



SUIVI DE LA TURBIDITÉ DES RIVIÈRES GUYANAISES PAR TÉLÉDÉTECTION MULTISPECTRALE

OLIVIER ROUZEAU

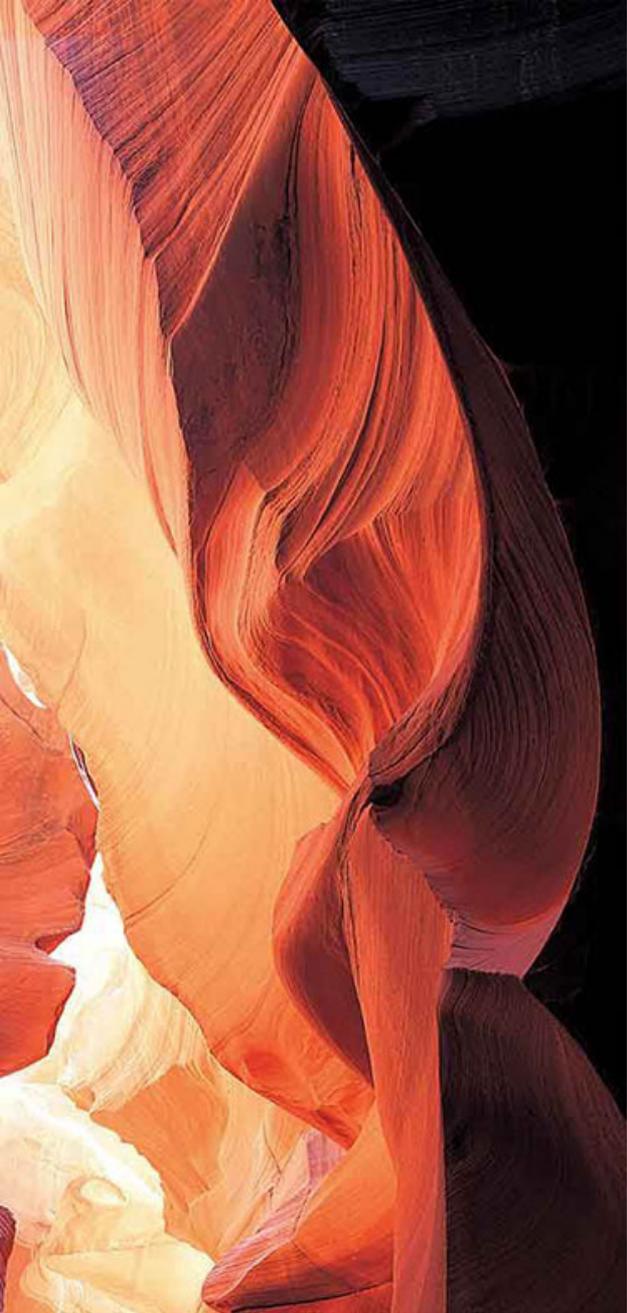
27 NOV. 2017

Direction Régionale de Guyane



Géosciences pour une Terre durable

brgm



PLAN DE L'EXPOSÉ

- 1. Contexte
- 2. Mesures de turbidité in situ
- 3. Approche bibliographique
- 4. Données satellites utilisables
- 5. Portions de rivières étudiables
- 6. Traitement des images
- 7. Résultats
- 8. Conclusions et perspectives 2018

1. CONTEXTE

● Constat

- Eau potable guyanaise majoritairement puisée en rivière.
- La turbidité est le principal paramètre de la dégradation de l'état chimique et écologique des cours d'eau guyanais.

● Causes

- Marnage.
- Activité minière notamment illégale.

● Besoin

- Garantir la potabilité et préserver les ressources aquatiques.
- Problèmes : déplacements difficiles et coûteux sur le terrain.

● Alternative

- Mesurer la turbidité par télédétection multispectrale

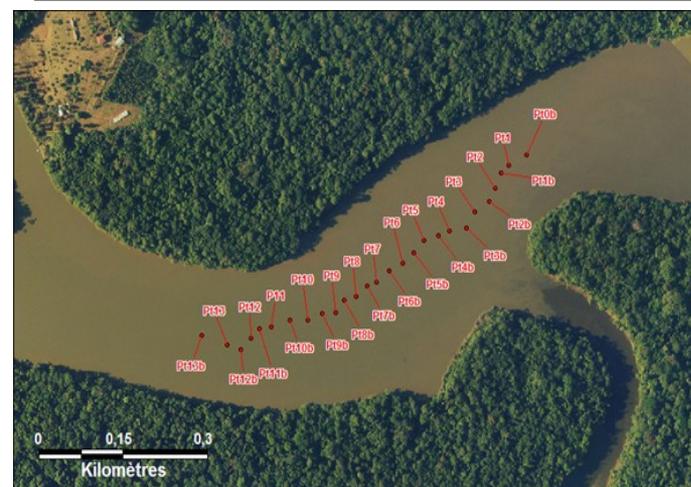
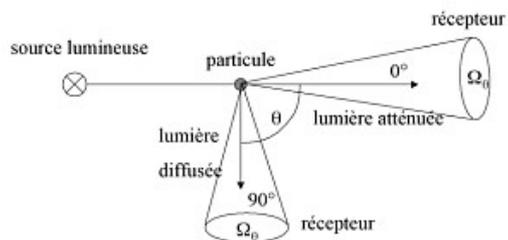
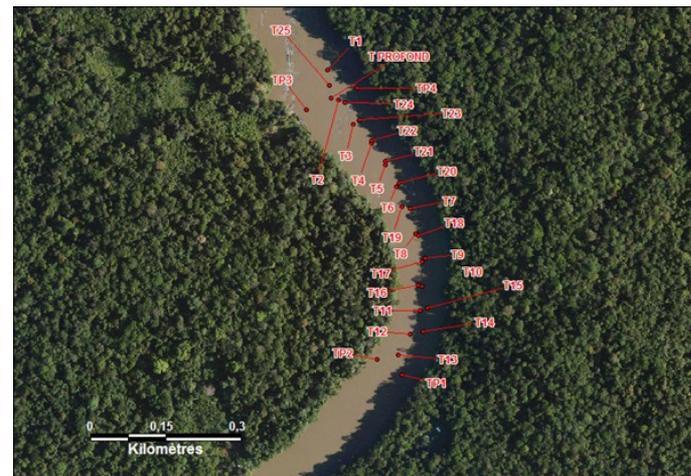


ILLUSTRATIONS



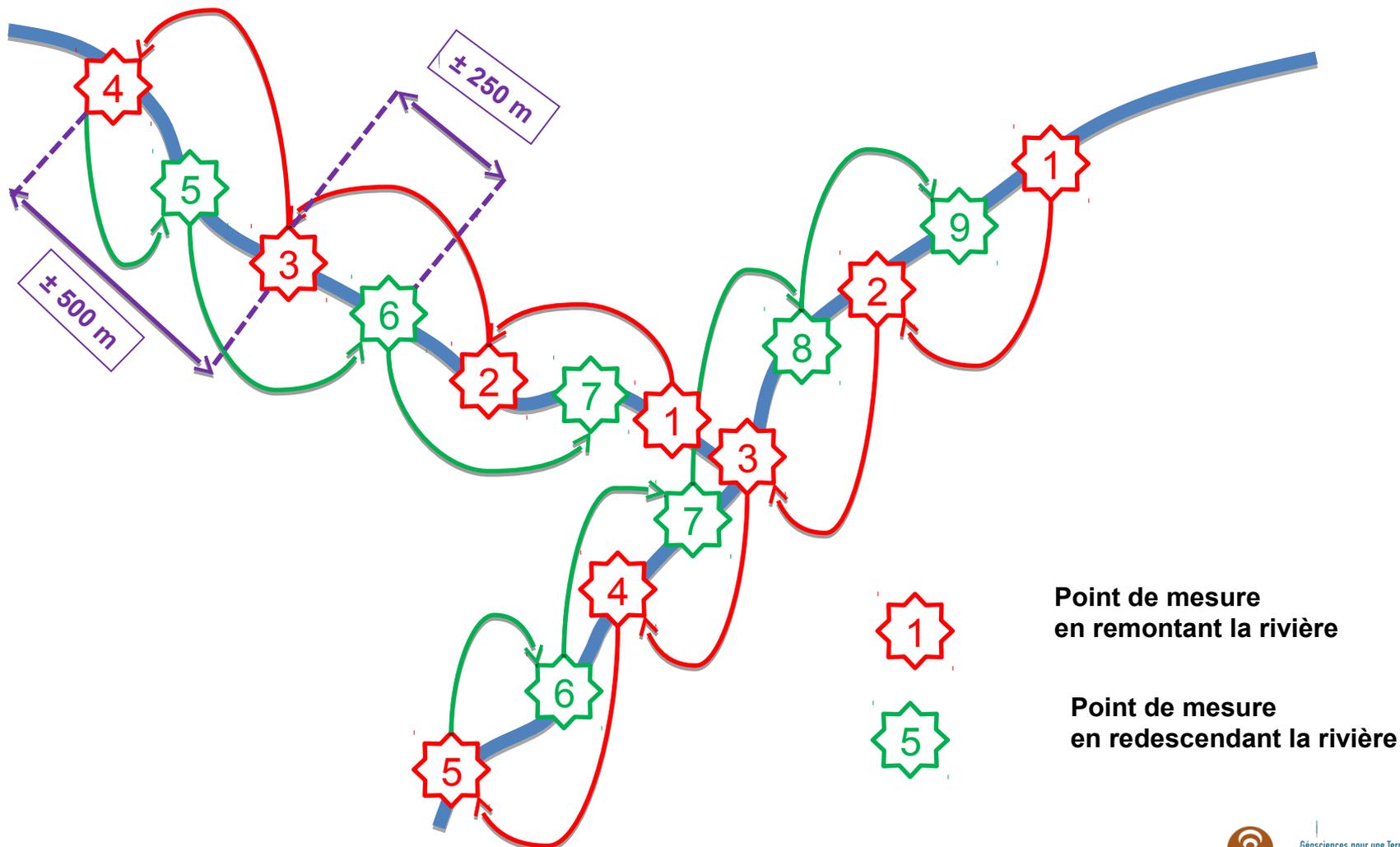
2. MESURES DE LA TURBIDITÉ IN SITU

Utilisation d'un turbidimètre portatif (valeur en NTU : néphélométrie)



2. MÉTHODE DE MESURE DE LA TURBIDITÉ EN RIVIÈRE

Réalisation de profils





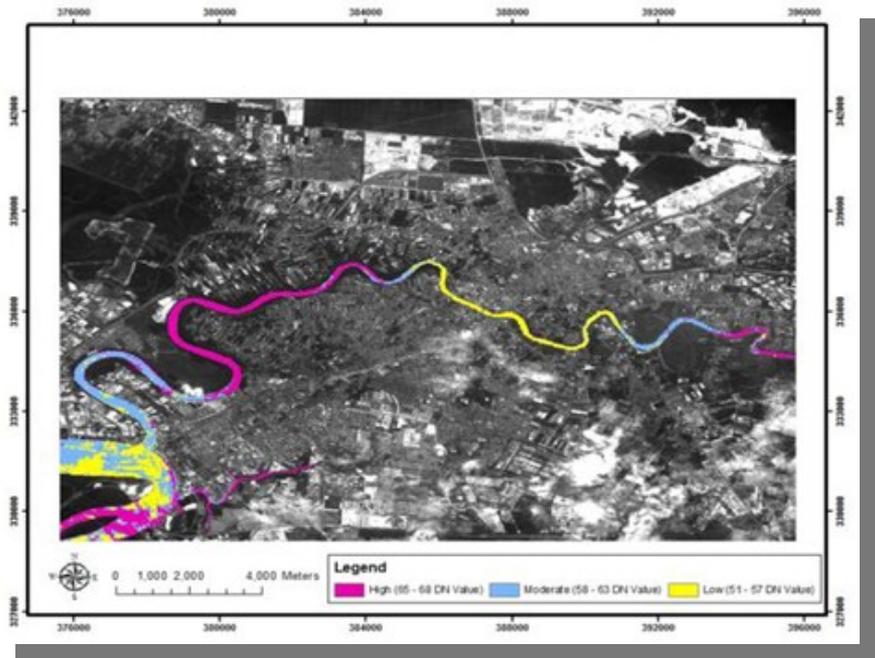
3. APPROCHE BIBLIOGRAPHIQUE

2011 : Rapport de synthèse

- Depuis les années 1970 de nombreuses équipes à travers le monde ont essayé de modéliser la qualité de l'eau.
- Bandes dans le vert, le rouge ou le proche infrarouge.
- Recherche de lois de régression linéaire (ou autre).



Zone d'étude	Capteur	Modèle	R ²	Référence
Green Bay	Landsat TM	$T=11,59+4,75 \ln R$	0,99	LATHROP & LILLESAND (1986)
Lacs du Nebraska	Landsat TM	$T=-24,8+10,0 R_a$	0,72	FRASER (1998)
Lacs Frisian	SPOT HRV Landsat TM	$T = 0,7581 e^{61,683 [(R+PIR)/2]}$	0,99	DEKKER & al. (2001)
Estuaire de la Gironde	SPOT HRV		0,93 0,91	DOXARAN & al. (2002)
Rivière Charles	Ikonos	$T=-8,7+0,074 R$	0,70	HELLWEGER & al. (2007)
Estuaire de l'Ems	SPOT HRV	$R = 8,93 [1-\exp(-0,0214 T)]$	-	LEHNER S. & al. (2004)
Great Miami River (Ohio, USA)	Compact Airborne Spectrometric Imager	$T = 1224,4 R + 3,9561$	0,79 17	SHAFIQUE G. & al. (2004)
Corne D'Or (Istanbul)	Ikonos		-	EKERCIN S. (2007)
Estuaire de la Rivière Pearl	EO-1 ALI	$T = -439,52 \text{Ref}_{1570\text{nm}} + 22,913$ $T = -400,33 \text{Ref}_{525-609\text{nm}} + 23,384$	0,90	CHEN S. & al. (2009)
Lac Buyukcekmece	Ikonos	Régressions multiple sur les 4 bandes	0,99	USTUN B. (2011)
Rivière Gomti	Quickbird	Seuillage R-V / R+V	-	SOMVANSHI S. & al. (2011)



Niveau de turbidité des l'eau de la rivière Klang (HASMADI & al. 2010)

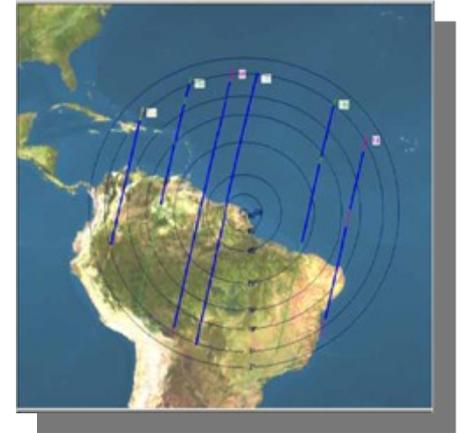
4. DONNÉES SATELLITES UTILISABLES

● Contraintes

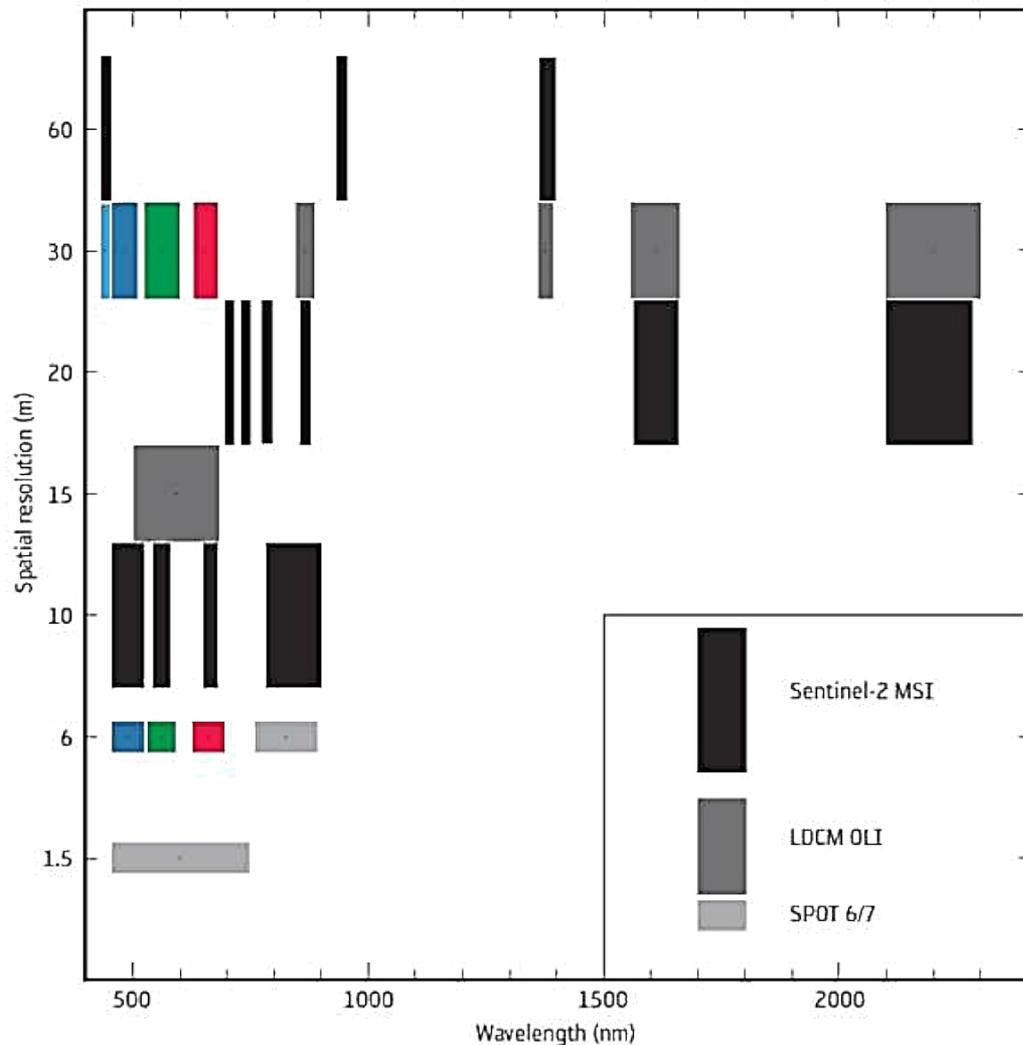
- Bonne répétitivité de passage (orbite héliosynchrone).
- Données gratuites... ou presque
 - Problème lié à l'enneuagement guyanais ;
 - Travail avec la station SEAS Guyane (en liaison avec l'IRD).
- Acquisition en mode multispectrale
 - Choisir la ou les meilleures bandes ou combinaisons de bandes ;
 - Campagnes de mesures in situ synchrone (ou quasi) avec le passage du satellite ;
- Résolution au sol compatible avec la largeur des rivières guyanaises ;
- Corrections radiométriques pour permettre des approches multidates ;
- Privilégier des acquisitions à visée verticale
 - Ombres portées ;
 - Réflexion spéculaire (fonction de l'inclinaison solaire, du courant, des hauts fonds,...).

● Avantages

- Travail sur des linéaires donc un fort taux d'enneuagement ne nuit pas forcément



COMPARAISON SPOT / LANDSAT 8 / SENTINEL 2



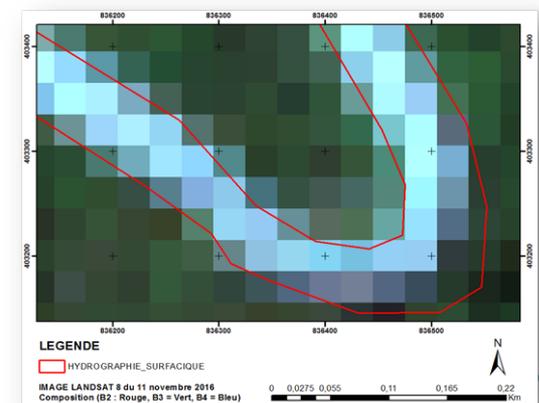
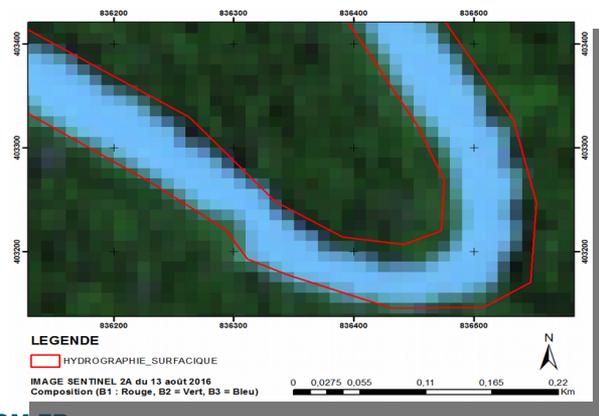
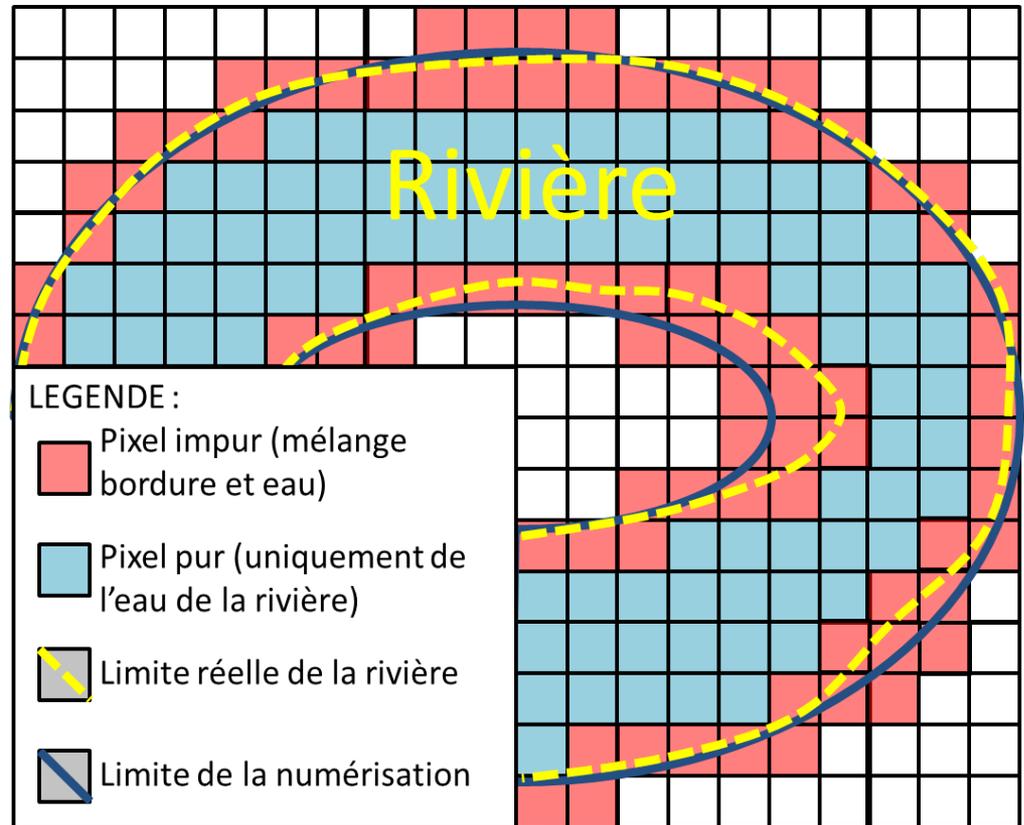
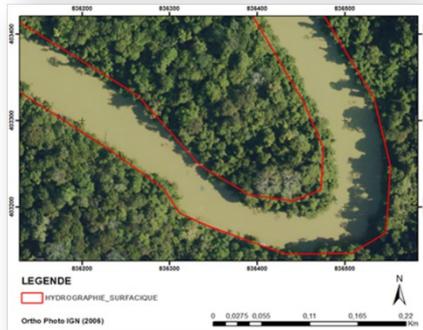
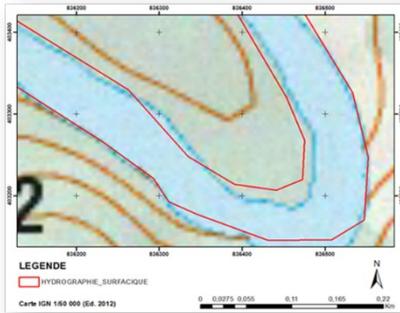
	LANDSAT 8		
Mission depuis	2013		
Cycles (jours)	16		
largeur (km)	185		
Bandes	8		
Résolutions	15 30 60		



Programmation hasardeuse

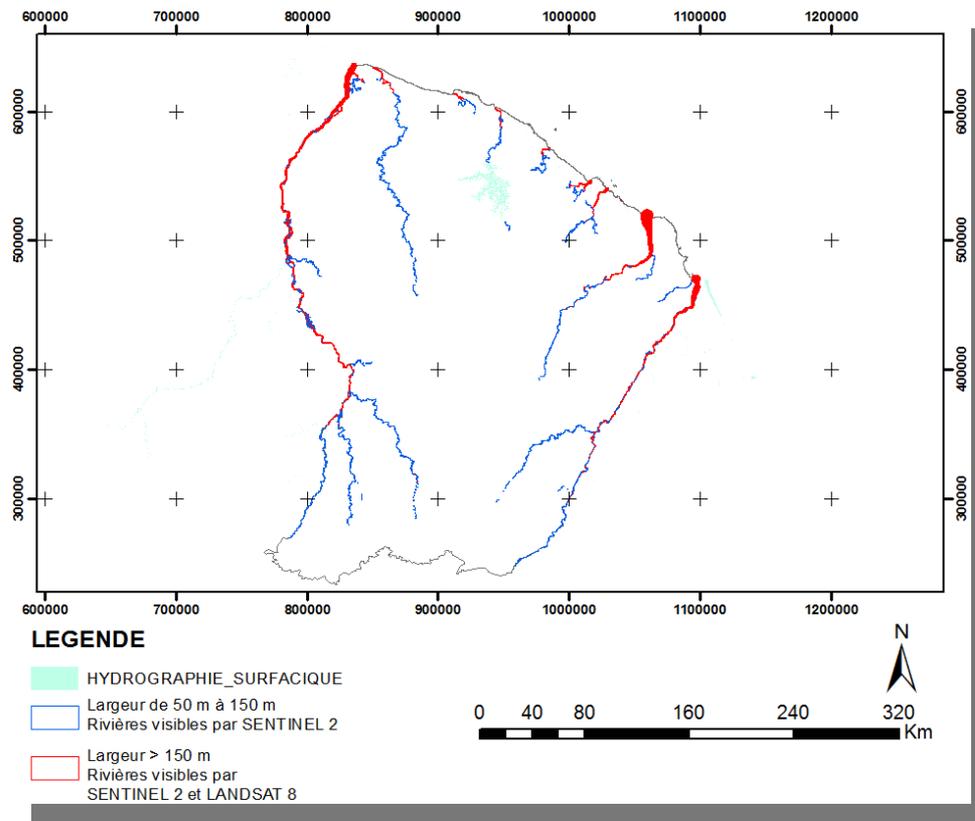
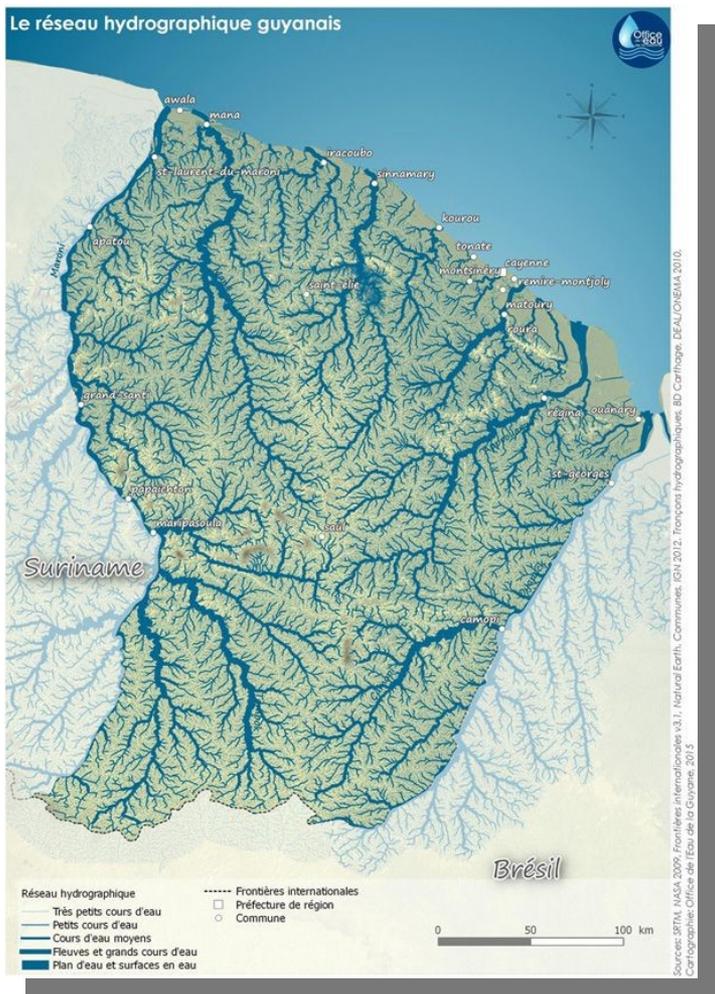
5. LARGEUR DE RIVIÈRE

5 fois la taille du pixel



LARGEUR DE RIVIÈRE (SUITE)

Pour LANDSAT 8 et SENTINEL 2

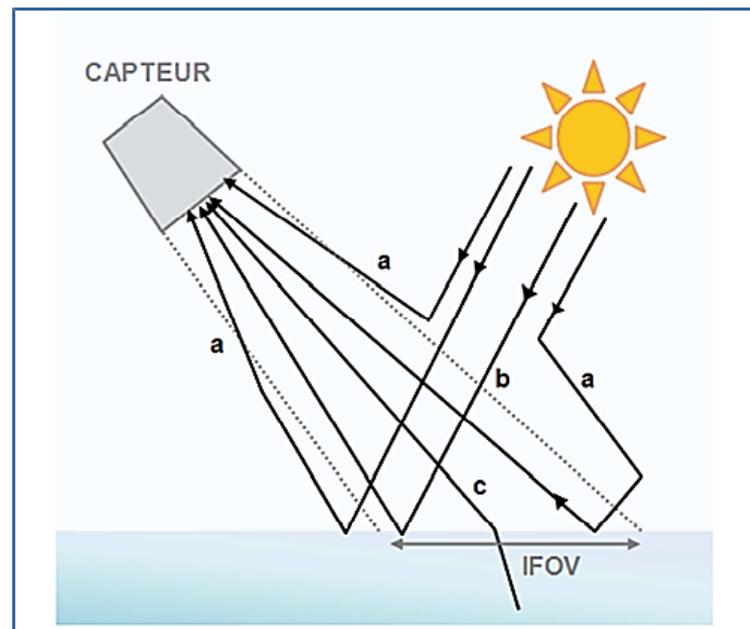


110 000 km de rivières (BD_CARTHAGE)
 3300 km de rivières vue par SENTINEL (> 50 m)
 700 km de rivières vu par LANDSAT 8 (> 150 m)

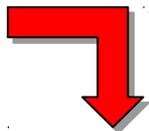
6. TRAITEMENT DES IMAGES

Trajet lumineux d'un rayonnement solaire atteignant un capteur

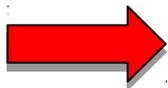
- a : Lumière diffusée par l'atmosphère
- b : Réflexion spéculaire directe de la lumière du soleil sur la surface de l'eau
- c : Lumière ascendante émergeant de l'eau.



IFOV : (Instantaneous Field Of View) fonction de la géométrie, de l'altitude et l'angle de vue détermine la taille et la valeur radiométrique du pixel vu par le capteur sur la surface de l'eau



Passage de luminance en réflectance : nécessité de corriger les images (position du soleil, angle de prise de vue, caractéristiques de l'atmosphère) pour permettre de les standardiser afin de pouvoir les comparer de date à date et de capteur à capteur.

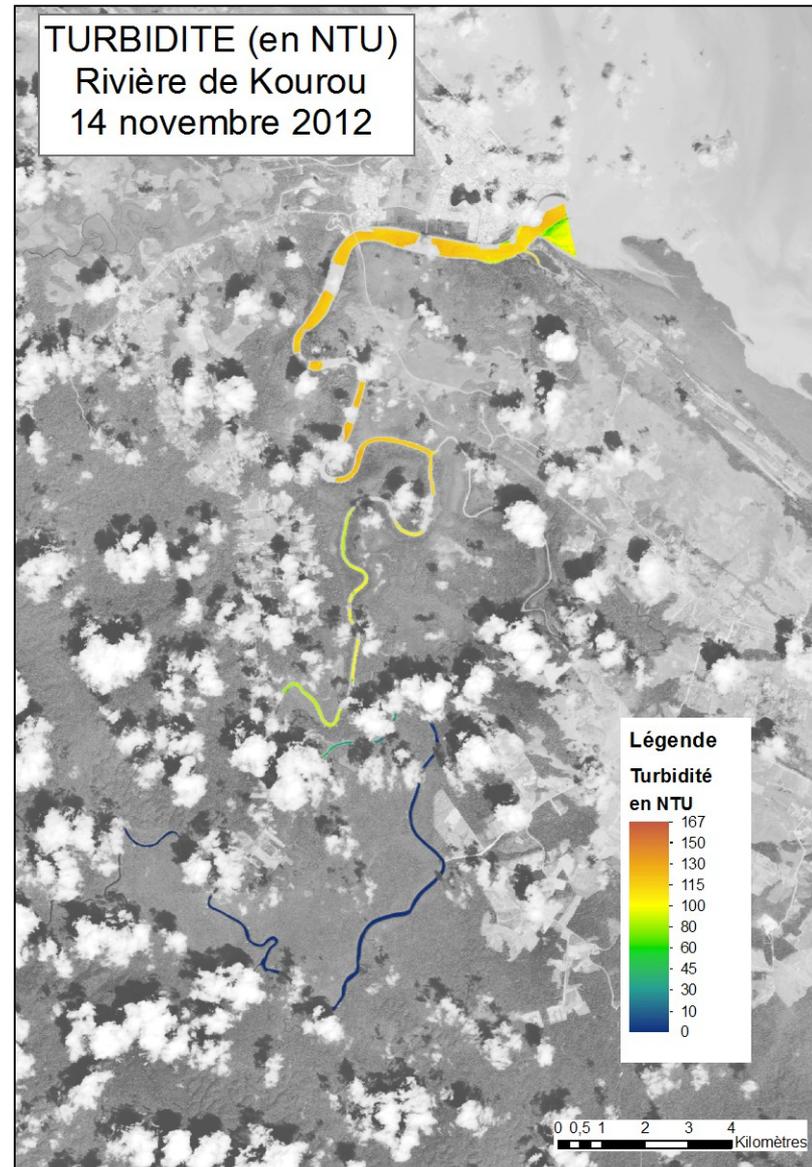
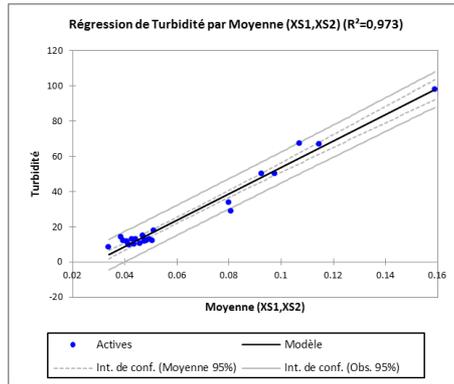
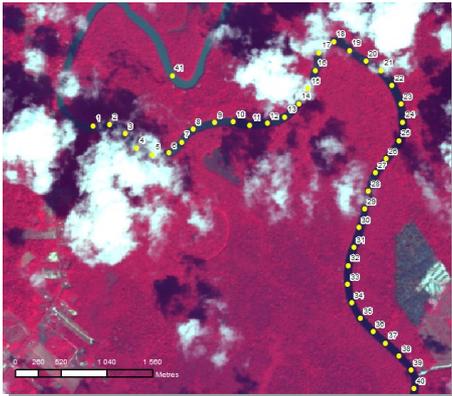


Besoin d'appliquer aux images une « correction atmosphérique »

7. RÉSULTATS AVEC SPOT

Approche hasardeuse et chère

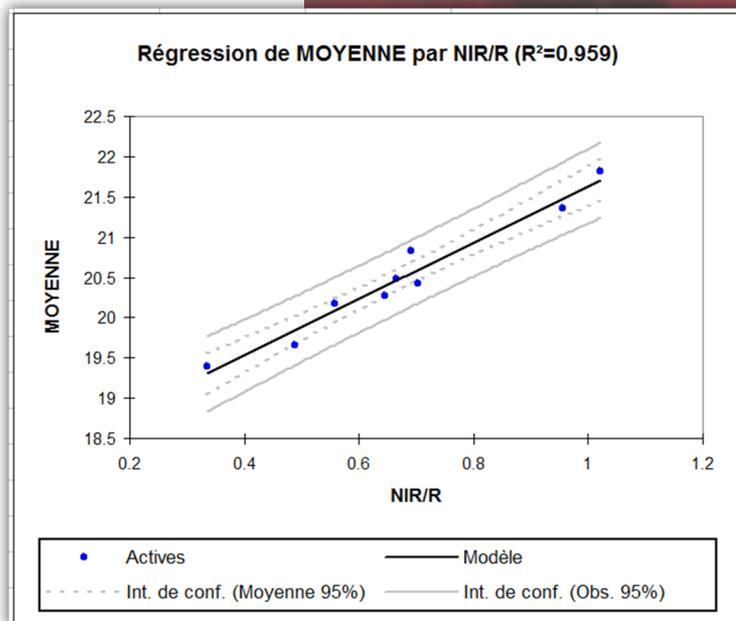
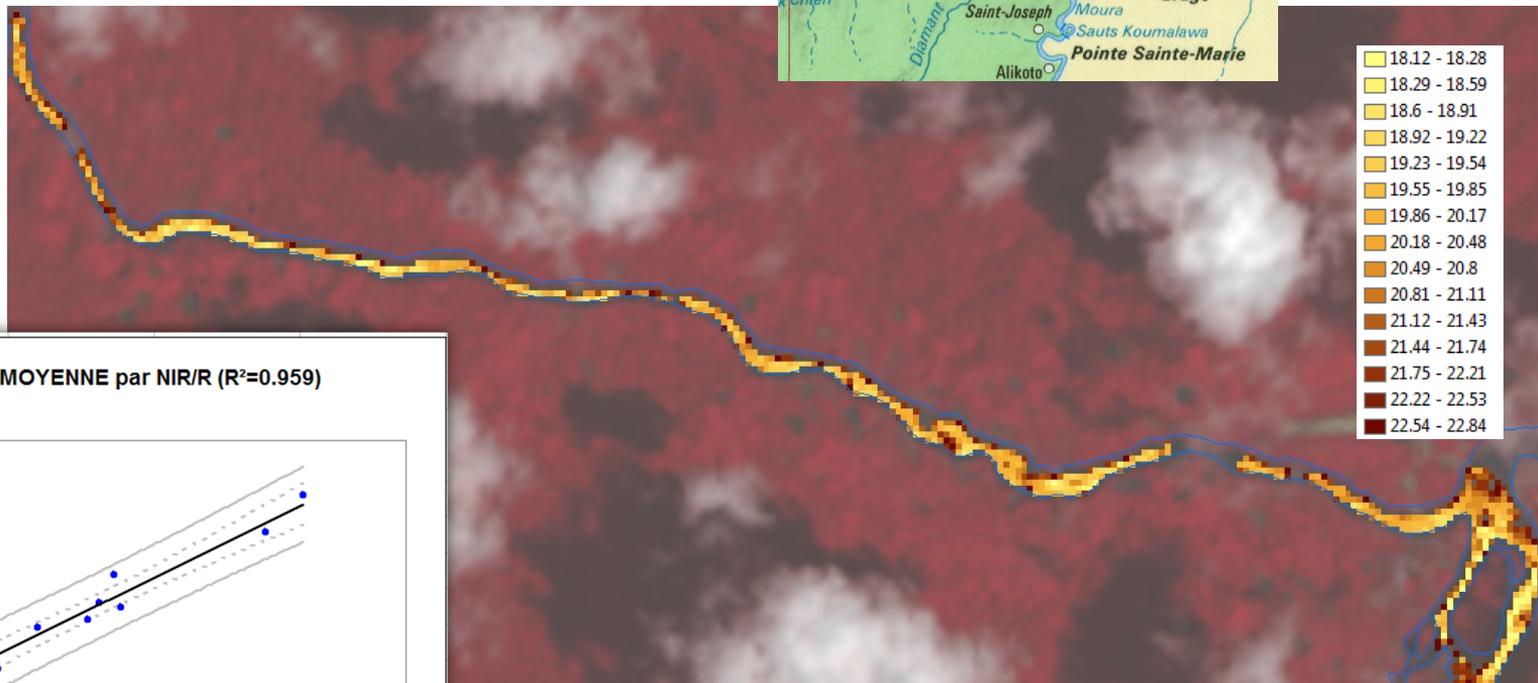
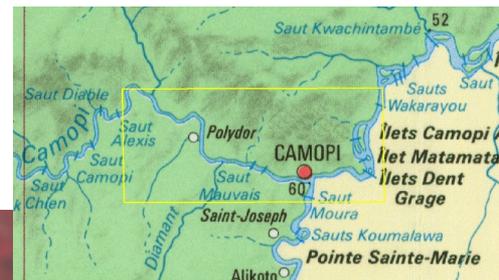
- Résultat sur le Kourou le 14/11/2012
 - 24 points retenus pour trouver une loi de régression entre valeur de réflectance de chaque bande spectrale SPOT et turbidité (autres points sous nuages ou ombre des nuages) ;
 - Recherche de corrélation bande par bande.



7. RÉSULTATS AVEC LANDSAT 8

Résolution au sol pénalisante

- Résultat sur la Camopi le 30/10/2015



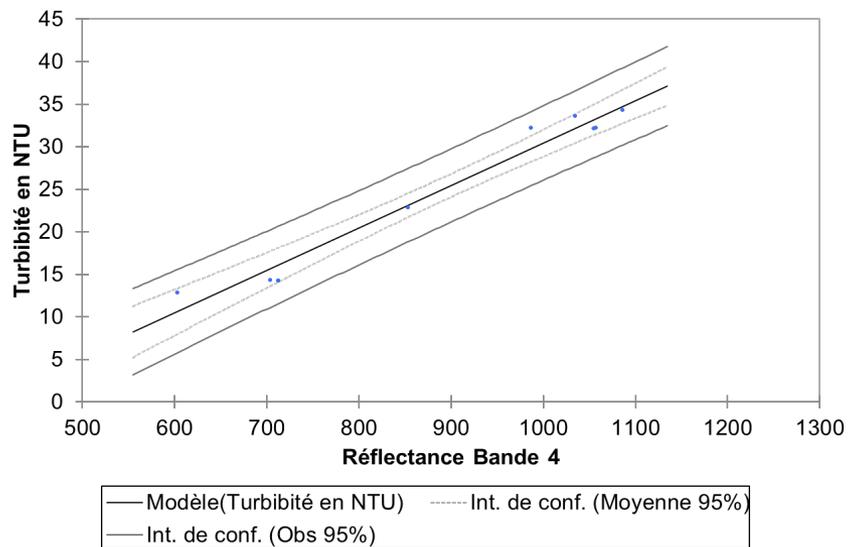
$$\text{Turbidité Moyenne NTU} = 18.12 + 3.51 (\text{NIR/R})\text{Réflectance}$$

7. RÉSULTATS AVEC SENTINEL 2

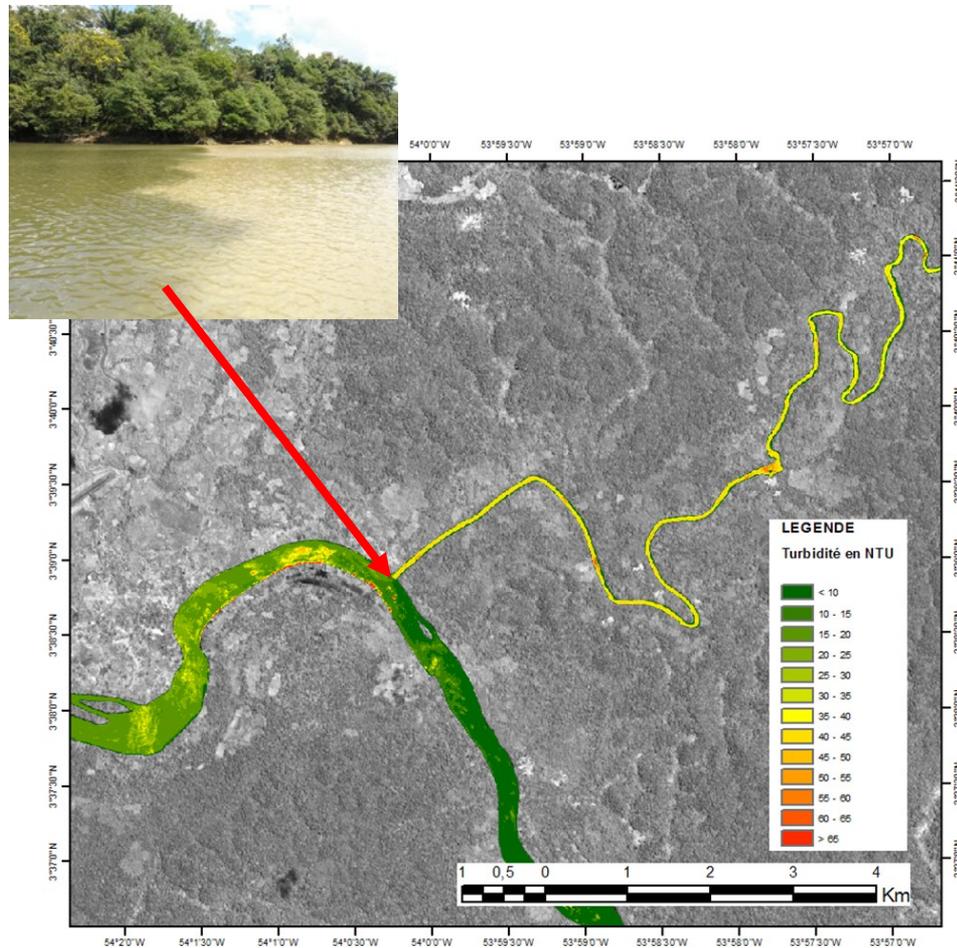
C'est l'outil adéquate !

- Résultat sur l'Inini le 13/08/2016

Régression de Turbidité en NTU par Réflectance Bande 4 (R²=0,970)



$$\text{Turbidité}_{\text{NTU}} = 0,0498 * \text{Réflectance}_{\text{B4}} - 19,3574$$



CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES 2018

L'image SENTINEL 2 est l'outil adéquat pour estimer la turbidité des rivières guyanaises

● **Avantage de SENTINEL 2**

- Possibilité de suivre des portions de rivières de plus de 50 m de large ;
- Plusieurs images par mois (SENTINEL 2 A et 2B) à visée verticale ;
- Données géoréférencées ;
- Correction atmosphérique au toit de l'atmosphère (prise en compte de l'éclairement solaire) ;
- Gratuité et facilité d'acquisition des données ;
- Problèmes :
 - L'ennuagement (nuages + ombres) : pas de méthode fiable et vraiment opérationnelle de contourage ;
 - La réflexion spéculaire et les hauts fonds durant certaines périodes de l'année ;
 -  Approche visuelle encore privilégiée (masquages).

● **Perspectives de développement pour 2018**

- Le suivi de stations habituellement relevées pluri annuellement par la DEAL et le PAG
 - Voir l'évolution au cours de l'année ;
 - Mise en place d'un système d'alerte ;
 - Outil transposable à un gestionnaire local.

ILLUSTRATION DES PROBLÈMES DE RÉFLEXION SPÉCULAIRE

Saut Sonnelle sur l'Inini sur image SENTINEL 2



Image du 13/08/2017

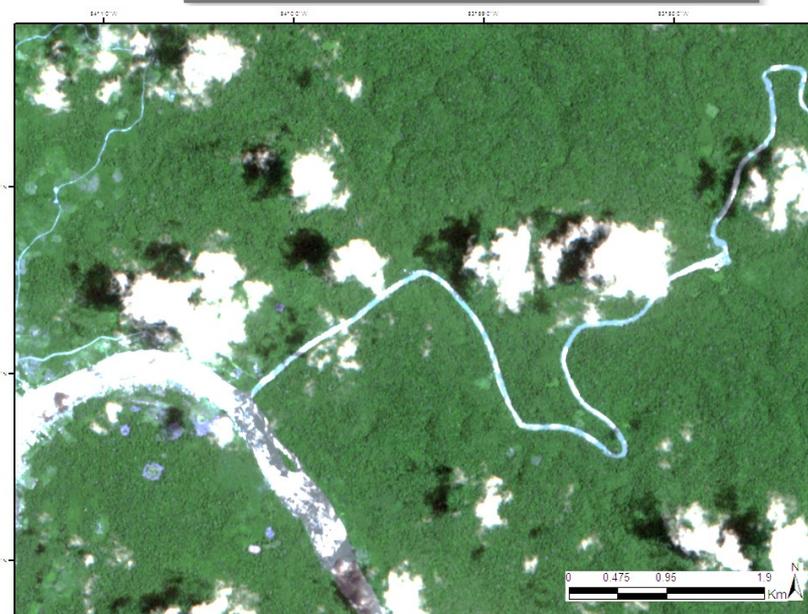


Image du 22/09/2017

RÉFLEXION SPÉCULAIRE

Image SPOT 6 du 31/01/2015 : problème liée à la visée oblique



STATIONS SUIVIES EN 2018

14 stations DCE et 2 stations du PAG

- Besoin de suivre 10 scènes SENTINEL 2

LANGA TABIKI						
21NYF	B02	B03	B04	B08	DCE	Turb calc.
11/11/2008					8,1	
27/10/2009					3,9	
10/05/2010					23,6	
02/09/2010					27,7	
04/11/2010					16,0	
21/09/2011					25,2	
12/10/2011					40,7	
11/09/2012					26,5	
03/10/2012					19,5	
01/10/2013					28,4	
15/10/2013					27,9	
08/09/2015	1118	1126	1022	468		30,3
28/10/2015					10,2	
28/10/2015					10,8	
17/11/2015	981	826	554	329		11,5
27/11/2015	1263	1276	925	527		26,4
26/01/2016	1183	1140	1028	665		30,5
25/04/2016	1007	955	1021	458		30,2
14/06/2016	1150	1136	1192	673		37,1
24/07/2016	1074	1100	1055	492		31,6
13/08/2016	1019	992	972	413		28,3
05/10/2016					11,4	
12/10/2016	998	963	764	467		19,9
01/11/2016	979	983	722	408		18,2
11/11/2016	1037	1052	764	427		19,9
01/12/2016	1123	1091	788	372		20,9
11/12/2016	1286	1269	981	455		28,6
08/08/2017	951	949	947	390		27,3
23/08/2017	1088	1102	991	714		29,0
02/10/2017	1053	1081	906	310		25,6

