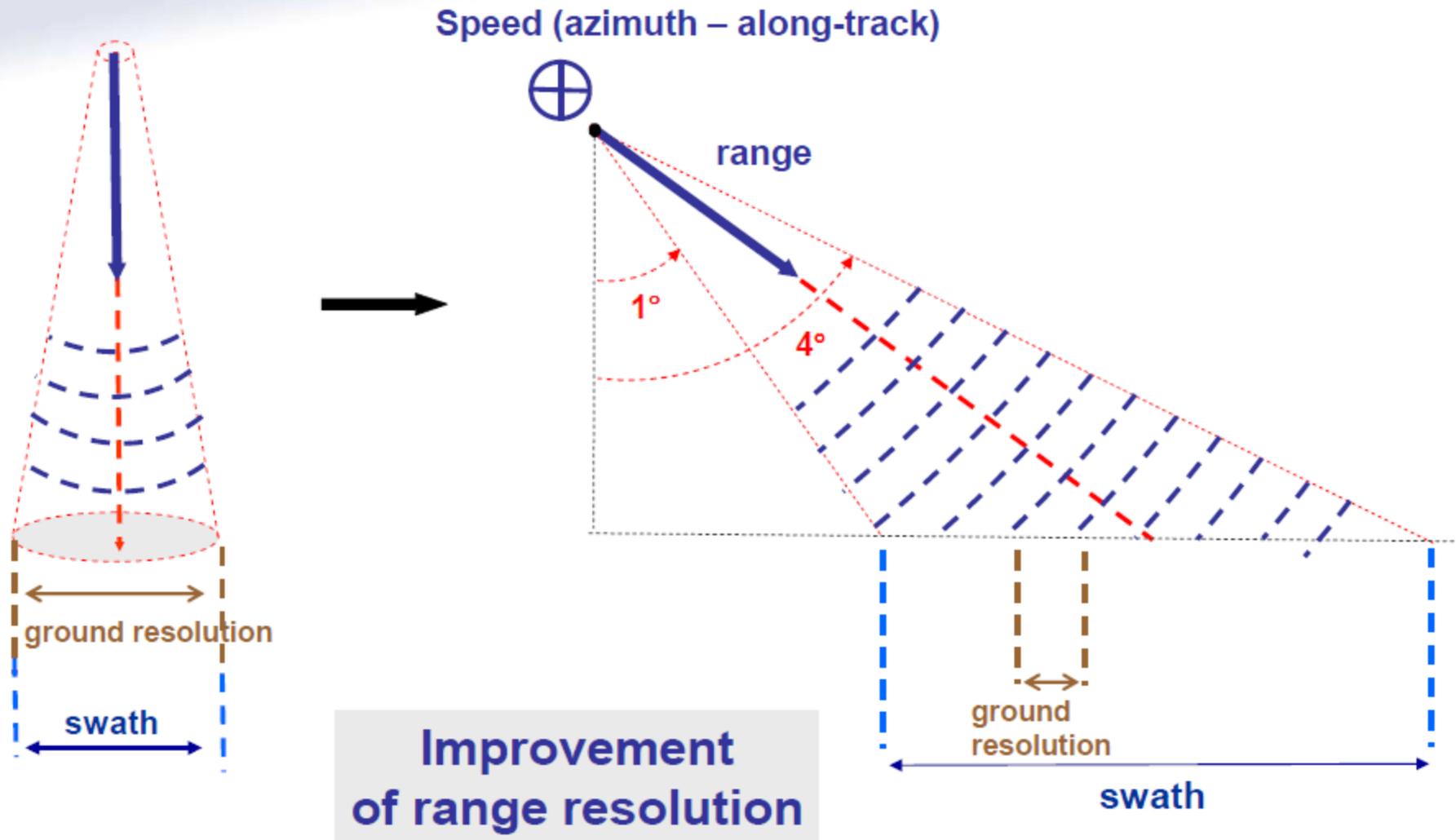
- Altimétrie à fauchée : SAR interférométrique
- Instrument KaRIn (Ka band radar interferomètre): interférométrie mono-passe
- Angles : 1° à 4°
- Bande Ka : 8.6mm
- Revisite temporelle : tous les points du globe 2 fois tous les 21 jours





SWOT radiometry : not nadir,
not classic SAR, not Ku !

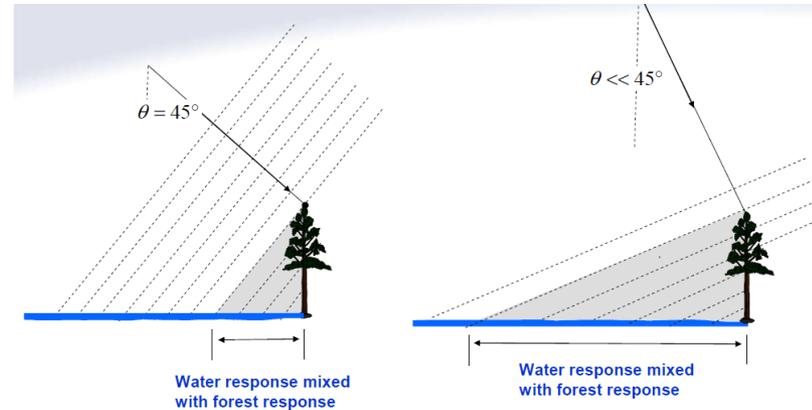




SWOT – spécifications

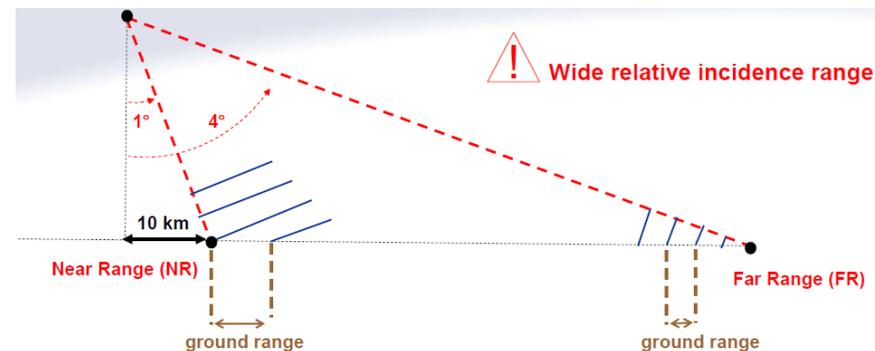
■ Utilisation de la bande Ka (8.6mm)

- Sensibilité interférométrique en base / λ
- Forte sensibilité à la rugosité
- Sensibilité aux conditions troposphériques

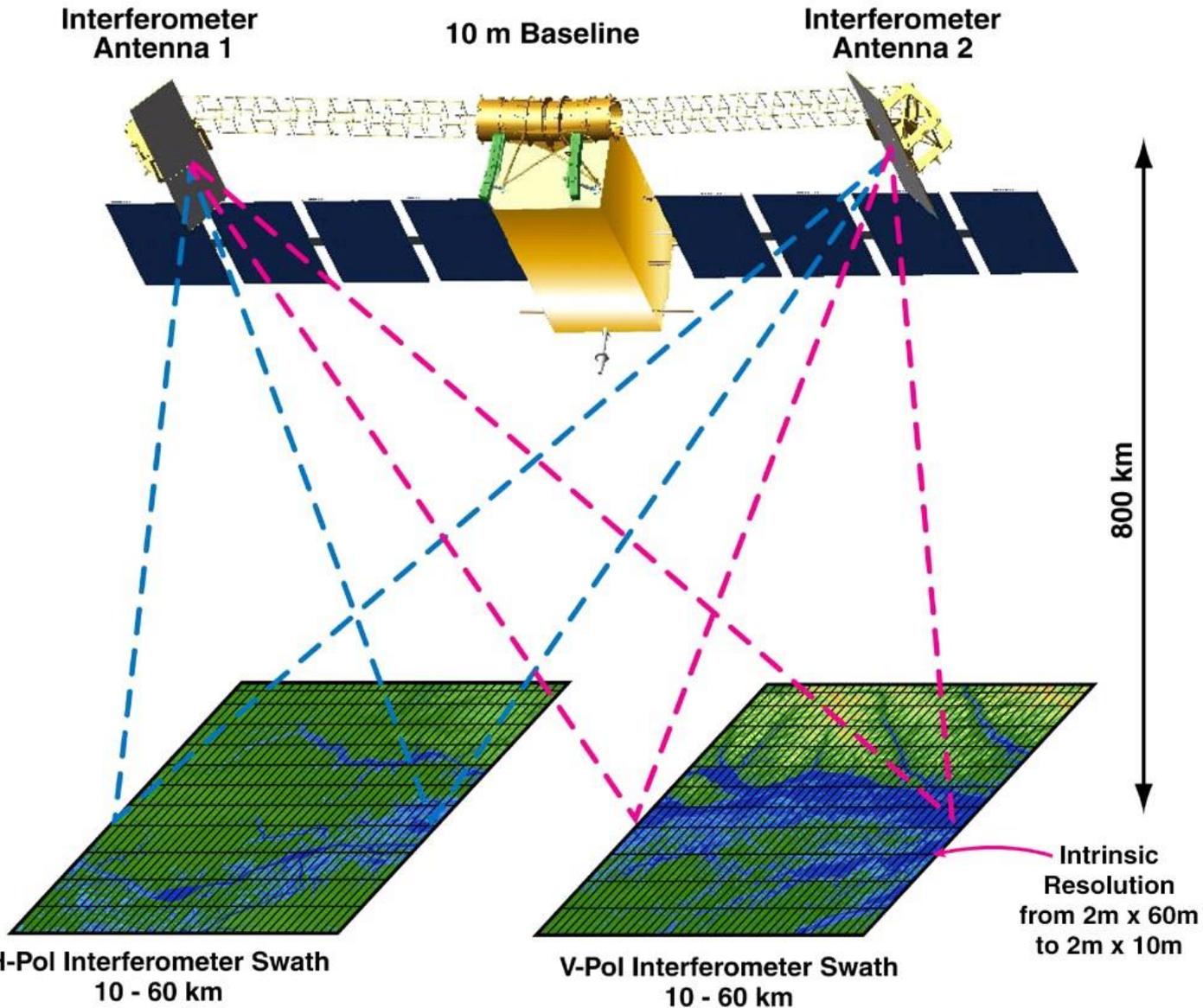


■ Very small incidence angle ([0.6°,4°])

- Lay-over effects
- Range resolution variation
- Strong land / water contrast



Mission SWOT



KaRIn / SWOT requirements for water detection



■ Water bodies

- Whose surface area /width exceeds $250 \times 250 \text{ m}^2$ / 100m
- In region of moderate topographic relief

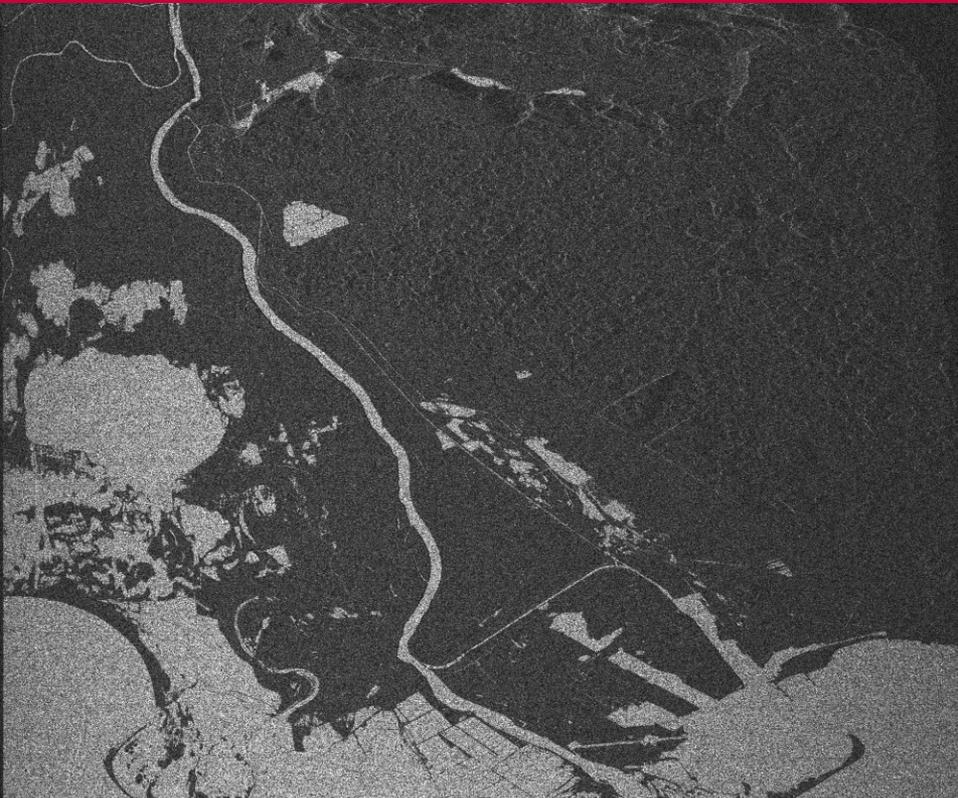
■ Issues

- Variable water / land contrast, speckle impact
- Position and orientation of the river in the swath
- Pollution by other features ? (roads ?)

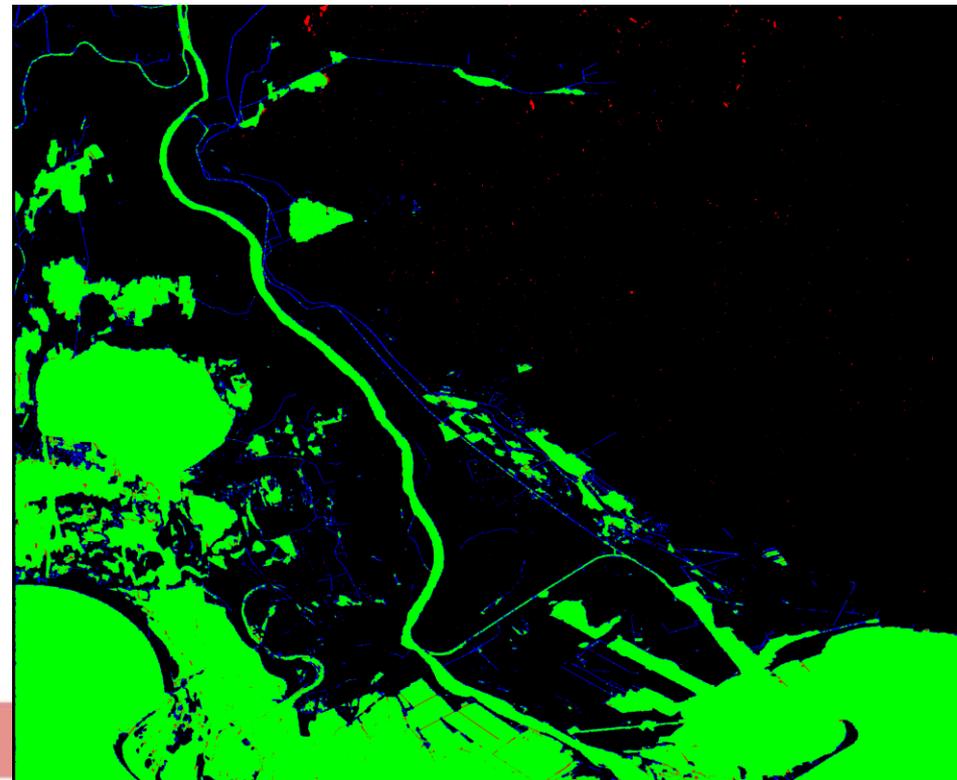


Mission SWOT

- **Enjeux en traitement du signal et des images**
 - Méthodes de traitement très rapides et robustes pour la détection des surfaces d'eau et le calcul des hauteurs
 - Réseaux très fins, bruit, déformations géométriques, limites des simulations et des campagnes aériennes



Thèse S. Lobry



Conclusion

■ Imagerie SAR

- Spécificités des modes d'acquisition qui répondent à certains grands enjeux environnementaux
- Nécessité de traitements avancés pour extraire l'information utile

■ Les enjeux

- Dictés par les futurs capteurs (THR, tomographie, polarimétrie, ...)
- La combinaison / assimilation / fusion des constellations de capteurs

