



ined



Croissance démographique et déforestation en Ouganda :

Les enseignements d'une analyse conjointe des données de recensement et des images satellites



Valérie Golaz (Ined/LPED)

Alexia Mondot (Thales)

Olivier Queyrut (Cnes)

Aurélie Sand (Cnes)

Michel Benet (Diginove)

valerie.golaz@ined.fr; aurelie.sand@cnes.fr; m benet@diginove.com

Sujet, données, questions

Les transformations du peuplement et leur impact sur l'environnement, dans un contexte de croissance démographique rapide, sont au cœur de l'actualité mondiale.

=> Mieux connaître, mesurer ces transformations

=> Etudier le lien entre croissance démographique et transformation du couvert forestier

- *Terrain*: le centre ouest de l'Ouganda, un pays où la croissance démographique est de l'ordre de 3% par an et où l'exploitation du pétrole est prévue pour 2023.
- *Données disponibles*: presse, enquêtes, recensements de population et images satellites.
 - Ouverture des données
 - mais difficultés pour y accéder, pour les utiliser.

=> Précision spatiale, des unités administratives aux unités d'habitation
- *Question*: que peuvent apporter les images satellite en plus des données de recensement?
 - Identifier les phénomènes observés, les dater?
 - Les mesurer?
 - Passer du local au global ?
 - Permettre des estimations plus fines, dans le temps ou dans l'espace?

Structure de la présentation

Focus sur la partie Sud du district de Hoima, au centre-ouest de l'Ouganda (à la frontière de la RDC)

1 – Densités et croissance démographique : un travail cartographique à partir des données de recensement (1980-2014)

2 – Les transformations du couvert forestier (1999-2019)

3 – Les transformations du bâti (2015-2019)



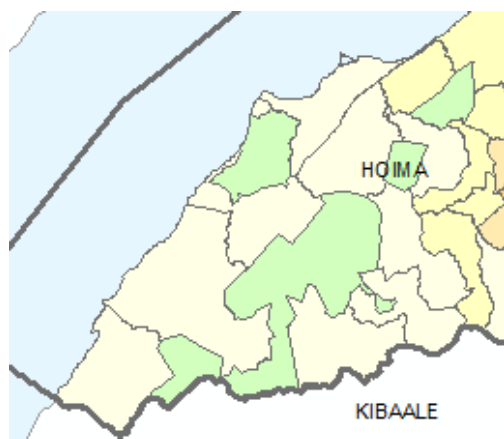
Cartographier les densités à partir des données de recensement

Estimation des densités de population au moment des recensements et de la croissance démographique intercensitaire à l'échelle la plus fine possible (niveau 2 du découpage administratif) à partir

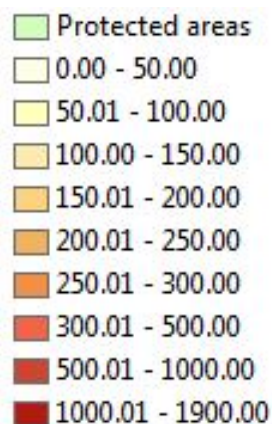
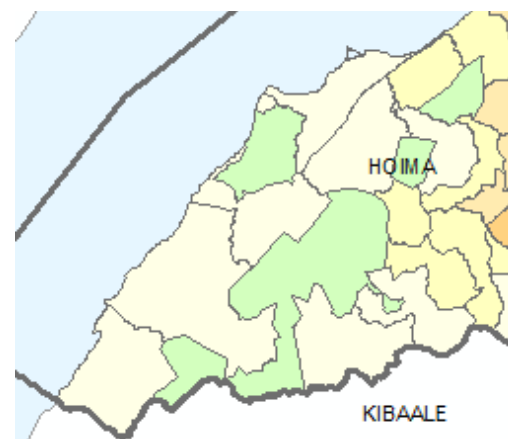
- Des publications des recensements de 1980, 1991, 2002 et 2014 (estimations de population par 'parish')
- De la reconstitution des découpages administratifs en vigueur à ces dates (identification et localisation de chaque unité et de ses transformations au fil du temps)
- De l'exclusion dans ces découpages consécutifs, des zones exclusives de tout peuplement (forêts et réserves naturelles protégées, lacs)

Densités de population

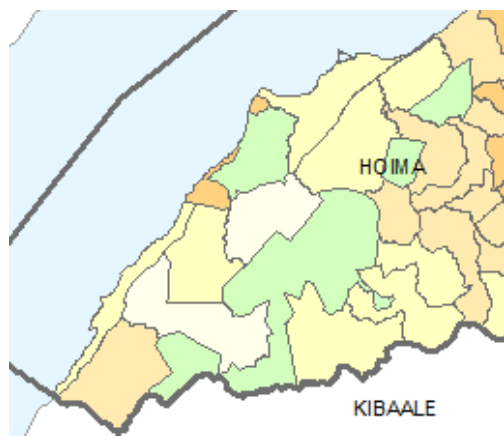
1980



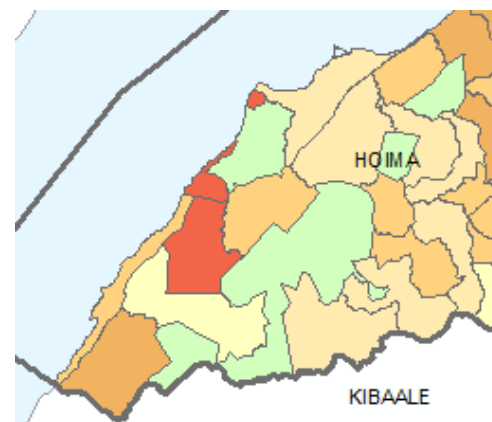
1991



2002

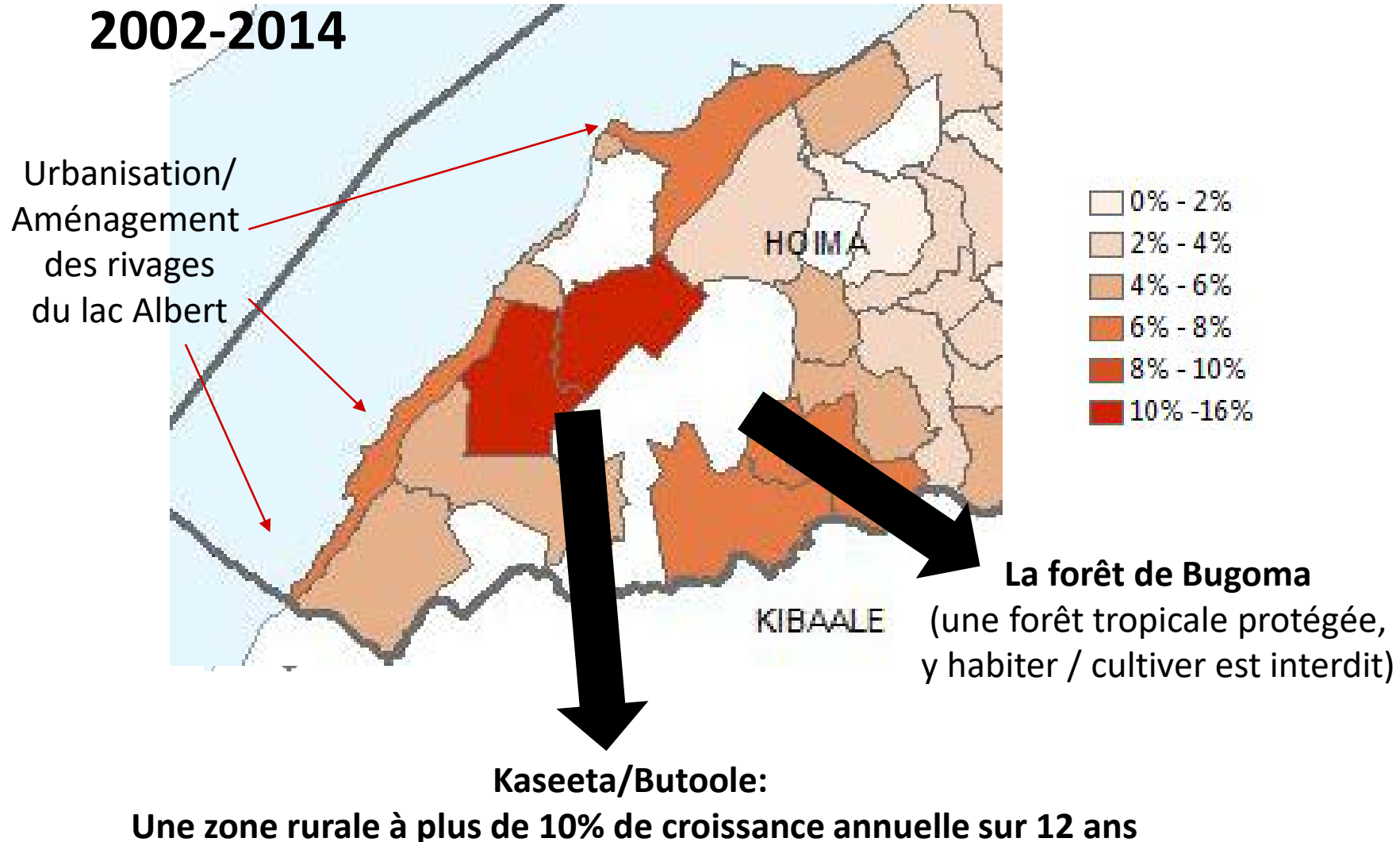


2014



Des taux de croissance extrêmes

2002-2014



Dans ces zones administratives de Kaseeta et Butoole

la densification du peuplement entraine-t-elle un déboisement marqué des terres habitées?

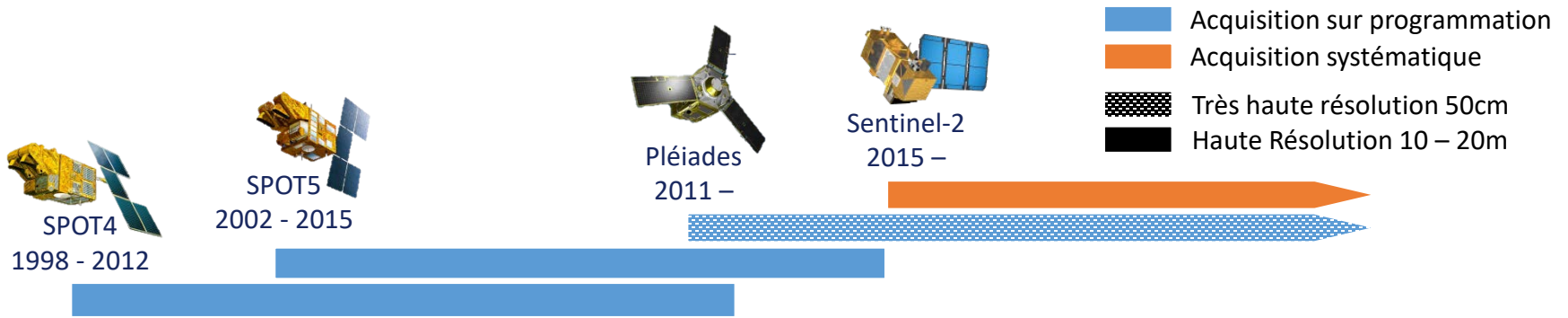
⇒ Est-ce un processus linéaire? Exponentiel? Y a t-il de fortes ruptures temporelles?

⇒ Comment ces zones s'inscrivent-elles dans la transition forestière?

Dans la forêt de Bugoma adjacente au Sud-Est

- La forêt est elle bien préservée?
 - Régénération depuis la guerre civile (-1986)?
 - Ou incursions/défrichements néfastes depuis ?
- Ces phénomènes sont ils mesurables ?

Les images satellite au service du suivi de la forêt



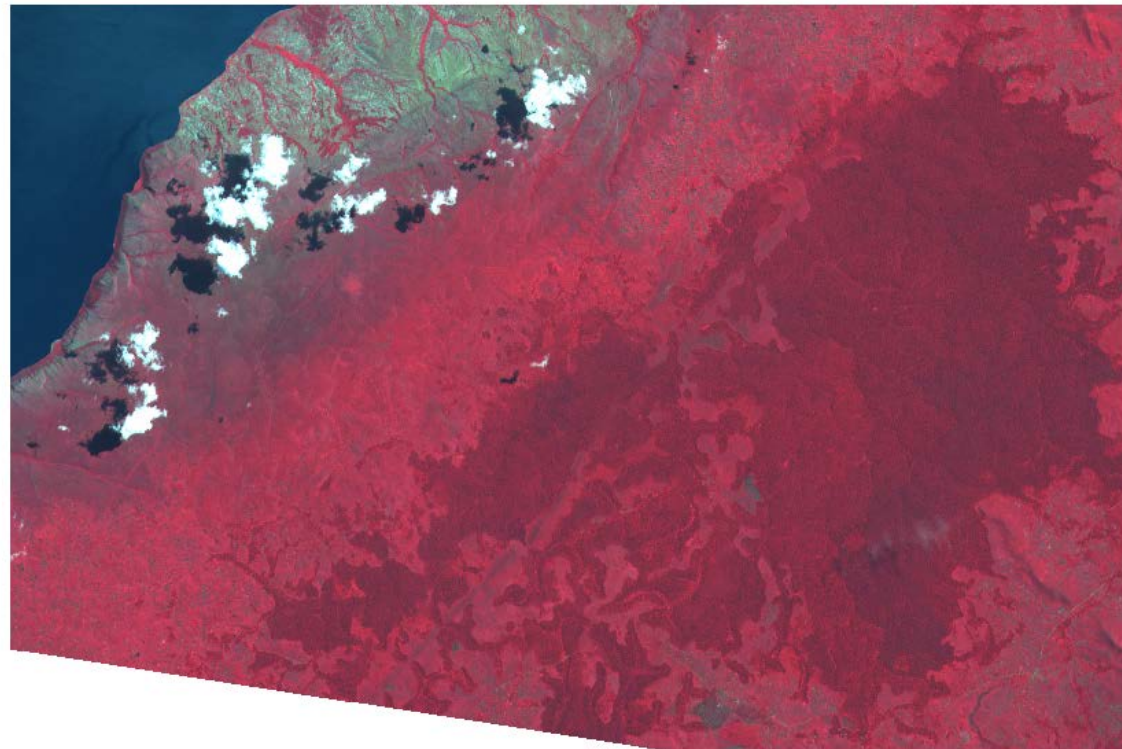
Difficulté des séries historiques multi-instruments:

- Résolutions différentes
- Emprises différentes
- Radiométries différentes
- Précision de géolocalisation (superposition imparfaite des images)

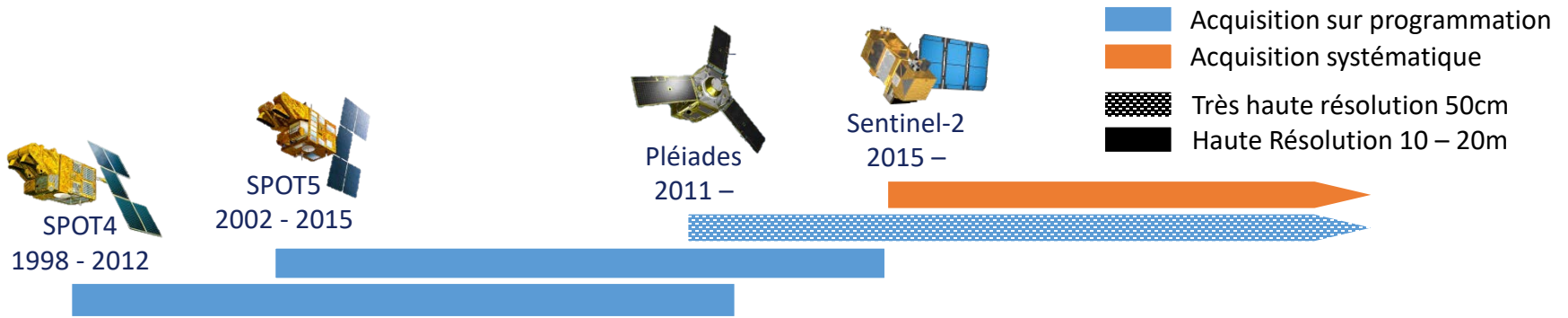
Sentinel : Nouvelle génération d'instruments (2015)

- Acquisitions similaires
- Nuages... toujours présents, même si mieux reconnus

SPOT4 1999-05-25



Les images satellite au service du suivi de la forêt



Difficulté des séries historiques multi-instruments:

- Résolutions différentes
- Emprises différentes
- Radiométries différentes
- Précision de géolocalisation (superposition imparfaite des images)

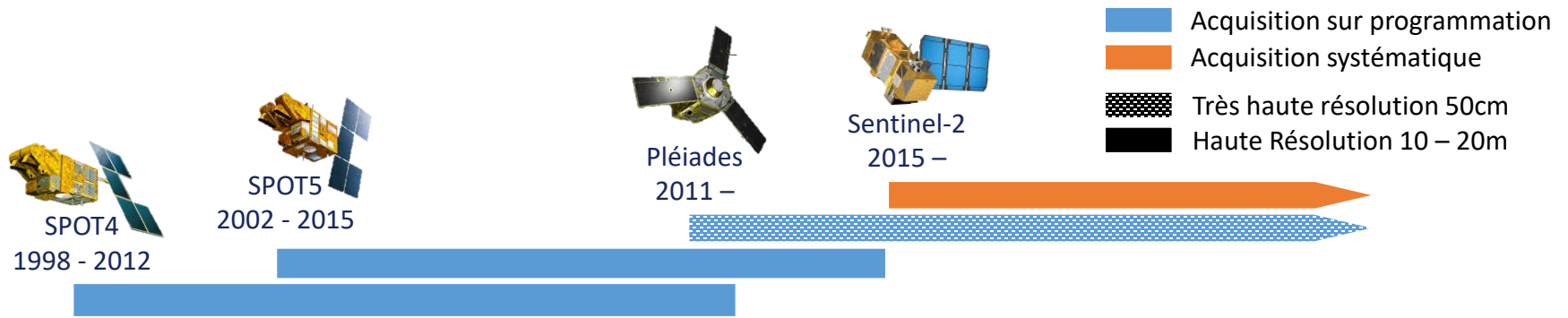
Sentinel : Nouvelle génération d'instruments (2015)

- Acquisitions similaires
- Nuages... toujours présents, même si mieux reconnus

SPOT4 2003-12-19



Les images satellite au service du suivi de la forêt



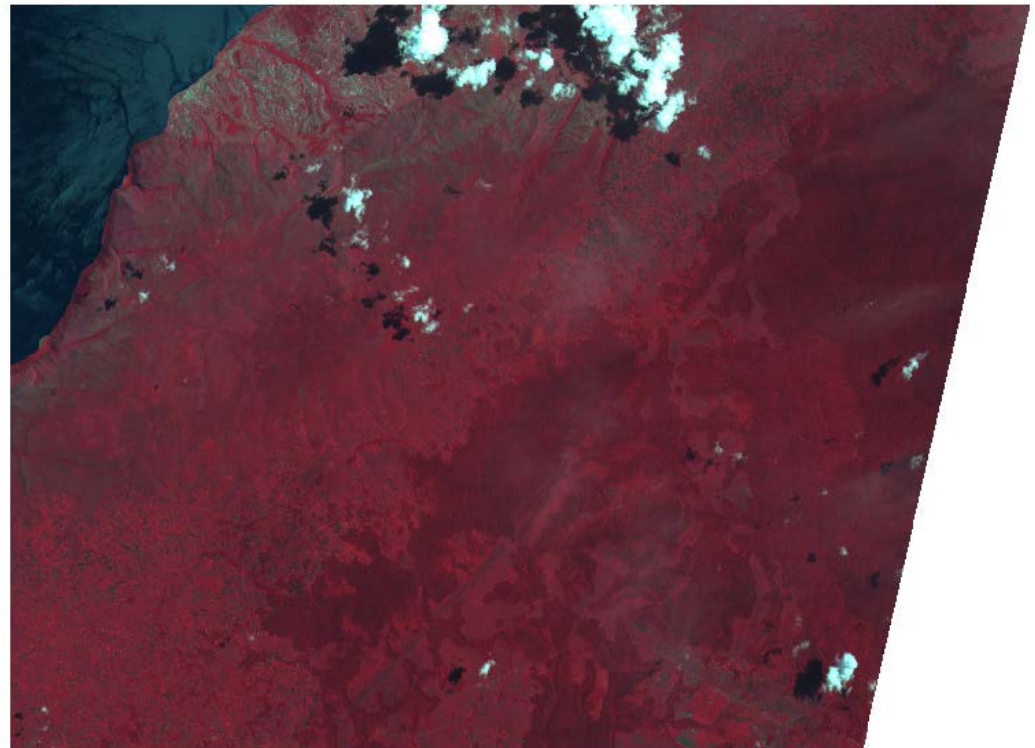
Difficulté des séries historiques multi-instruments:

- Résolutions différentes
- Emprises différentes
- Radiométries différentes
- Précision de géolocalisation (superposition imparfaite des images)

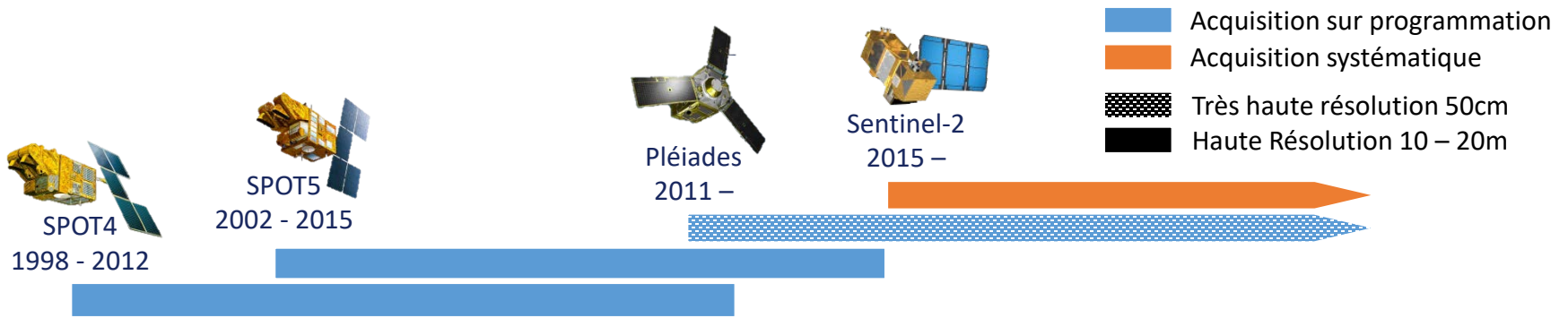
Sentinel : Nouvelle génération d'instruments (2015)

- Acquisitions similaires
- Nuages... toujours présents, même si mieux reconnus

SPOT4 2004-04-27



Les images satellite au service du suivi de la forêt



Difficulté des séries historiques multi-instruments:

- Résolutions différentes
- Emprises différentes
- Radiométries différentes
- Précision de géolocalisation (superposition imparfaite des images)

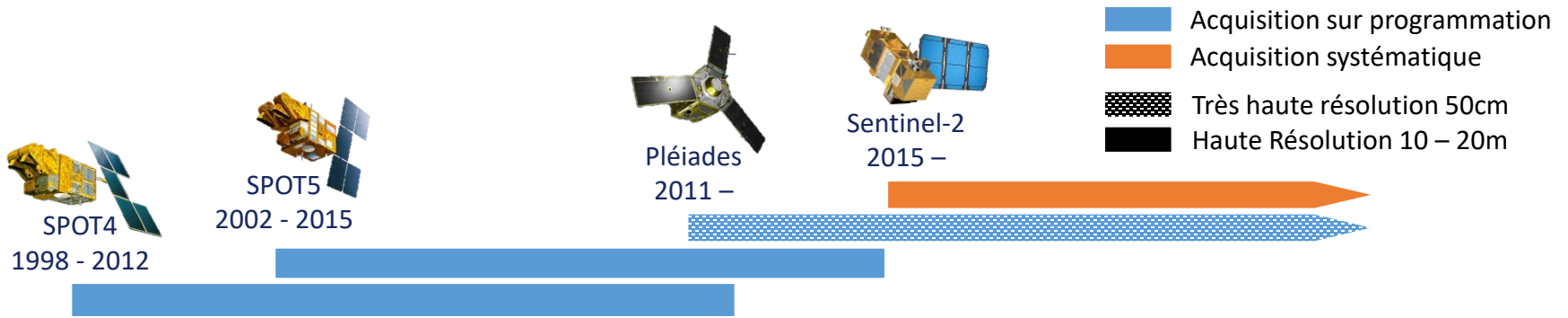
Sentinel : Nouvelle génération d'instruments (2015)

- Acquisitions similaires
- Nuages... toujours présents, même si mieux reconnus

SPOT4 2004-07-04



Les images satellite au service du suivi de la forêt



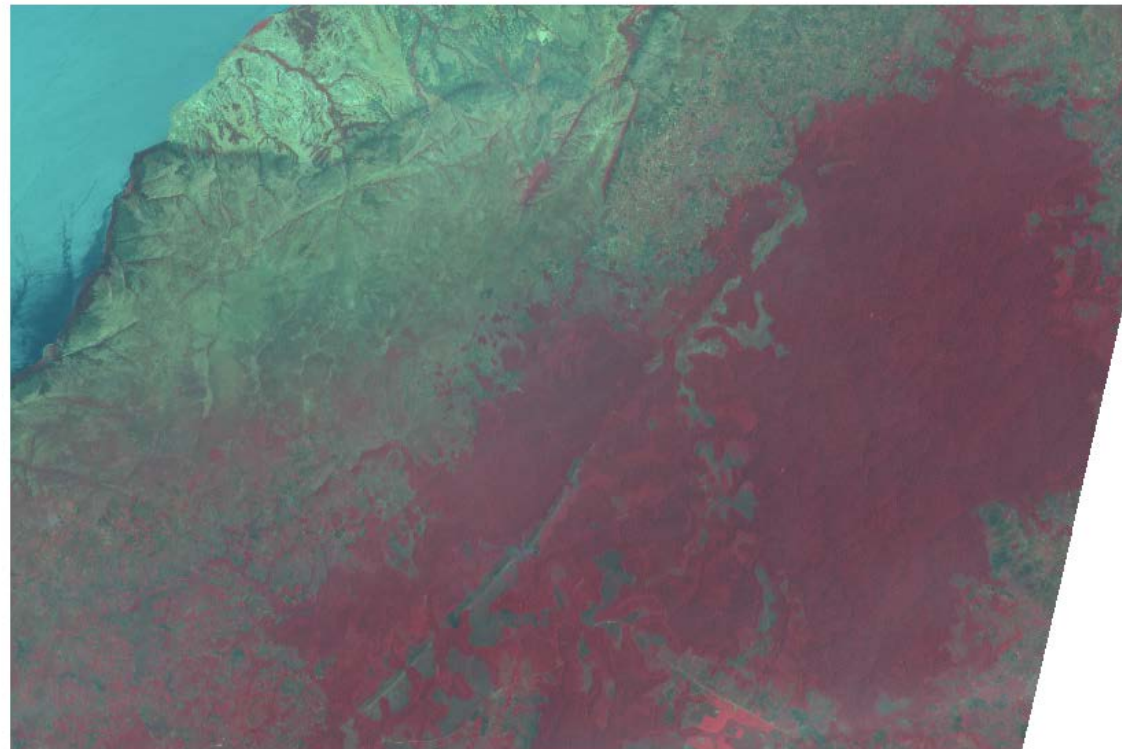
Difficulté des séries historiques multi-instruments:

- Résolutions différentes
- Emprises différentes
- Radiométries différentes
- Précision de géolocalisation (superposition imparfaite des images)

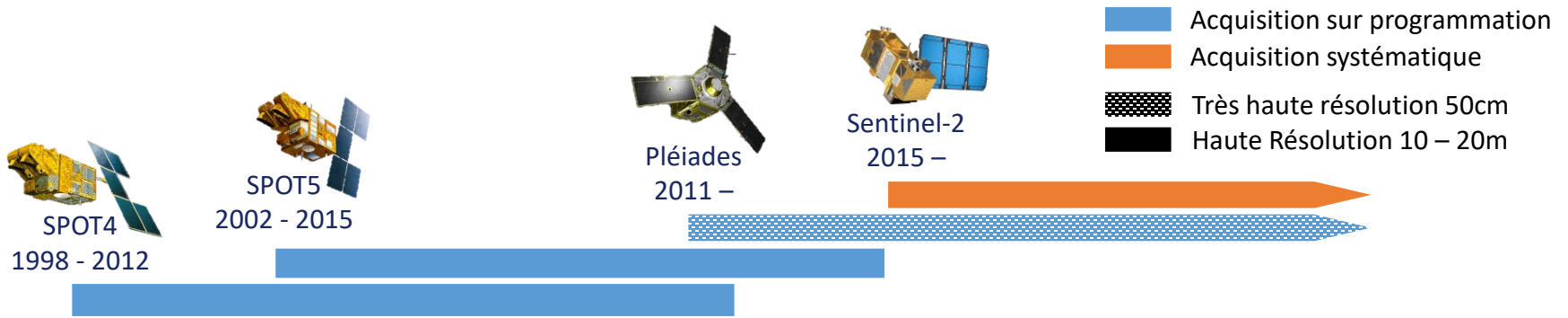
Sentinel : Nouvelle génération d'instruments (2015)

- Acquisitions similaires
- Nuages... toujours présents, même si mieux reconnus

SPOT4 2005-02-12



Les images satellite au service du suivi de la forêt



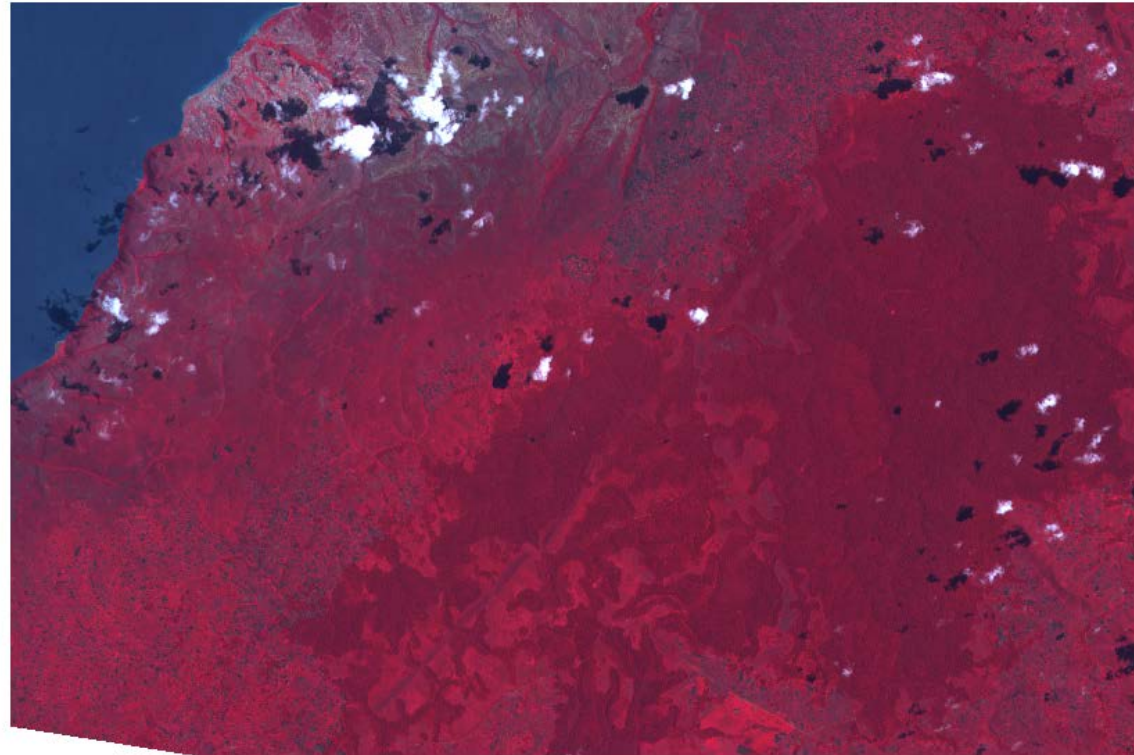
Difficulté des séries historiques multi-instruments:

- Résolutions différentes
- Emprises différentes
- Radiométries différentes
- Précision de géolocalisation (superposition imparfaite des images)

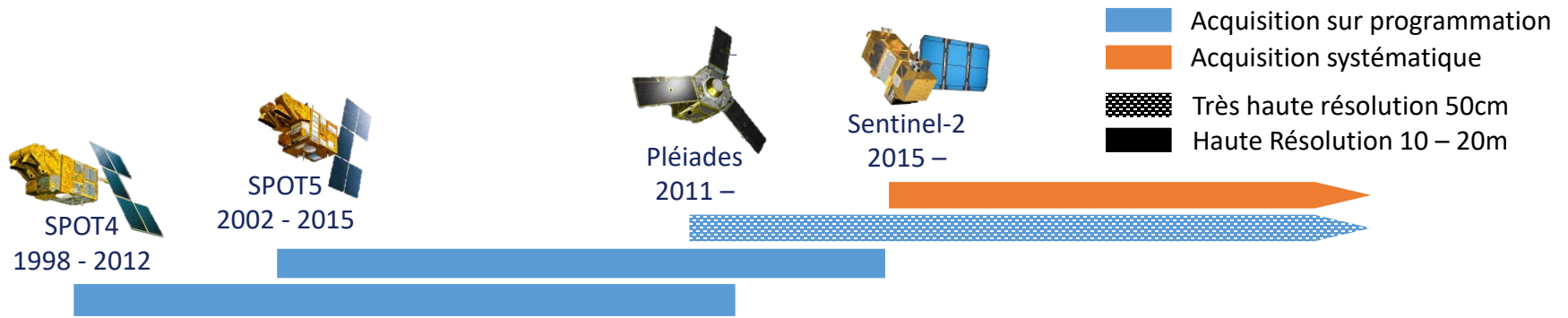
Sentinel : Nouvelle génération d'instruments (2015)

- Acquisitions similaires
- Nuages... toujours présents, même si mieux reconnus

SPOT4 2006-08-12



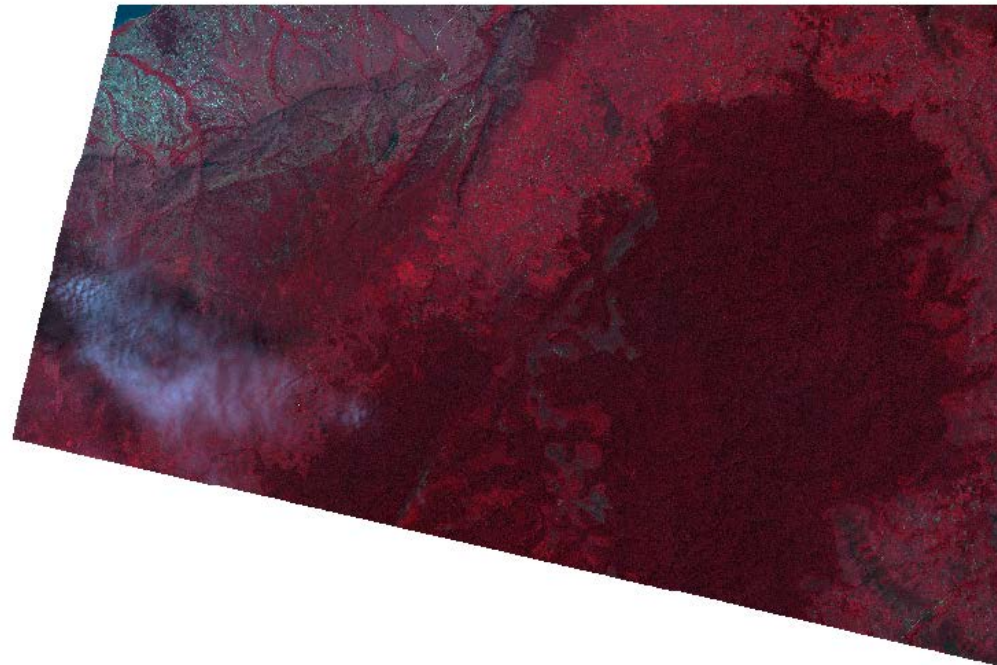
Les images satellite au service du suivi de la forêt



Difficulté des séries historiques multi-instruments:

- Résolutions différentes
- Emprises différentes
- Radiométries différentes
- Précision de géolocalisation (superposition imparfaite des images)

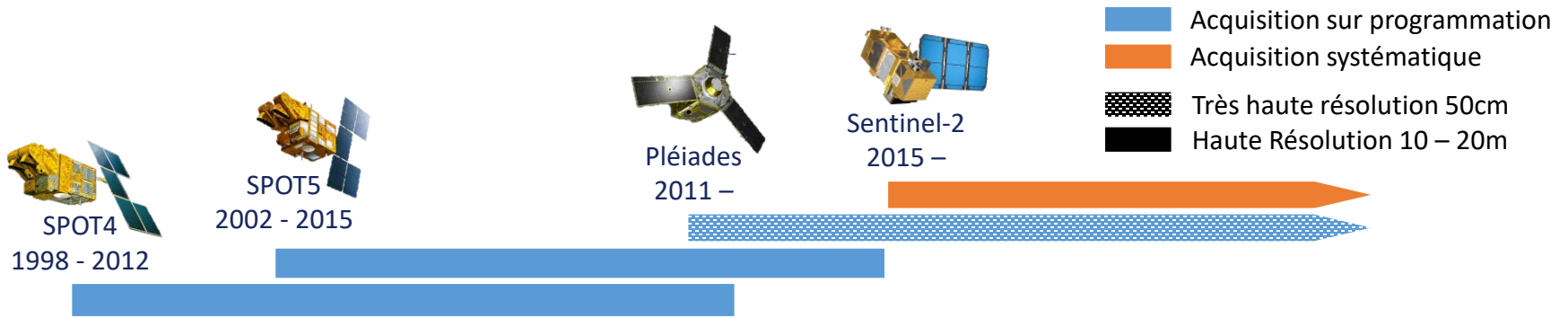
SPOT5 2007-12-23



Sentinel : Nouvelle génération d'instruments (2015)

- Acquisitions similaires
- Nuages... toujours présents, même si mieux reconnus

Les images satellite au service du suivi de la forêt



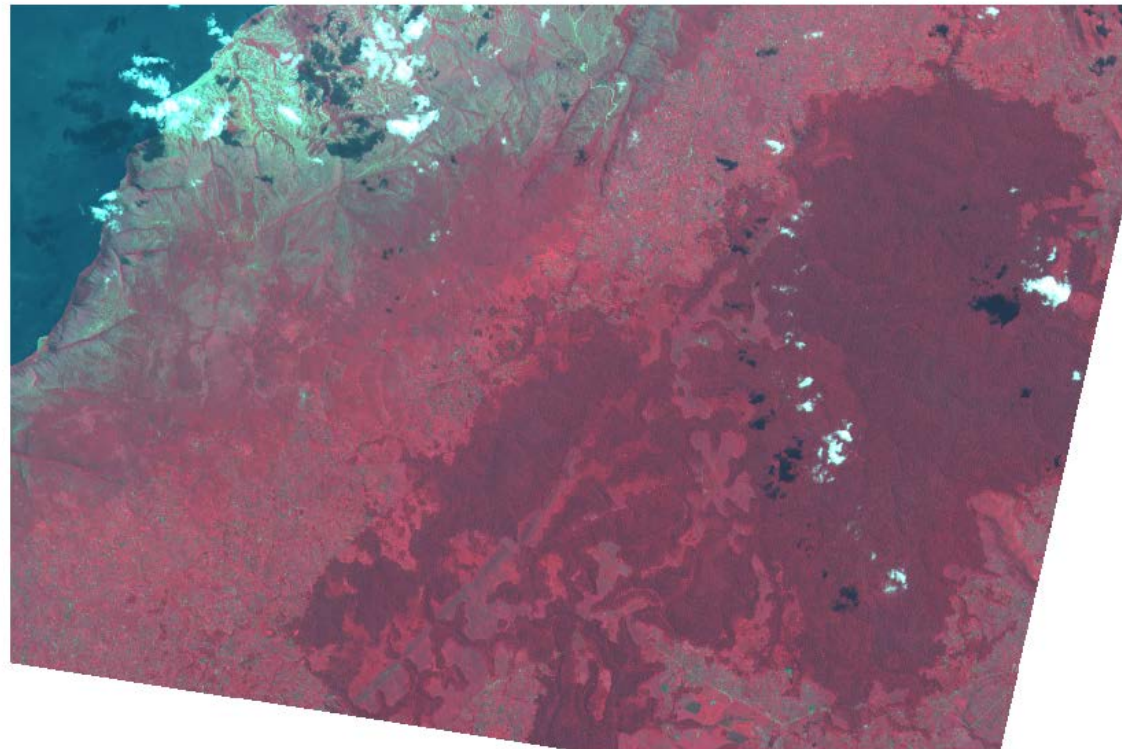
Difficulté des séries historiques multi-instruments:

- Résolutions différentes
- Emprises différentes
- Radiométries différentes
- Précision de géolocalisation (superposition imparfaite des images)

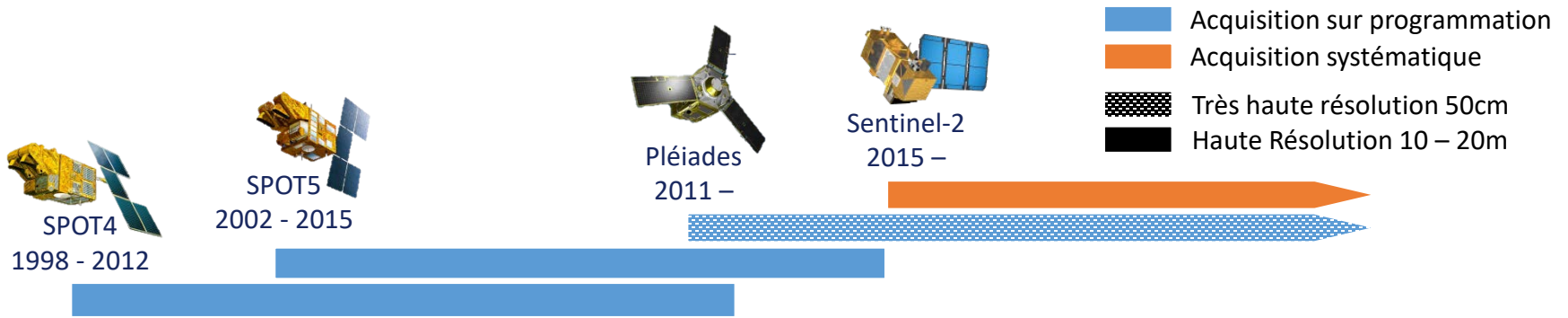
Sentinel : Nouvelle génération d'instruments (2015)

- Acquisitions similaires
- Nuages... toujours présents, même si mieux reconnus

SPOT4 2008-06-18



Les images satellite au service du suivi de la forêt



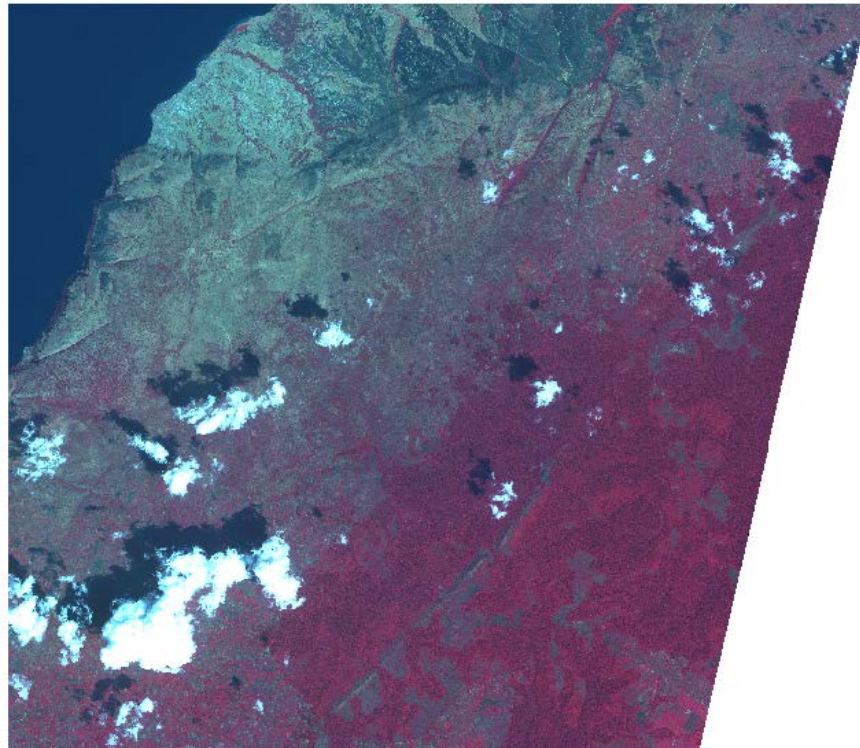
Difficulté des séries historiques multi-instruments:

- Résolutions différentes
- Emprises différentes
- Radiométries différentes
- Précision de géolocalisation (superposition imparfaite des images)

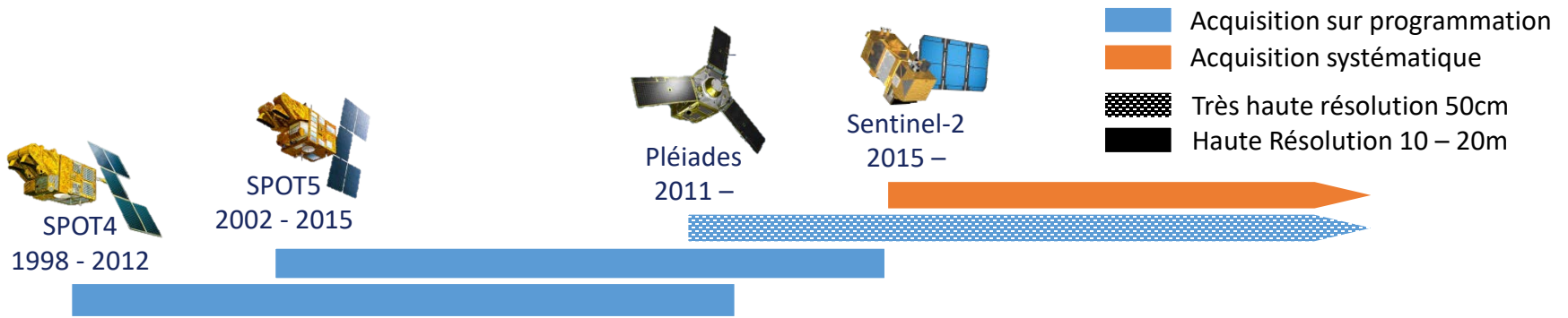
Sentinel : Nouvelle génération d'instruments (2015)

- Acquisitions similaires
- Nuages... toujours présents, même si mieux reconnus

SPOT5 2009-01-01



Les images satellite au service du suivi de la forêt



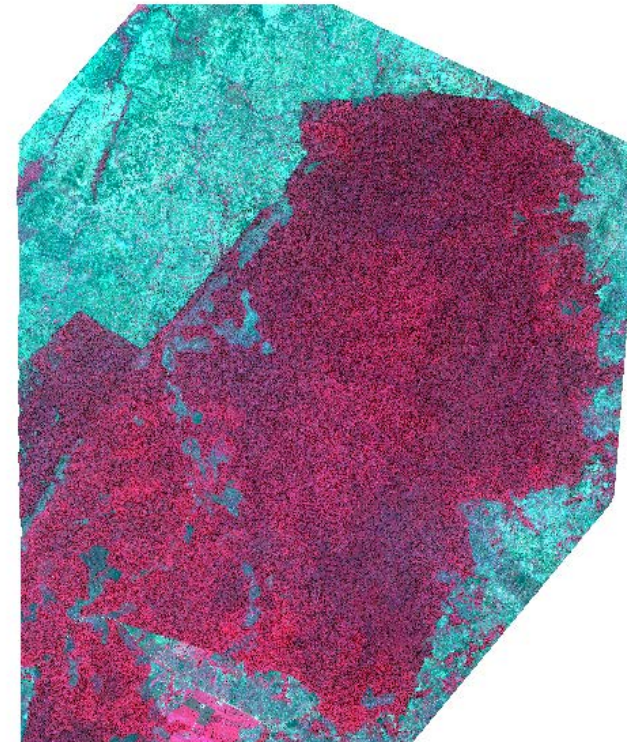
Difficulté des séries historiques multi-instruments:

- Résolutions différentes
- Emprises différentes
- Radiométries différentes
- Précision de géolocalisation (superposition imparfaite des images)

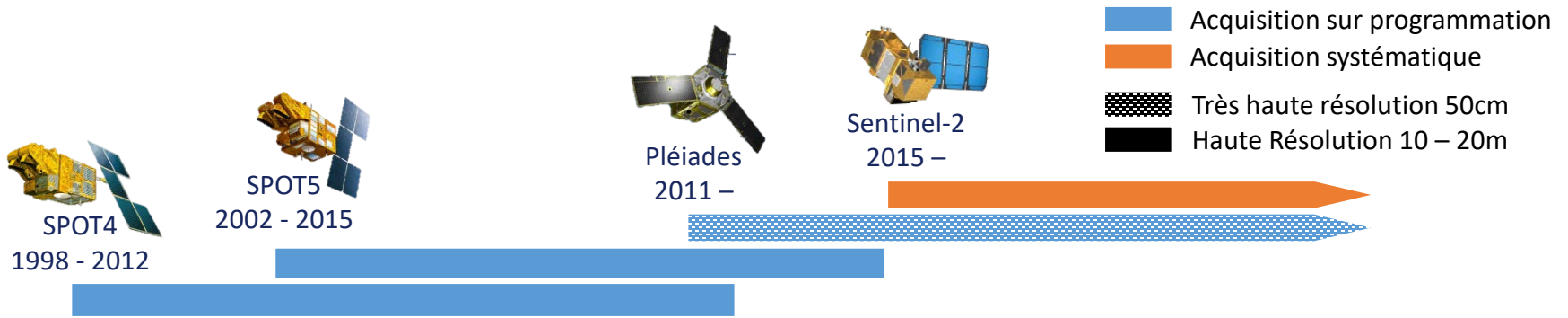
2012-03-17

Sentinel : Nouvelle génération d'instruments (2015)

- Acquisitions similaires
- Nuages... toujours présents, même si mieux reconnus



Les images satellite au service du suivi de la forêt



Difficulté des séries historiques multi-instruments:

- Résolutions différentes
- Emprises différentes
- Radiométries différentes
- Précision de géolocalisation (superposition imparfaite des images)

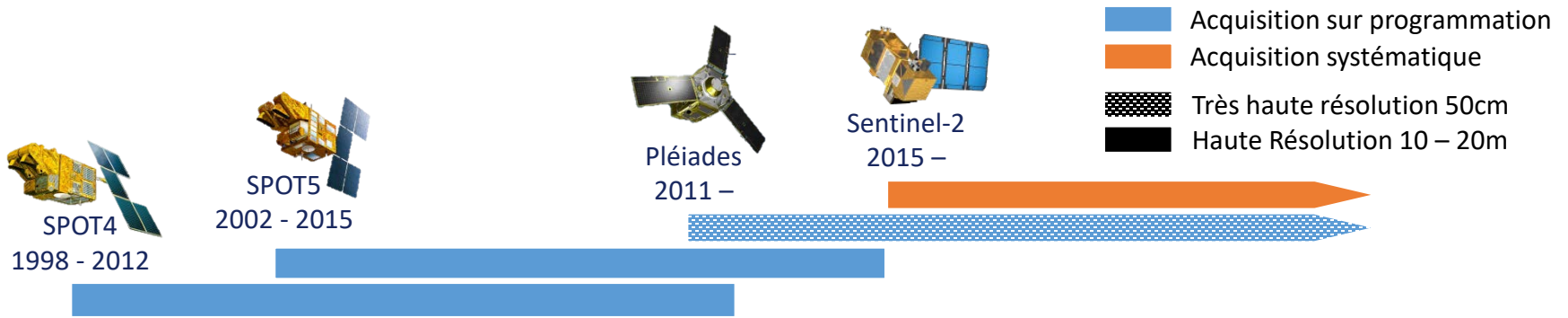
Sentinel : Nouvelle génération d'instruments (2015)

- Acquisitions similaires
- Nuages... toujours présents, même si mieux reconnus

SENTINEL2 2015-11-25



Les images satellite au service du suivi de la forêt



Difficulté des séries historiques multi-instruments:

- Résolutions différentes
- Emprises différentes
- Radiométries différentes
- Précision de géolocalisation (superposition imparfaite des images)

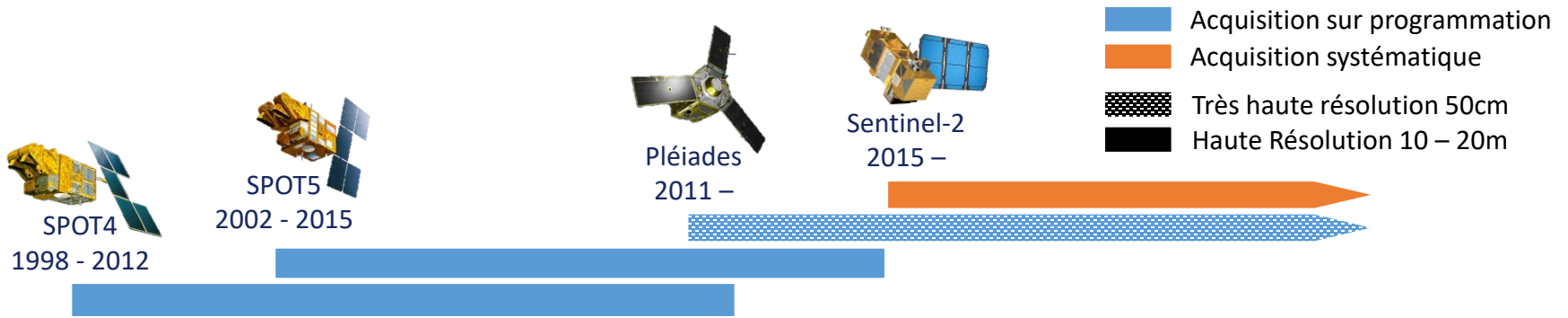
Sentinel : Nouvelle génération d'instruments (2015)

- Acquisitions similaires
- Nuages... toujours présents, même si mieux reconnus

SENTINEL2 2016-12-09



Les images satellite au service du suivi de la forêt



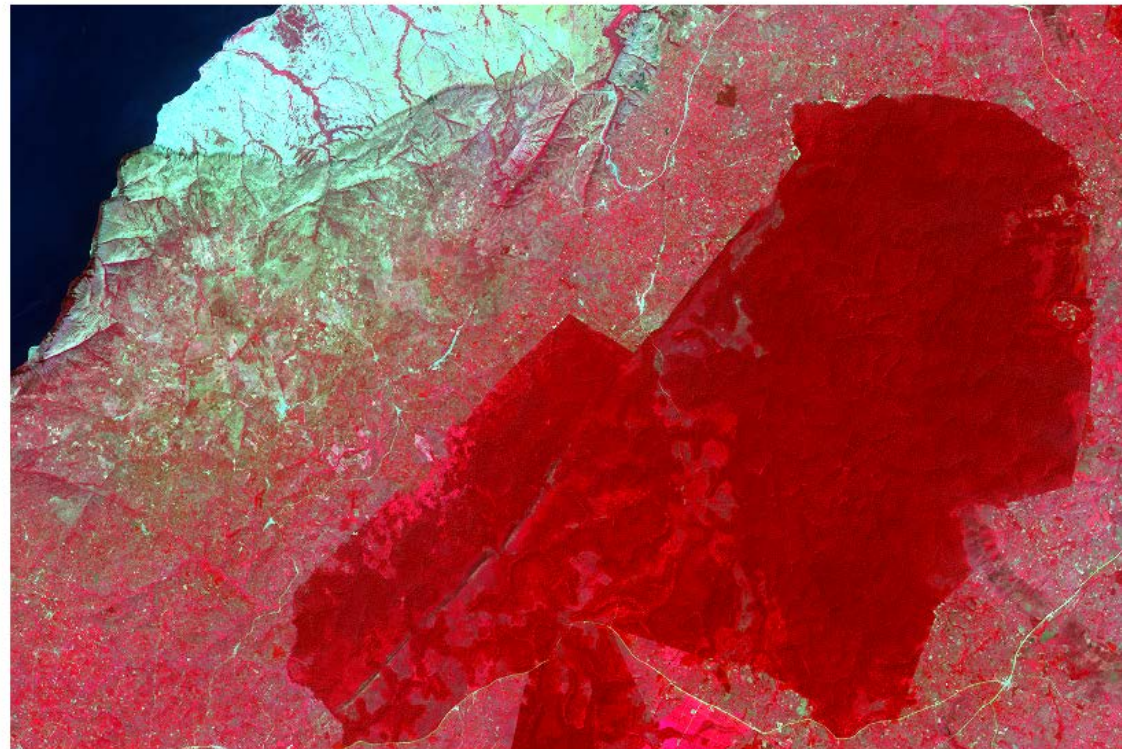
Difficulté des séries historiques multi-instruments:

- Résolutions différentes
- Emprises différentes
- Radiométries différentes
- Précision de géolocalisation (superposition imparfaite des images)

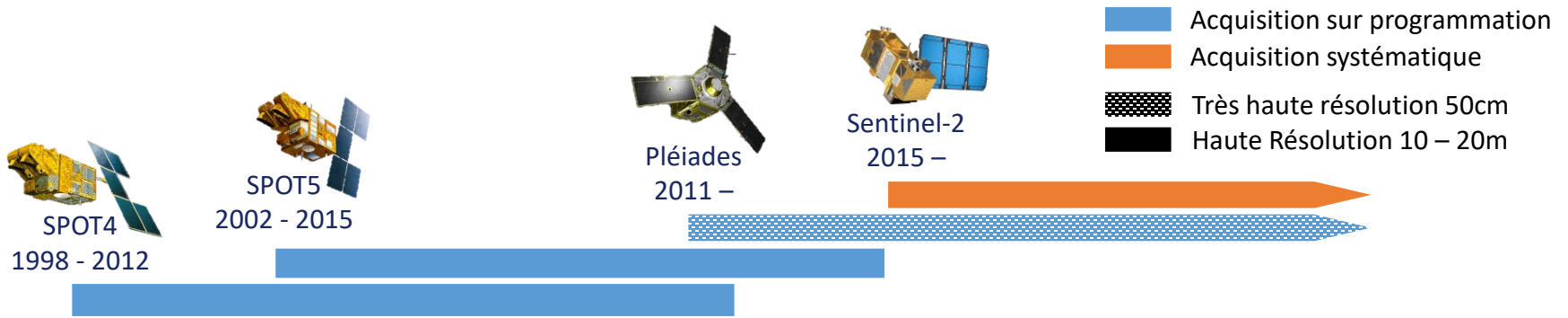
Sentinel : Nouvelle génération d'instruments (2015)

- Acquisitions similaires
- Nuages... toujours présents, même si mieux reconnus

SENTINEL2 2017-12-14



Les images satellite au service du suivi de la forêt



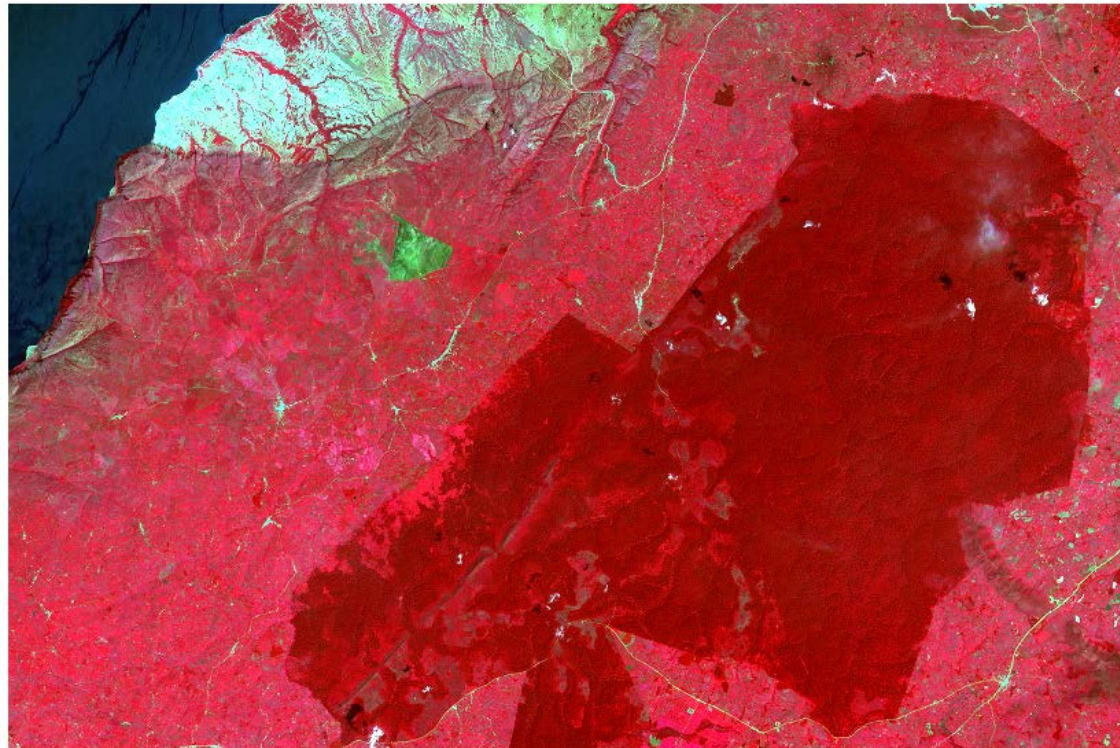
Difficulté des séries historiques multi-instruments:

- Résolutions différentes
- Emprises différentes
- Radiométries différentes
- Précision de géolocalisation (superposition imparfaite des images)

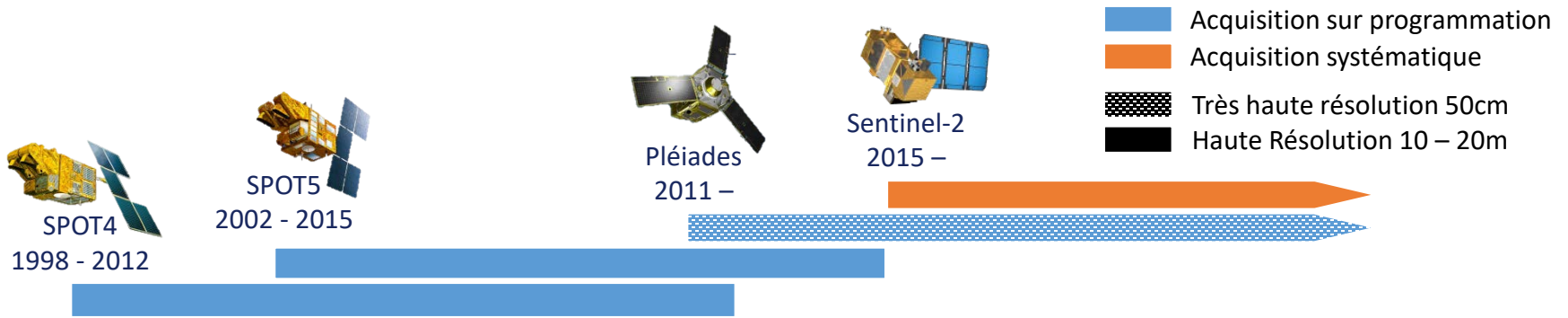
Sentinel : Nouvelle génération d'instruments (2015)

- Acquisitions similaires
- Nuages... toujours présents, même si mieux reconnus

SENTINEL2 2018-11-24



Les images satellite au service du suivi de la forêt



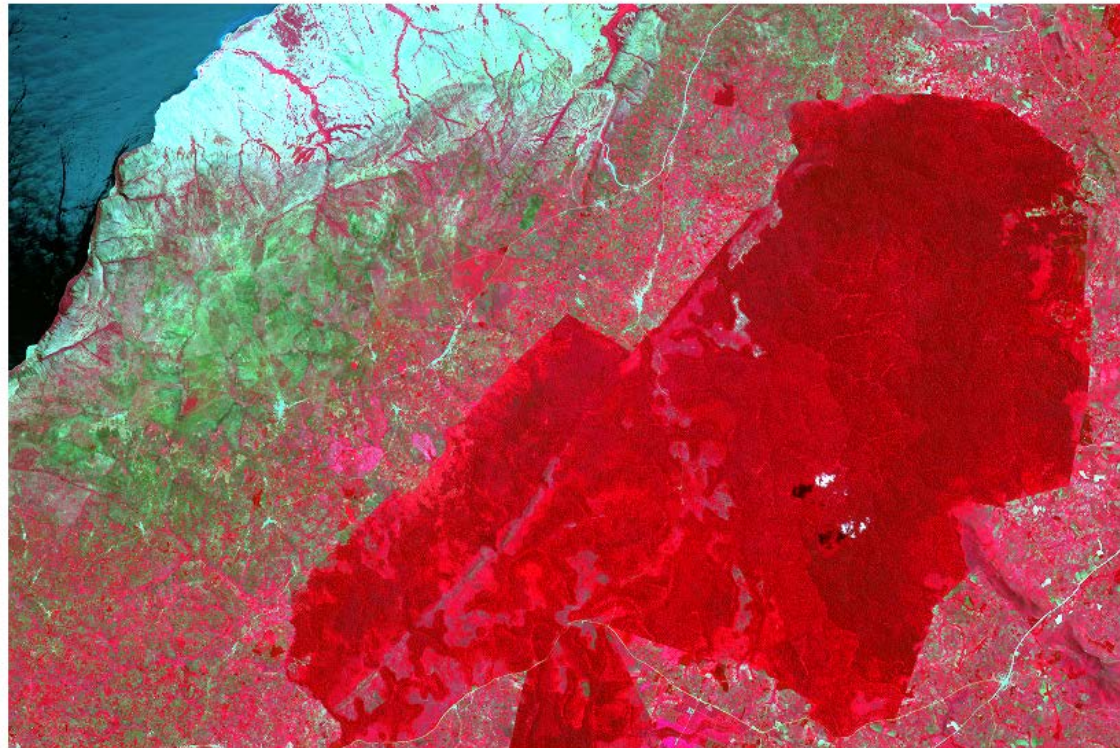
Difficulté des séries historiques multi-instruments:

- Résolutions différentes
- Emprises différentes
- Radiométries différentes
- Précision de géolocalisation (superposition imparfaite des images)

Sentinel : Nouvelle génération d'instruments (2015)

- Acquisitions similaires
- Nuages... toujours présents, même si mieux reconnus

SENTINEL2 2019-05-03



Les images satellite au service du suivi de la forêt

Pléiades 2012/03/17

taille du pixel : 50 cm

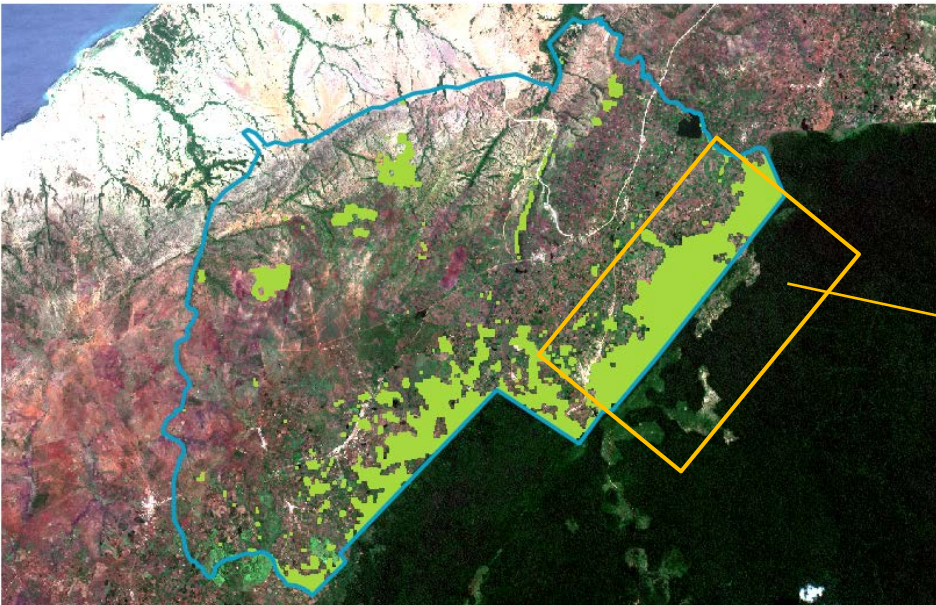


Suivi de la forêt sur le district de Kaseeta résultats préliminaires

Identification de la zone forestière sur la série temporelle

- Application d'un algorithme de classification sur chaque image
- Attention aux nuages qui perturbent la classification en indiquant un changement d'état de surface
- Confusion forêt / non forêt sur certaines zones nécessite d'affiner l'algorithme

1999-05-25



Zone de Kaseeta

■ Classe « forêt »

1999-05-25



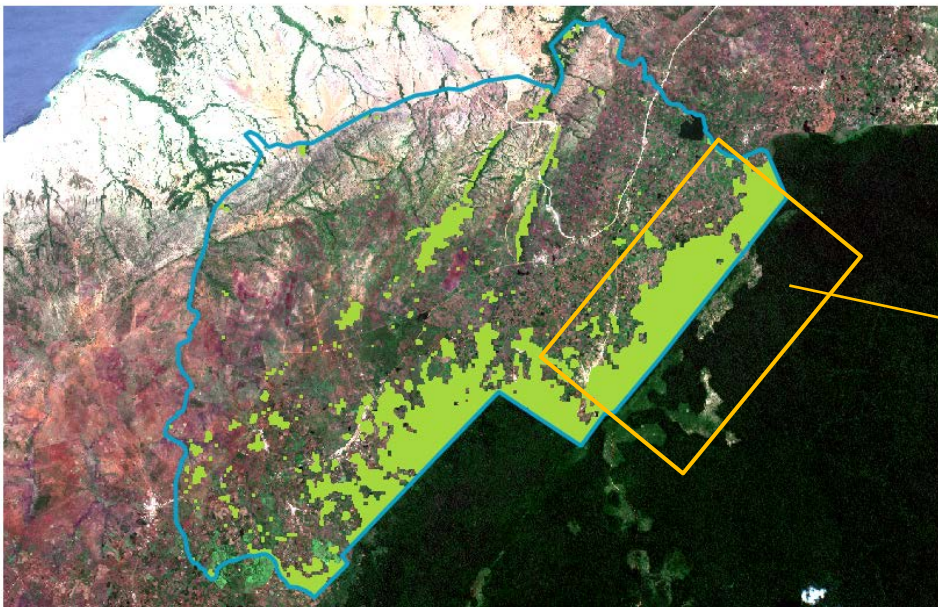
Focus sur la lisière de la forêt

Suivi de la forêt sur le district de Kaseeta résultats préliminaires

Identification de la zone forestière sur la série temporelle

- Application d'un algorithme de classification sur chaque image
- Attention aux nuages qui perturbent la classification en indiquant un changement d'état de surface
- Confusion forêt / non forêt sur certaines zones nécessite d'affiner l'algorithme

2003-12-19



Zone de Kaseeta

■ Classe « forêt »

2003-12-19



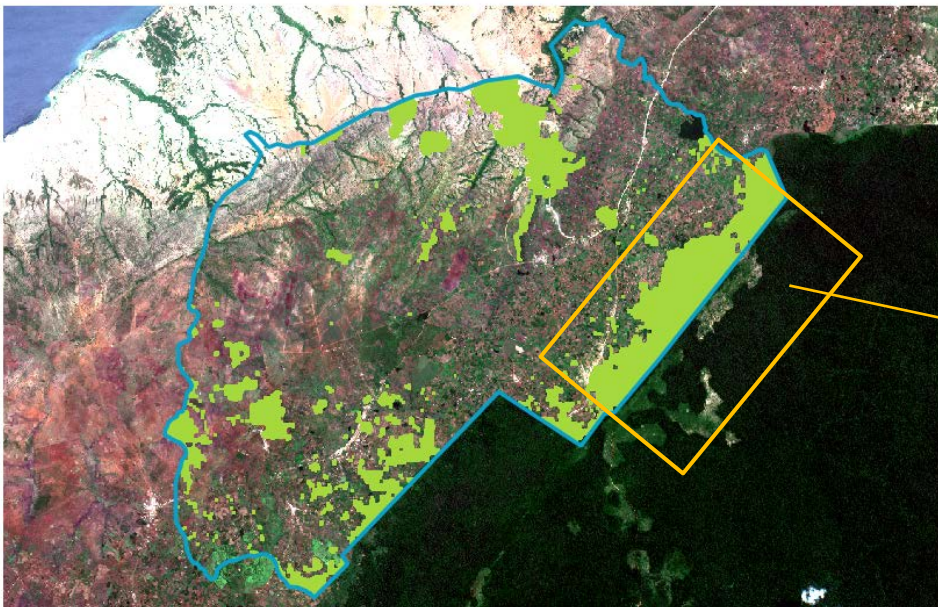
Focus sur la lisière de la forêt

Suivi de la forêt sur le district de Kaseeta résultats préliminaires

Identification de la zone forestière sur la série temporelle

- Application d'un algorithme de classification sur chaque image
- Attention aux nuages qui perturbent la classification en indiquant un changement d'état de surface
- Confusion forêt / non forêt sur certaines zones nécessite d'affiner l'algorithme

2004-04-27



Zone de Kaseeta

■ Classe « forêt »

2004-04-27



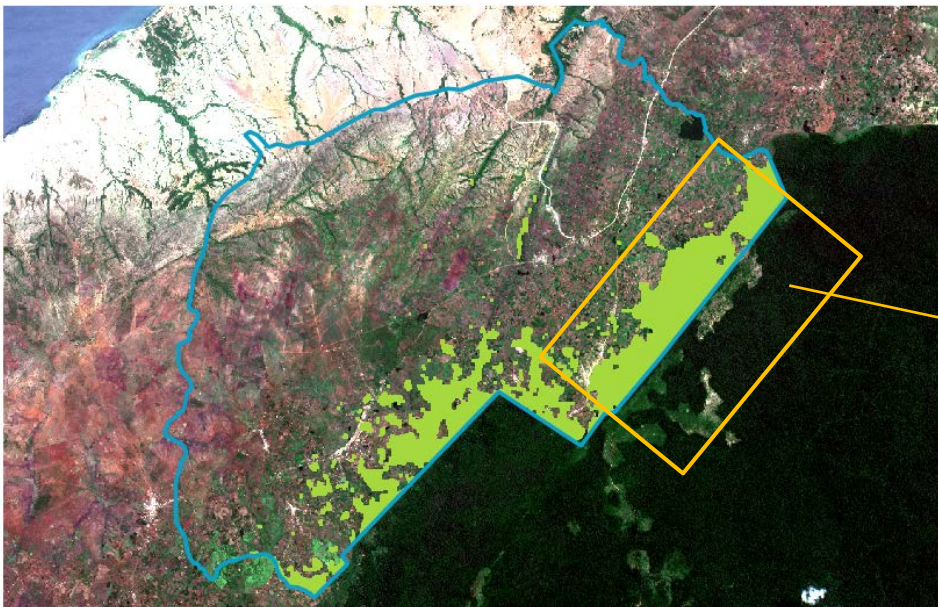
Focus sur la lisière de la forêt

Suivi de la forêt sur le district de Kaseeta résultats préliminaires

Identification de la zone forestière sur la série temporelle

- Application d'un algorithme de classification sur chaque image
- Attention aux nuages qui perturbent la classification en indiquant un changement d'état de surface
- Confusion forêt / non forêt sur certaines zones nécessite d'affiner l'algorithme

2004-07-04



Zone de Kaseeta

■ Classe « forêt »

2004-07-04



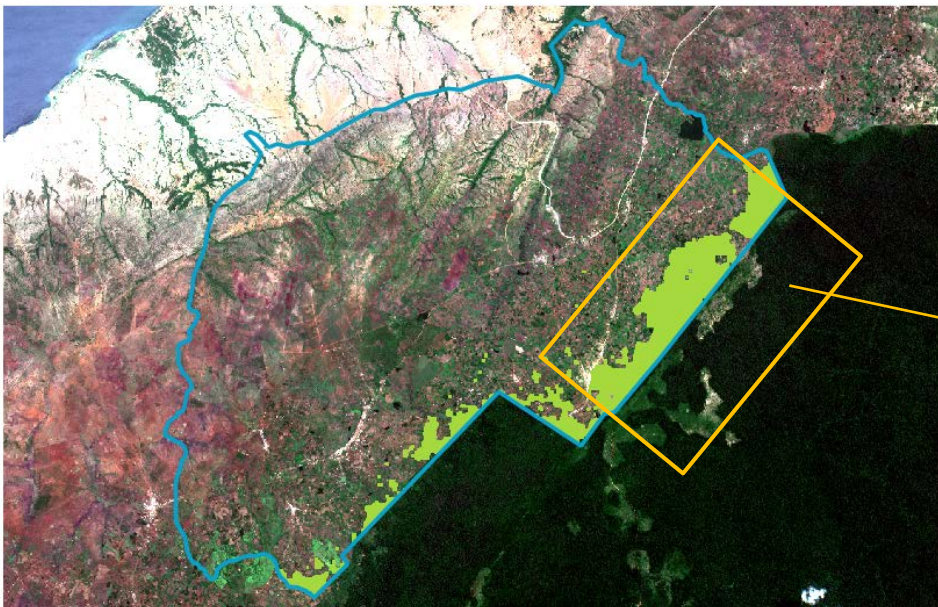
Focus sur la lisière de la forêt

Suivi de la forêt sur le district de Kaseeta résultats préliminaires

Identification de la zone forestière sur la série temporelle

- Application d'un algorithme de classification sur chaque image
- Attention aux nuages qui perturbent la classification en indiquant un changement d'état de surface
- Confusion forêt / non forêt sur certaines zones nécessite d'affiner l'algorithme

2005-02-12



Zone de Kaseeta

■ Classe « forêt »

2005-02-12



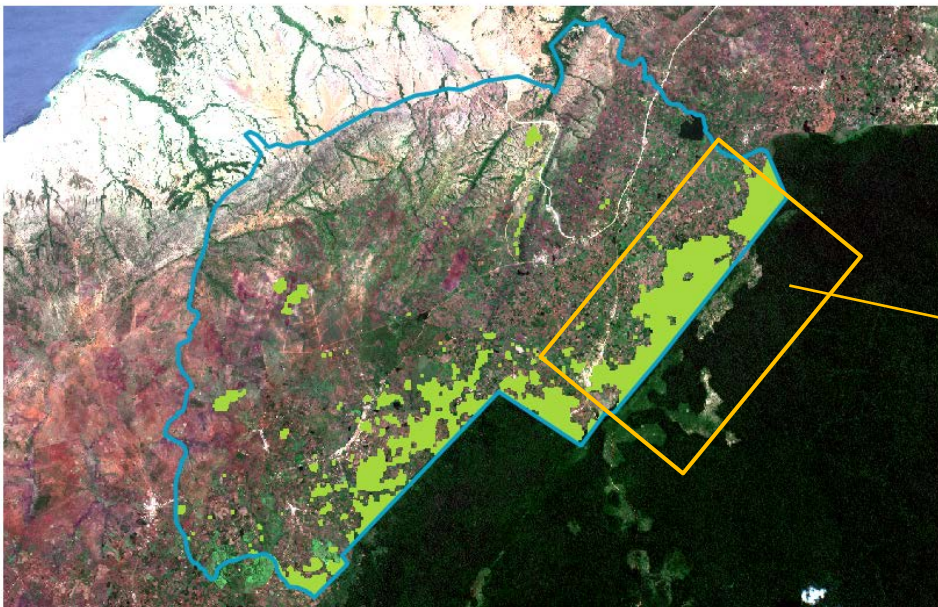
Focus sur la lisière de la forêt

Suivi de la forêt sur le district de Kaseeta résultats préliminaires

Identification de la zone forestière sur la série temporelle

- Application d'un algorithme de classification sur chaque image
- Attention aux nuages qui perturbent la classification en indiquant un changement d'état de surface
- Confusion forêt / non forêt sur certaines zones nécessite d'affiner l'algorithme

2006-08-12



Zone de Kaseeta

■ Classe « forêt »

2006-08-12



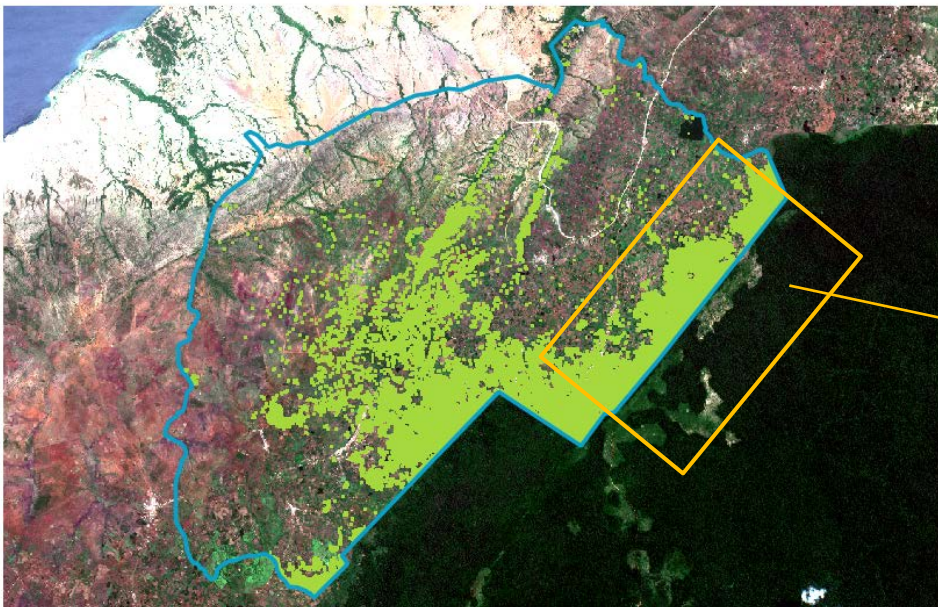
Focus sur la lisière de la forêt

Suivi de la forêt sur le district de Kaseeta résultats préliminaires

Identification de la zone forestière sur la série temporelle

- Application d'un algorithme de classification sur chaque image
- Attention aux nuages qui perturbent la classification en indiquant un changement d'état de surface
- Confusion forêt / non forêt sur certaines zones nécessite d'affiner l'algorithme

2007-12-23



Zone de Kaseeta

■ Classe « forêt »

2007-12-23



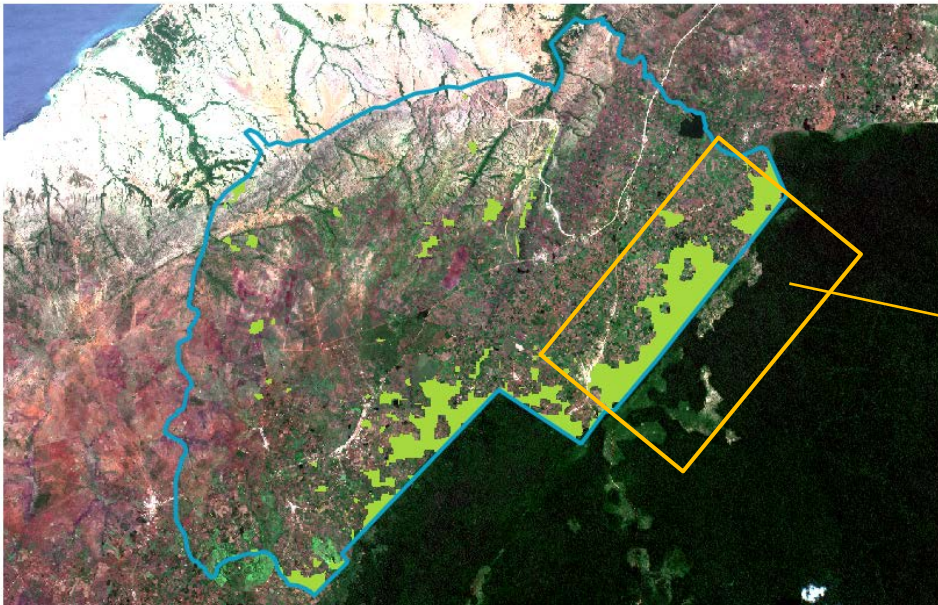
Focus sur la lisière de la forêt

Suivi de la forêt sur le district de Kaseeta résultats préliminaires

Identification de la zone forestière sur la série temporelle

- Application d'un algorithme de classification sur chaque image
- Attention aux nuages qui perturbent la classification en indiquant un changement d'état de surface
- Confusion forêt / non forêt sur certaines zones nécessite d'affiner l'algorithme

2008-06-18



Zone de Kaseeta

■ Classe « forêt »

2008-06-18



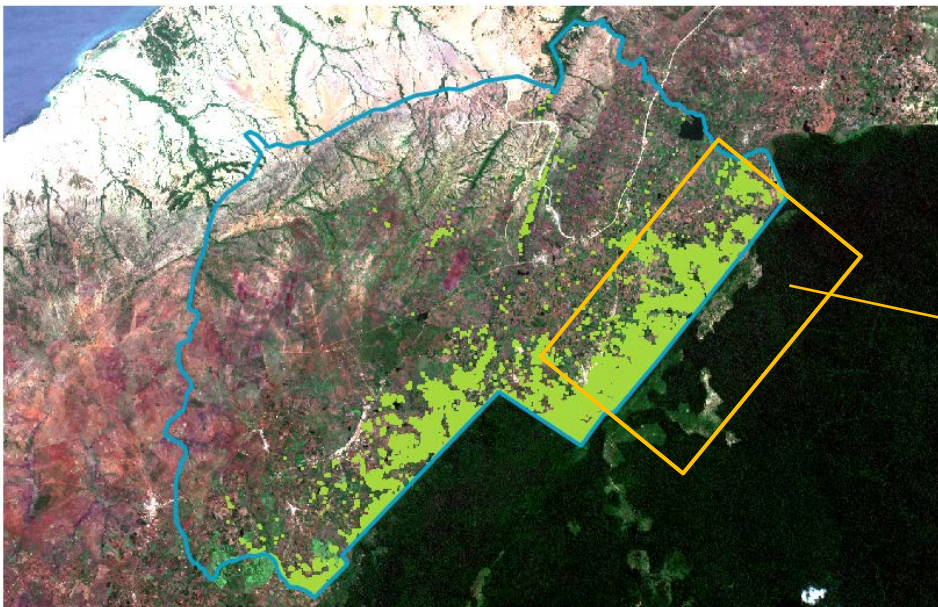
Focus sur la lisière de la forêt

Suivi de la forêt sur le district de Kaseeta résultats préliminaires

Identification de la zone forestière sur la série temporelle

- Application d'un algorithme de classification sur chaque image
- Attention aux nuages qui perturbent la classification en indiquant un changement d'état de surface
- Confusion forêt / non forêt sur certaines zones nécessite d'affiner l'algorithme

2009-01-01



Zone de Kaseeta

■ Classe « forêt »

2009-01-01



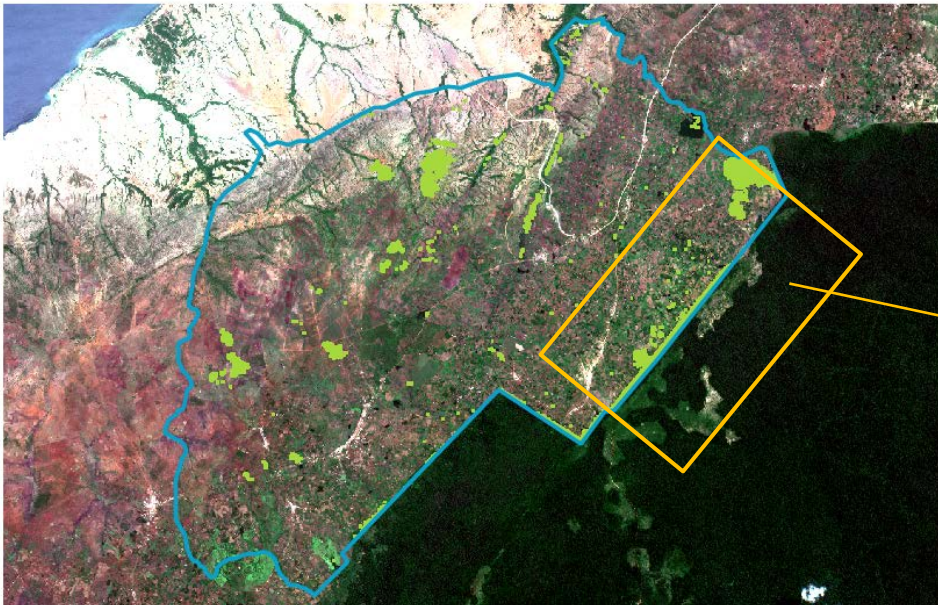
Focus sur la lisière de la forêt

Suivi de la forêt sur le district de Kaseeta résultats préliminaires

Identification de la zone forestière sur la série temporelle

- Application d'un algorithme de classification sur chaque image
- Attention aux nuages qui perturbent la classification en indiquant un changement d'état de surface
- Confusion forêt / non forêt sur certaines zones nécessite d'affiner l'algorithme

2015-11-25



Zone de Kaseeta

■ Classe « forêt »

2015-11-25



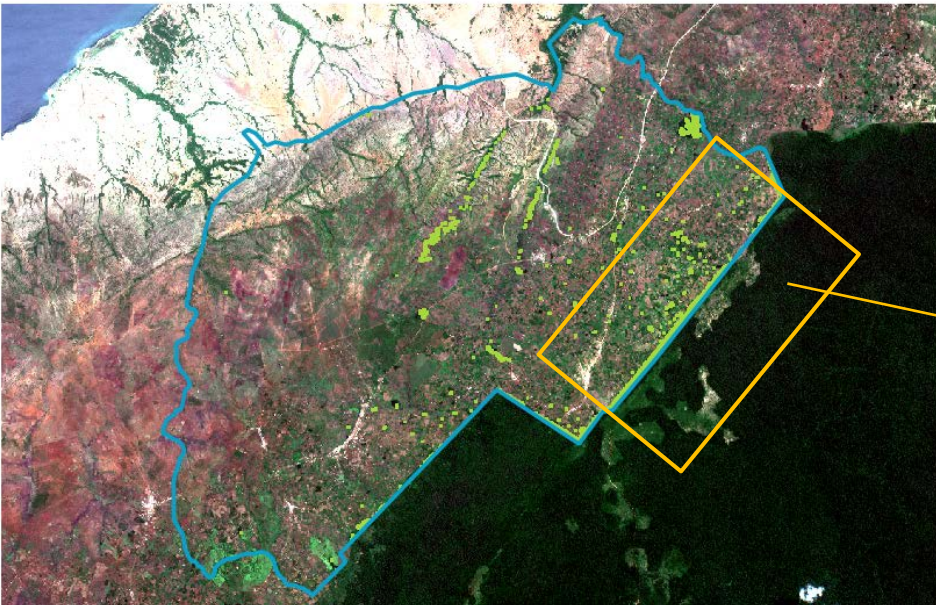
Focus sur la lisière de la forêt

Suivi de la forêt sur le district de Kaseeta résultats préliminaires

Identification de la zone forestière sur la série temporelle

- Application d'un algorithme de classification sur chaque image
- Attention aux nuages qui perturbent la classification en indiquant un changement d'état de surface
- Confusion forêt / non forêt sur certaines zones nécessite d'affiner l'algorithme

2016-12-09



Zone de Kaseeta

■ Classe « forêt »

2016-12-09



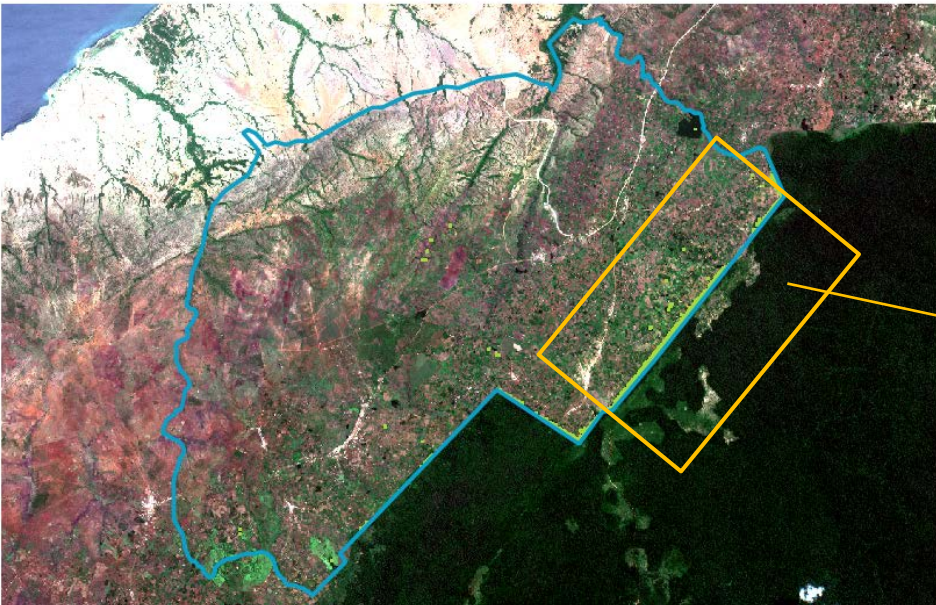
Focus sur la lisière de la forêt

Suivi de la forêt sur le district de Kaseeta résultats préliminaires

Identification de la zone forestière sur la série temporelle

- Application d'un algorithme de classification sur chaque image
- Attention aux nuages qui perturbent la classification en indiquant un changement d'état de surface
- Confusion forêt / non forêt sur certaines zones nécessite d'affiner l'algorithme

2017-12-14



Zone de Kaseeta

■ Classe « forêt »

2017-12-14



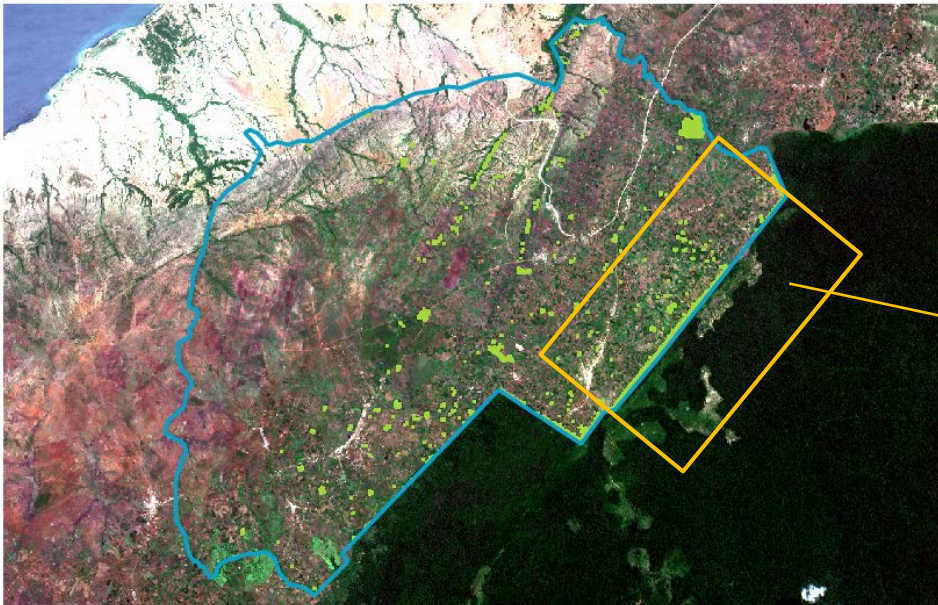
Focus sur la lisière de la forêt

Suivi de la forêt sur le district de Kaseeta résultats préliminaires

Identification de la zone forestière sur la série temporelle

- Application d'un algorithme de classification sur chaque image
- Attention aux nuages qui perturbent la classification en indiquant un changement d'état de surface
- Confusion forêt / non forêt sur certaines zones nécessite d'affiner l'algorithme

2018-11-24



Zone de Kaseeta

■ Classe « forêt »

2018-11-24



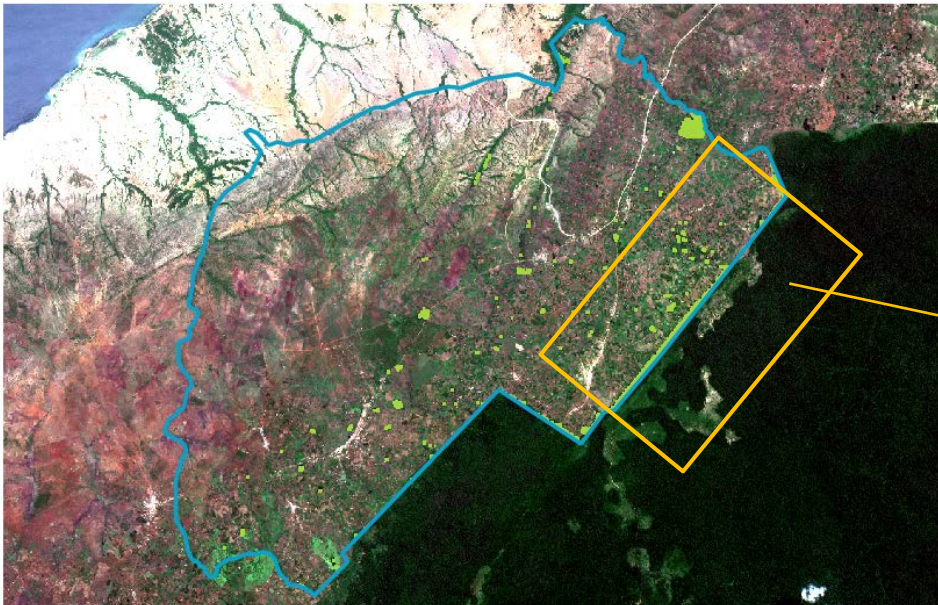
Focus sur la lisière de la forêt

Suivi de la forêt sur le district de Kaseeta résultats préliminaires

Identification de la zone forestière sur la série temporelle

- Application d'un algorithme de classification sur chaque image
- Attention aux nuages qui perturbent la classification en indiquant un changement d'état de surface
- Confusion forêt / non forêt sur certaines zones nécessite d'affiner l'algorithme

2019-05-03



Zone de Kaseeta

■ Classe « forêt »

2019-05-03

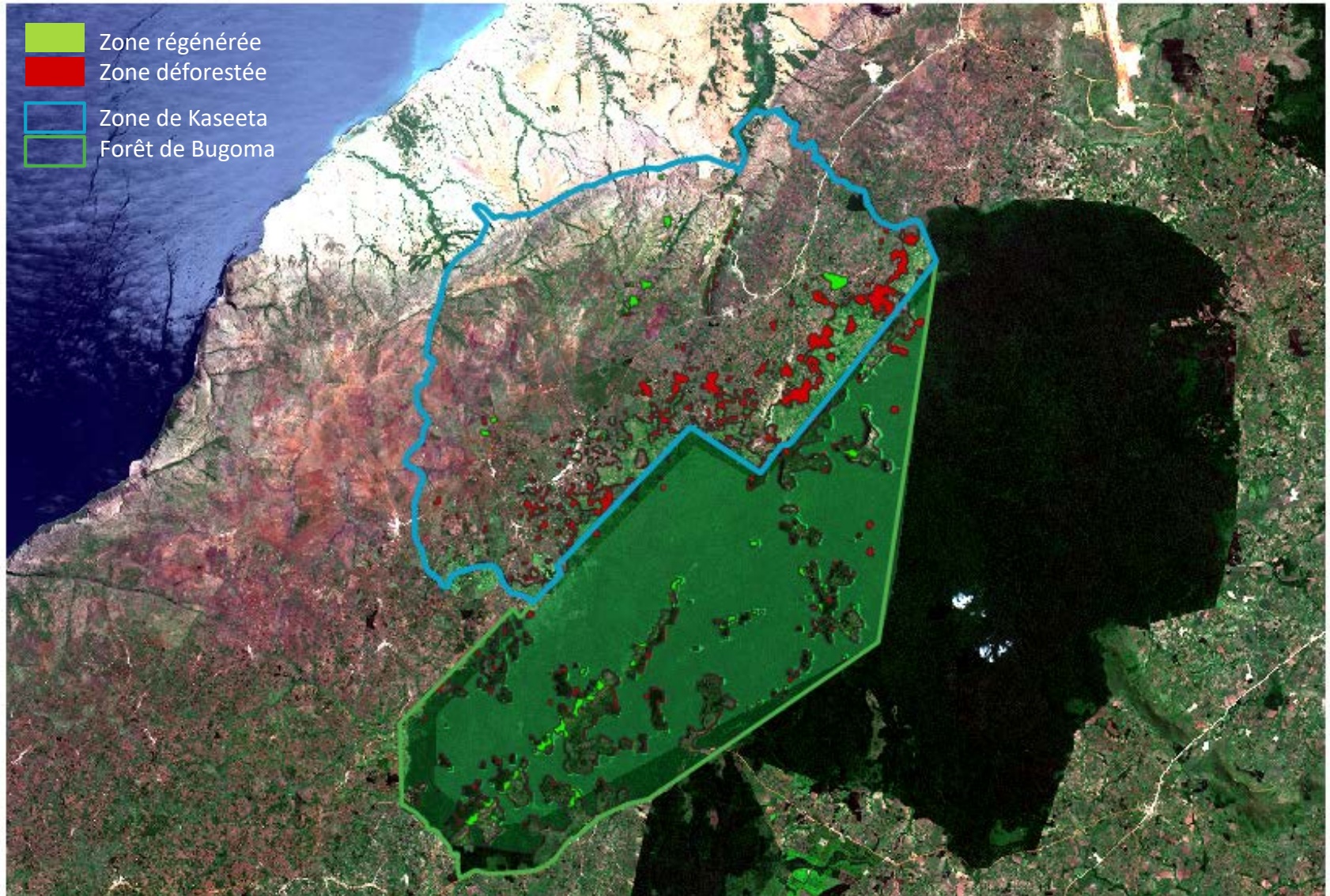


Focus sur la lisière de la forêt

Cartographie déforestation / régénération à Kaseeta

1999->2008

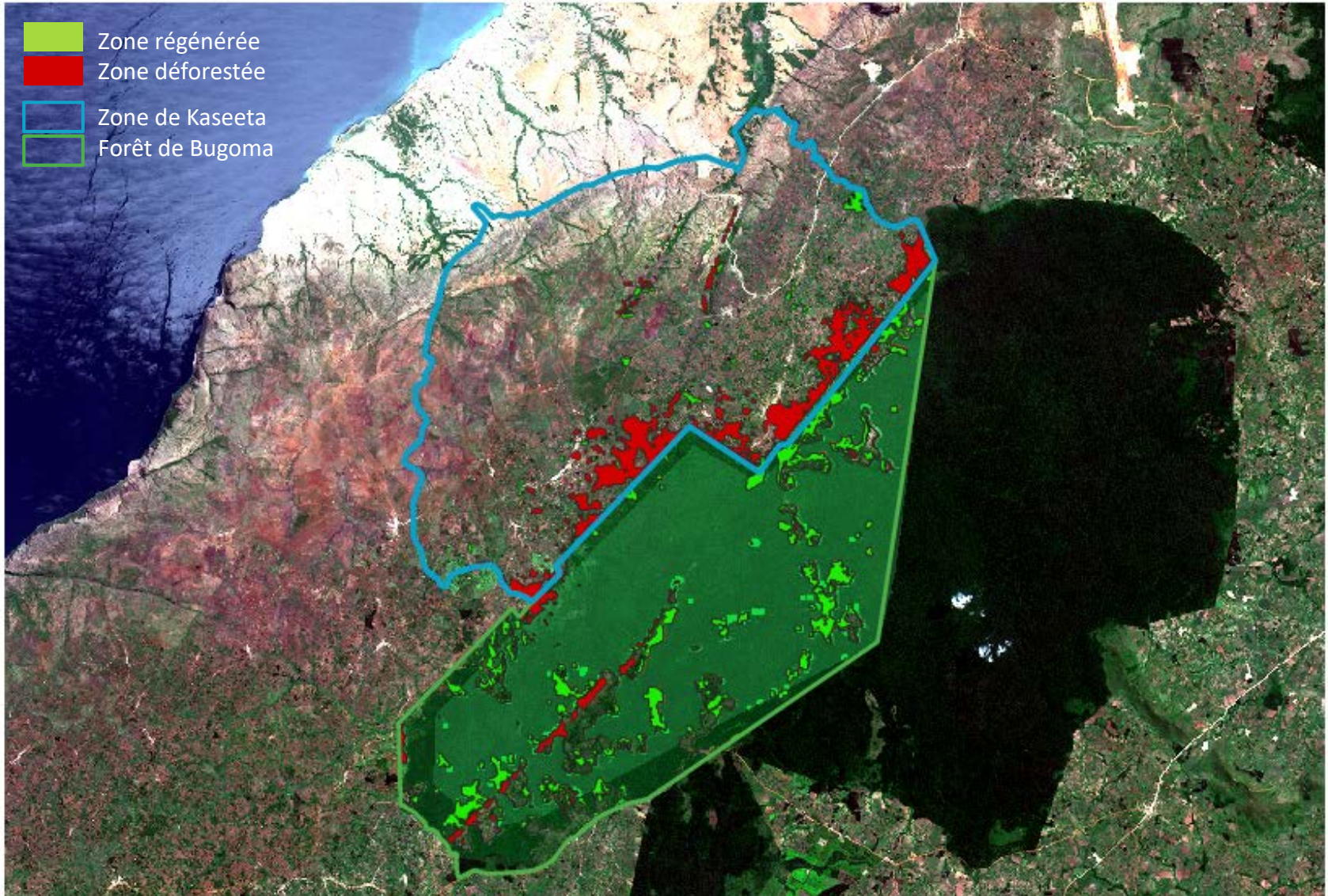
Données nettoyées des effets liés aux nuages au sein des 2 zones d'étude



Cartographie déforestation / régénération à Kaseeta

2008->2016

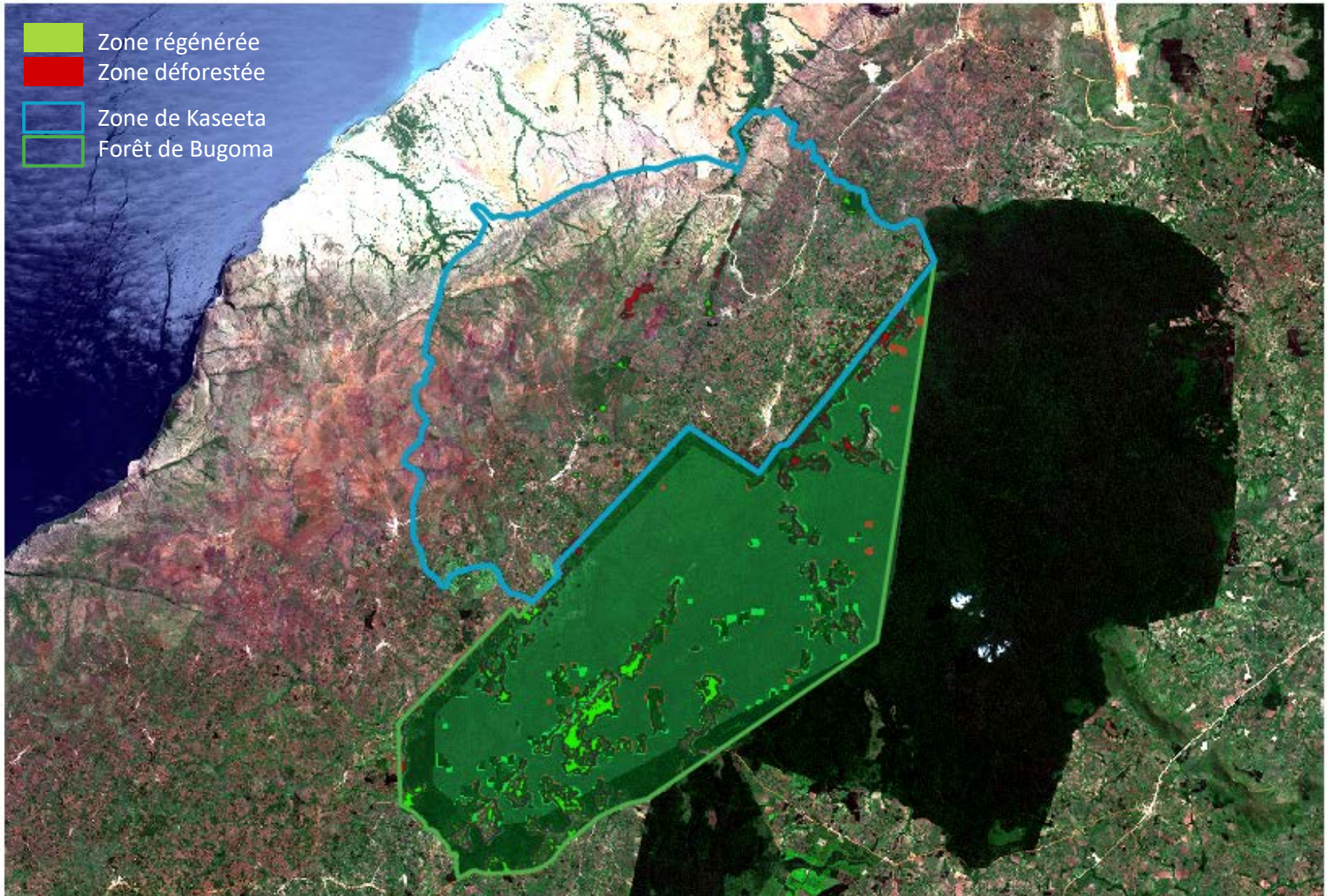
Données nettoyées des effets liés aux nuages au sein des 2 zones d'étude



Cartographie déforestation / régénération à Kaseeta

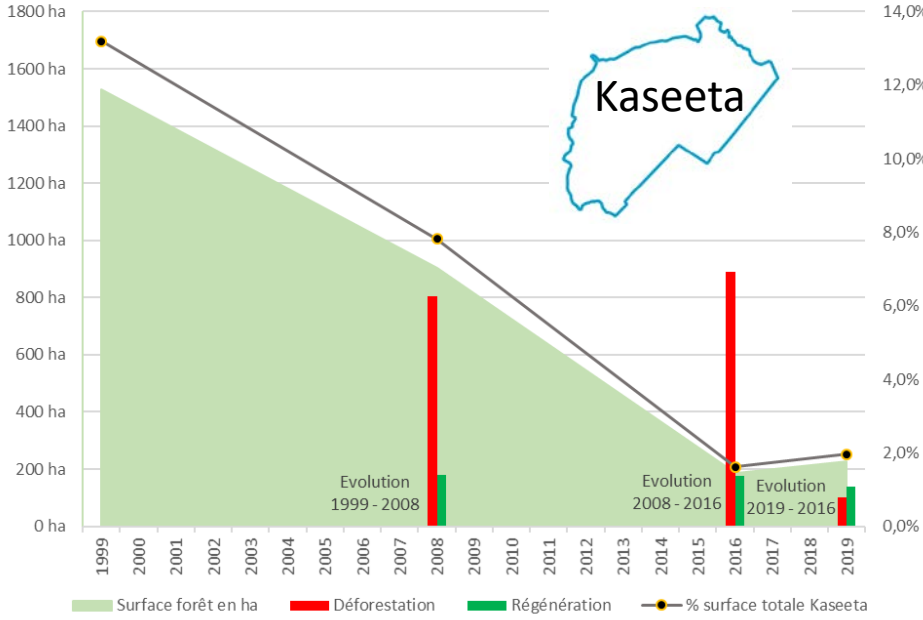
2016->2019

Données nettoyées des effets liés aux nuages au sein des 2 zones d'étude

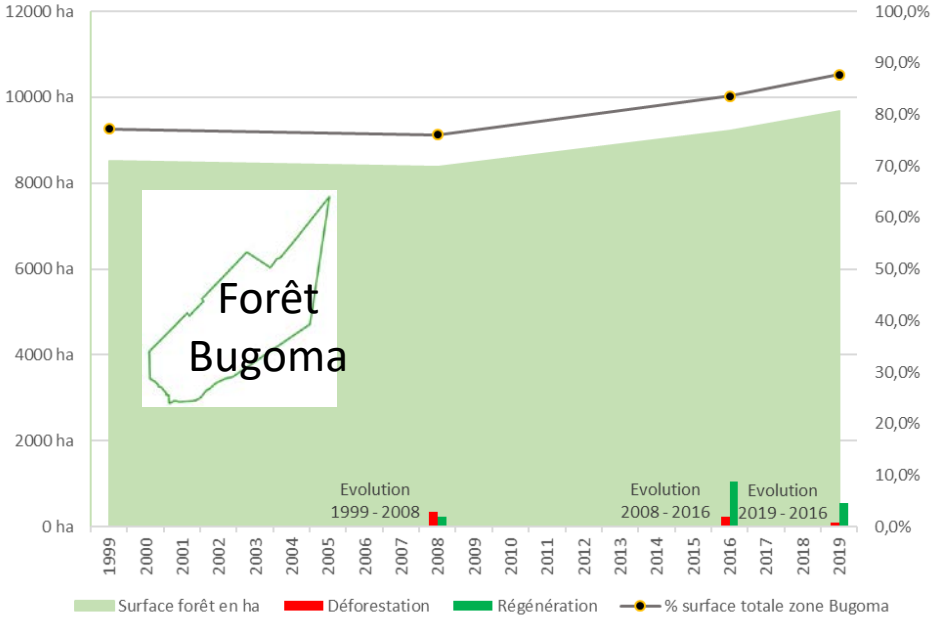


Statistiques déforestation / régénération à Kaseeta

Evolution du couvert forestier de 1999 à 2019



Evolution du couvert forestier de 1999 à 2019

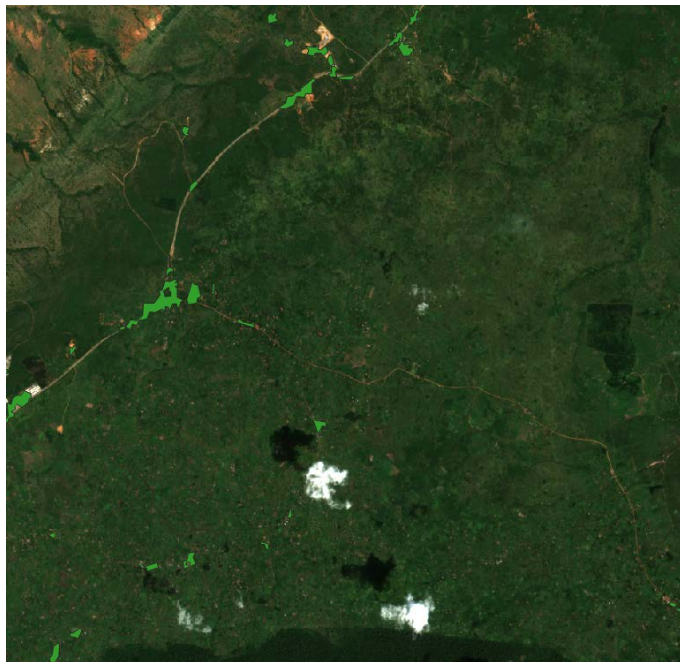


TeleCense : estimation géo-localisée de la population

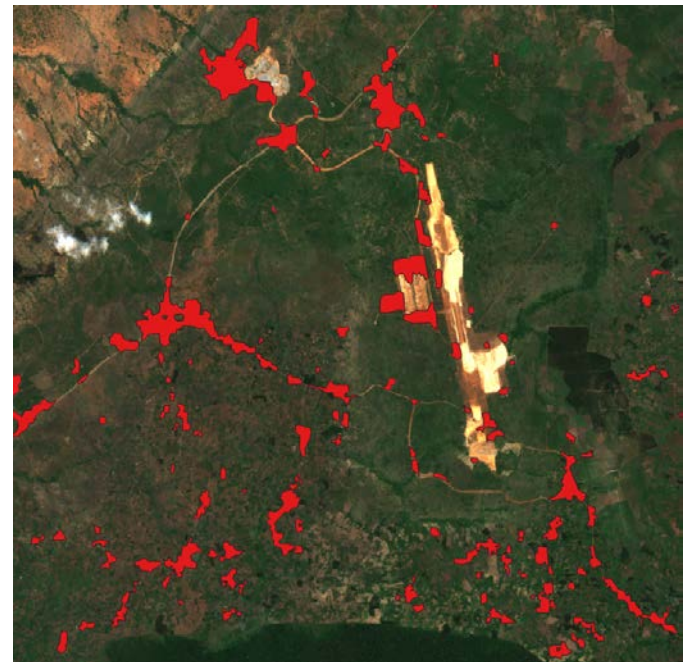
- Images satellites Copernicus gratuites 10 m de résolution
- Radar + optique → Meilleure précision, caractérisation et densité du bâti
- Modèles IA/ML : image et démographie

Ouganda - lac Albert : une explosion démographique

2015



2019



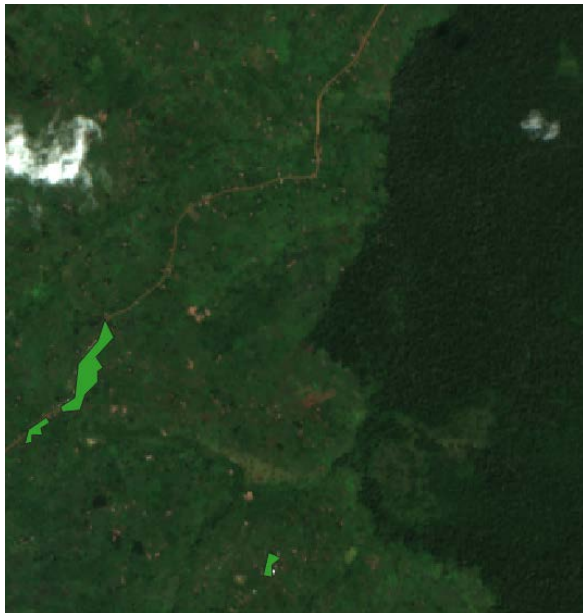
Nord de la forêt de Bugoma

TeleCense

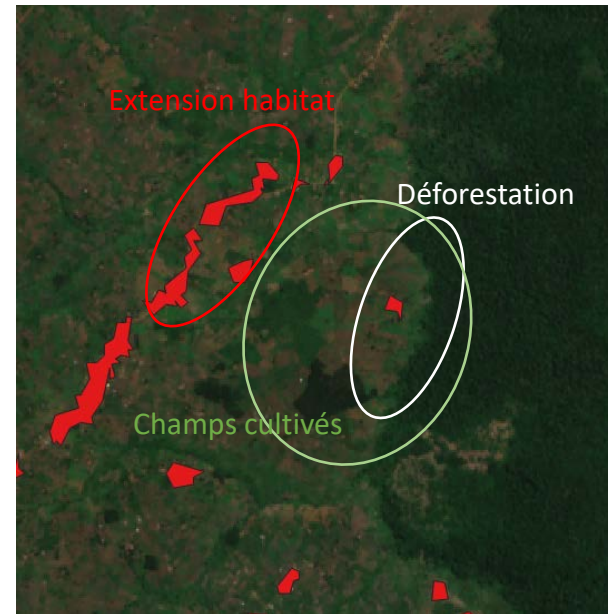
- Un suivi continu (6 mois) : empreinte du bâti, densification / extension des villes, occupation rurale, ...
- Estimation de la population par zone administrative et par groupe urbain (distance < 200 m)
- Projections pour le futur

Pour anticiper les besoins des populations : santé, éducation, agriculture, services, ...

2015

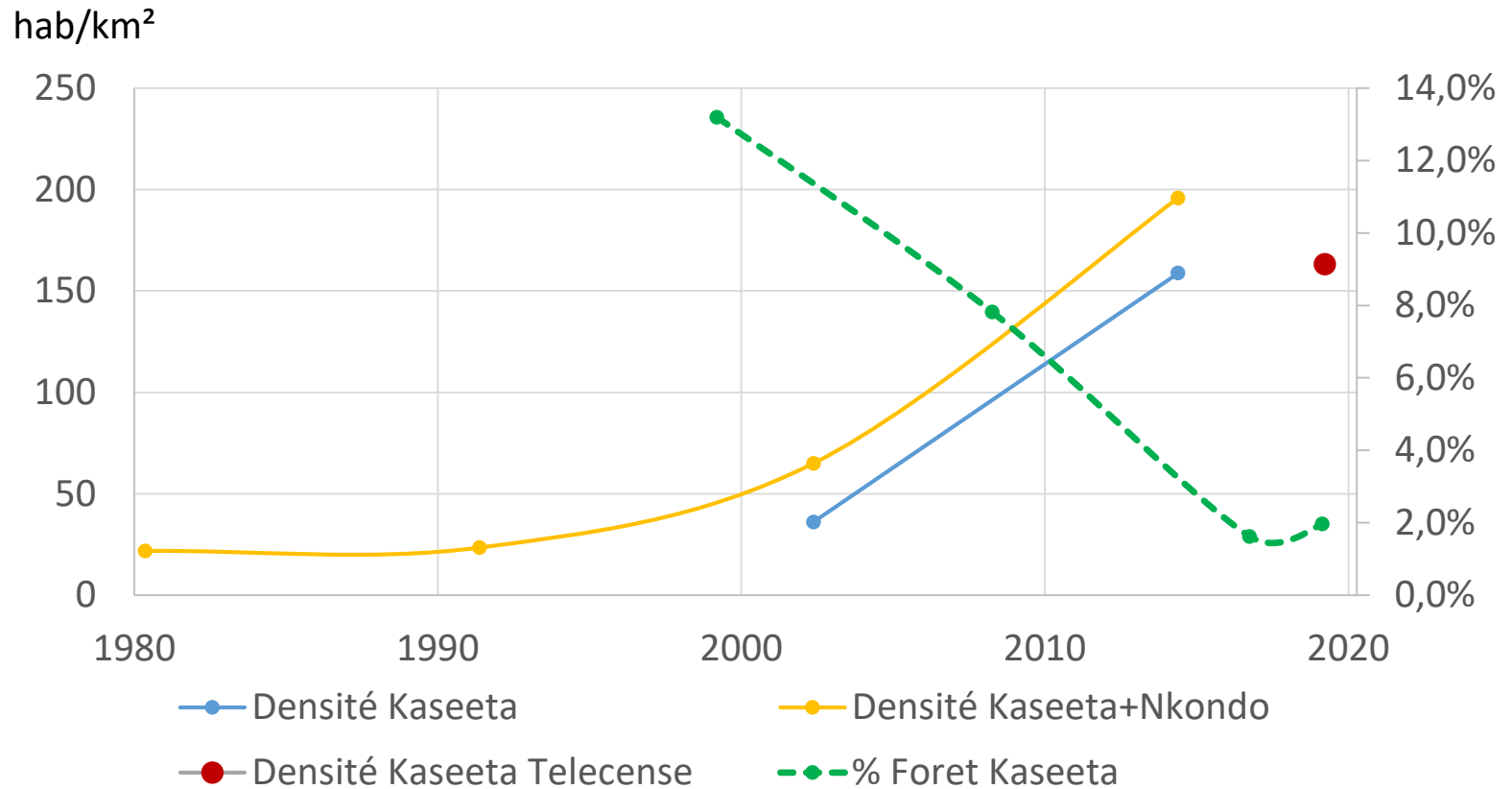


2019



Ouest de la forêt de Bugoma

Conclusions



Conclusions

Apports

- Complémentarité des sources et des analyses
- Les images satellites récentes permettent d'aborder la suite de l'histoire; les anciennes les étapes manquantes
- Quantification des transformations de l'environnement

Difficultés: travail de fourmi dans les trois cas...

- Recensements : questions de découpage administratif
- Images satellites : superposition, limites d'images, nuages, prétraitement... Limites des traitements automatiques?

Travail de terrain nécessaire pour réconcilier les estimations