

Impact de la résolution spatiale pour l'identification d'essences forestières en milieu tempéré à partir d'une image hyperspectrale du domaine réflectif

Thierry Erudel¹, Philippe Déliot², Sophie Fabre², Xavier Briottet², Jean-Baptiste Féret³, Mathieu Fauvel¹, Harold Clénet¹, David Sheeren¹

¹Lab. DYNAFOR, UMR INRA-Toulouse INP

²ONERA - The French Aerospace Lab

³Lab. TETIS, UMR Cirad-IRSTEA-CNRS-AgroParisTech

**Colloque Groupe Hyperspectral SFPT-GH 6^{ème} édition, Montpellier, France
17-18 mai 2018**



1 Contexte et objectifs

2 Données

- Zone d'étude
- Données de référence
- Images hyperspectrales

3 Démarche méthodologique

- Prétraitements
- Simulation des images hyperspectrales HYPXIM
- Méthodologie des classifications

4 Résultats et discussion

- Niveau 1
- Niveau 2
- Carte et comparaison avec le PSG

5 Conclusions et perspectives

Plan

1 Contexte et objectifs

2 Données

- Zone d'étude
- Données de référence
- Images hyperspectrales

3 Démarche méthodologique

- Prétraitements
- Simulation des images hyperspectrales HYPXIM
- Méthodologie des classifications

4 Résultats et discussion

- Niveau 1
- Niveau 2
- Carte et comparaison avec le PSG

5 Conclusions et perspectives

- **Projet HyperBio (TOSCA CNES)**
 - ▶ simulation d'un capteur satellite (HYPXIM),
 - ▶ identification d'essences,
 - ▶ caractérisation de la biodiversité.

- **Projet HyperBio (TOSCA CNES)**

- ▶ simulation d'un capteur satellite (HYPXIM),
- ▶ identification d'essences,
- ▶ caractérisation de la biodiversité.

- **Mission spatiale HYPXIM**

- ▶ haute résolution spatiale (prévue : 8 – 10 m),
- ▶ haute fréquence temporelle (prévue : 5 – 10 jours),
- ▶ haute résolution spectrale (prévue : 10 nm).

Hypothèses

- 1 La performance de classification pixel est étroitement liée à l'échelle d'analyse fixée par la résolution spatiale (Woodcock and Strahler 1987; Marceau et al. 1994; Roberts et al. 2004) :
 - ▶ **De la feuille à l'échelle intra-canopée** : diminution de la qualité (par augmentation de la variance intra)
 - ▶ **De l'échelle intra-canopée à l'objet** : augmentation de la qualité (par diminution de la variance intra)
 - ▶ **De l'objet à l'échelle du peuplement** : diminution de la qualité (par diminution de la variance inter)

Hypothèses

- 1 La performance de classification pixel est étroitement liée à l'échelle d'analyse fixée par la résolution spatiale (Woodcock and Strahler 1987; Marceau et al. 1994; Roberts et al. 2004) :
 - ▶ **De la feuille à l'échelle intra-canopée** : **diminution** de la qualité (par augmentation de la variance intra)
 - ▶ **De l'échelle intra-canopée à l'objet** : **augmentation** de la qualité (par diminution de la variance intra)
 - ▶ **De l'objet à l'échelle du peuplement** : **diminution** de la qualité (par diminution de la variance inter)
- 2 La résolution spatiale optimale est dépendante de l'essence considérée et de ses caractéristiques (taille de couronne...) (Marceau et al. 1994) :
 - ▶ Il n'existe **pas de résolution spatiale optimale unique**. Il faut plutôt rechercher le meilleur compromis entre les différentes essences.

Travaux antérieurs

Nombre limité d'études sur l'effet de la résolution spatiale pour discriminer les essences forestières (Fassnacht et al. 2016) :

- Résolution optimale à **0,3 m par rapport à 0,6 m, 1,2 m et 2,4 m** avec une image hyperspectrale HySpex (Pena et al. 2013)
- Résolution optimale à **0,4 m par rapport à 1,5 m** avec une image hyperspectrale HySpex (Dalponte et al. 2013)
- Résolution optimale à **8 m par rapport à 4 m et 30 m** avec une image hyperspectrale HyMAP et une image Hyperion (Gosh et al. 2014)

Travaux antérieurs

Nombre limité d'études sur l'effet de la résolution spatiale pour discriminer les essences forestières (Fassnacht et al. 2016) :

- Résolution optimale à **0,3 m par rapport à 0,6 m, 1,2 m et 2,4 m** avec une image hyperspectrale HySpex (Pena et al. 2013)
- Résolution optimale à **0,4 m par rapport à 1,5 m** avec une image hyperspectrale HySpex (Dalponte et al. 2013)
- Résolution optimale à **8 m par rapport à 4 m et 30 m** avec une image hyperspectrale HyMAP et une image Hyperion (Gosh et al. 2014)

Une résolution spatiale correspondant à l'échelle de l'objet semble être un bon compromis.

Objectif de l'étude

- **Évaluer l'impact de la résolution spatiale pour l'identification d'essences forestières pour une résolution spectrale donnée :**
 - ▶ 2 m,
 - ▶ 4 m,
 - ▶ 8 m (HYPXIM),
 - ▶ 10 m (Sentinel-2),
 - ▶ 12 m,
 - ▶ 15 m,
 - ▶ 30 m (EnMap, PRISMA).

Plan

1 Contexte et objectifs

2 Données

- Zone d'étude
- Données de référence
- Images hyperspectrales

3 Démarche méthodologique

- Prétraitements
- Simulation des images hyperspectrales HYPXIM
- Méthodologie des classifications

4 Résultats et discussion

- Niveau 1
- Niveau 2
- Carte et comparaison avec le PSG

5 Conclusions et perspectives

Plan

1 Contexte et objectifs

2 Données

- Zone d'étude
- Données de référence
- Images hyperspectrales

3 Démarche méthodologique

- Prétraitements
- Simulation des images hyperspectrales HYPXIM
- Méthodologie des classifications

4 Résultats et discussion

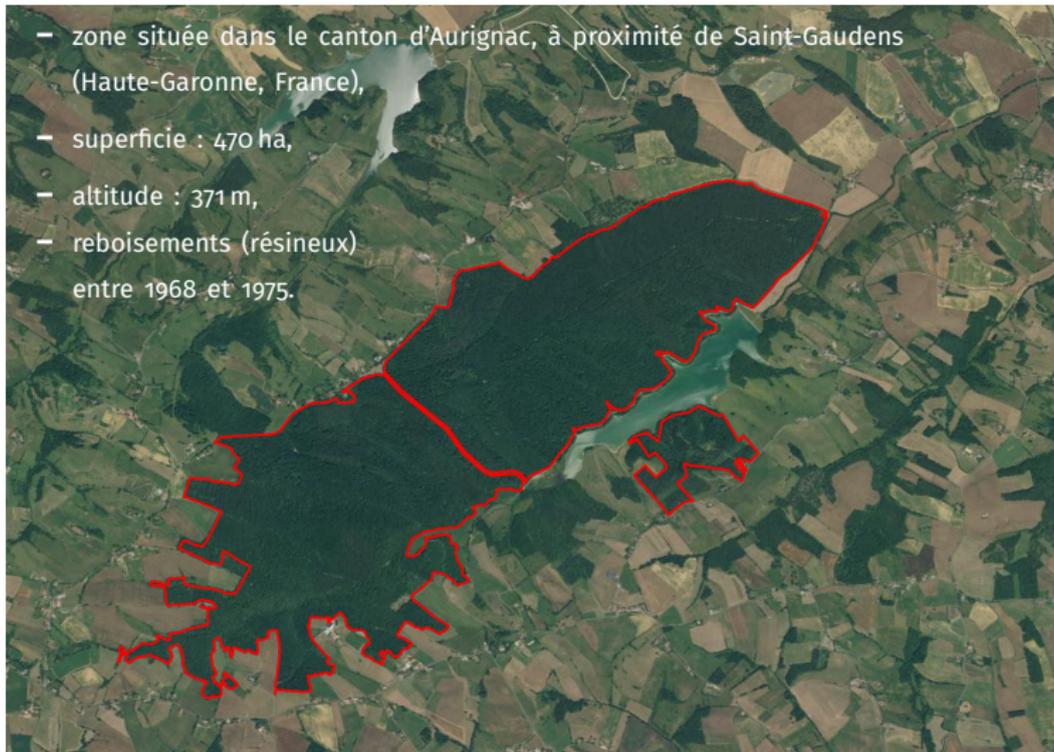
- Niveau 1
- Niveau 2
- Carte et comparaison avec le PSG

5 Conclusions et perspectives

Données

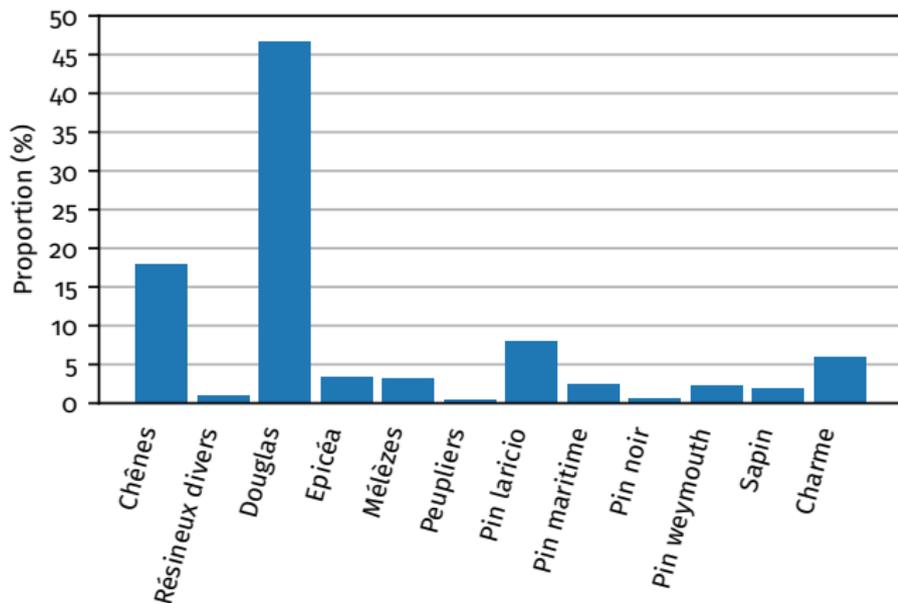
Zone d'étude : la forêt de Fabas

- zone située dans le canton d'Aurignac, à proximité de Saint-Gaudens (Haute-Garonne, France),
- superficie : 470 ha,
- altitude : 371 m,
- reboisements (résineux) entre 1968 et 1975.



Données

Répartition des espèces (source : ONF, 2001)



- **Deux essences dominantes : le douglas et le chêne,**
- **Diversité des essences présentes \implies zones très hétérogènes.**

Données

Zoom sur une zone hétérogène

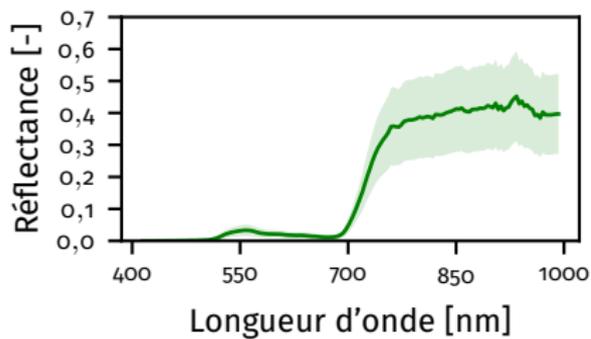


Données

Zoom sur une zone hétérogène

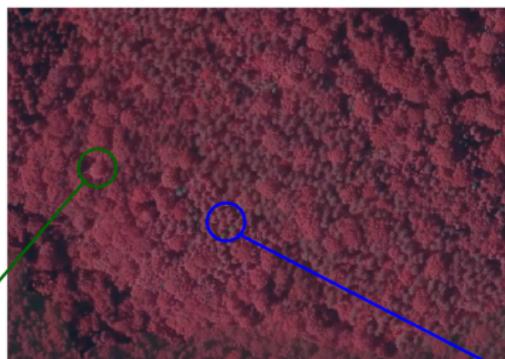


Chêne

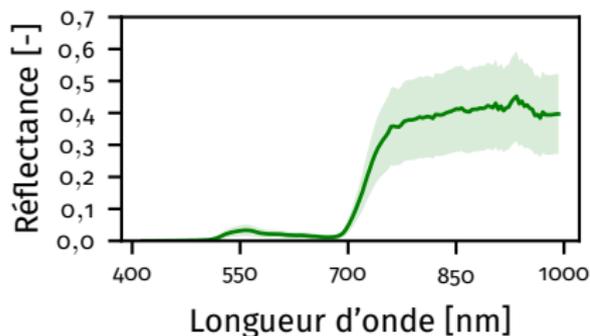


Données

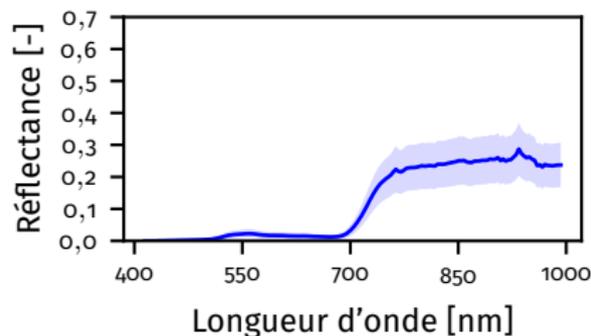
Zoom sur une zone hétérogène



Chêne



Pin laricio



Plan

1 Contexte et objectifs

2 Données

- Zone d'étude
- Données de référence
- Images hyperspectrales

3 Démarche méthodologique

- Prétraitements
- Simulation des images hyperspectrales HYPXIM
- Méthodologie des classifications

4 Résultats et discussion

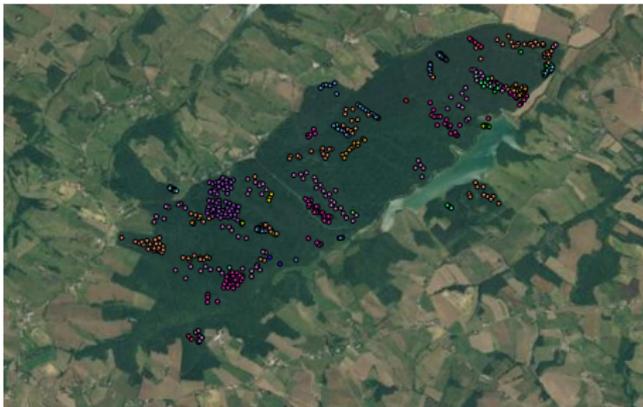
- Niveau 1
- Niveau 2
- Carte et comparaison avec le PSG

5 Conclusions et perspectives

Données

Données de référence

Données à disposition : relevés GPS effectués sur plusieurs périodes par DYNAFOR

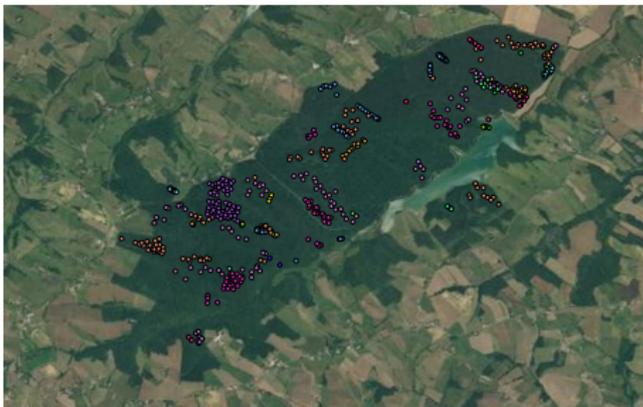


Points initiaux relevés sur le terrain (n = 151).

Données

Données de référence

Données à disposition : relevés GPS effectués sur plusieurs périodes par DYNAFOR



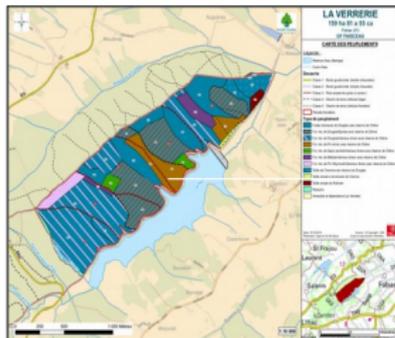
Points initiaux relevés sur le terrain (n = 151).

Enrichissement des données à l'aide :

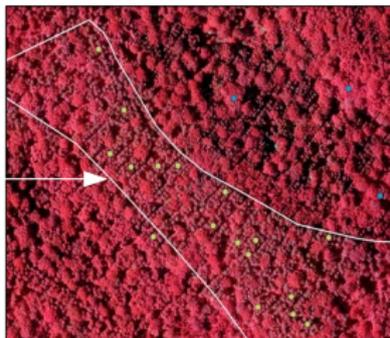
- de la BD Ortho (IGN) en vraies/fausses couleurs,
- d'une image Pléiades (hiver 2013),
- de plans simples de gestions (PSG).

Données

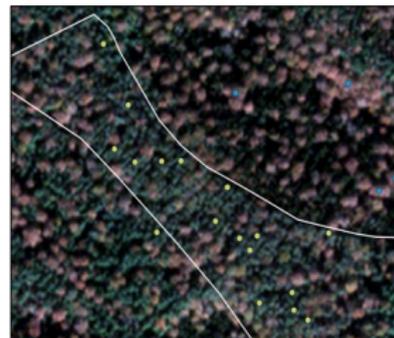
Données de référence



PSG (15/12/2014)
Composition de chaque
peuplement, enrichissement des
relevés terrain

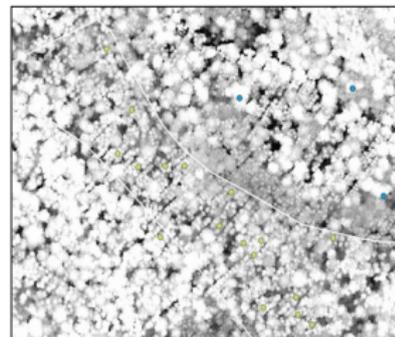


BDOrtho IRC 0,5m (2010)
Localisation des individus,
détail spatial



Pléiades MS 2m (10/12/2013)
Séparation feuillus-conifères

MNH LiDAR 1m (2015)
Position géométrique, détail
spatial



Données

Répartition des 543 points terrains retenus pour les classifications selon deux niveaux

Niveau 1	Nombre	Niveau 2	Nombre
Feuillus	188	Chêne	114
		Robinier	35
		Autres feuillus	39
Résineux	355	Douglas	119
		Pin laricio	100
		Pin maritime	77
		Pin weymouth	25
		Autres résineux	34

Plan

1 Contexte et objectifs

2 Données

- Zone d'étude
- Données de référence
- Images hyperspectrales

3 Démarche méthodologique

- Prétraitements
- Simulation des images hyperspectrales HYPXIM
- Méthodologie des classifications

4 Résultats et discussion

- Niveau 1
- Niveau 2
- Carte et comparaison avec le PSG

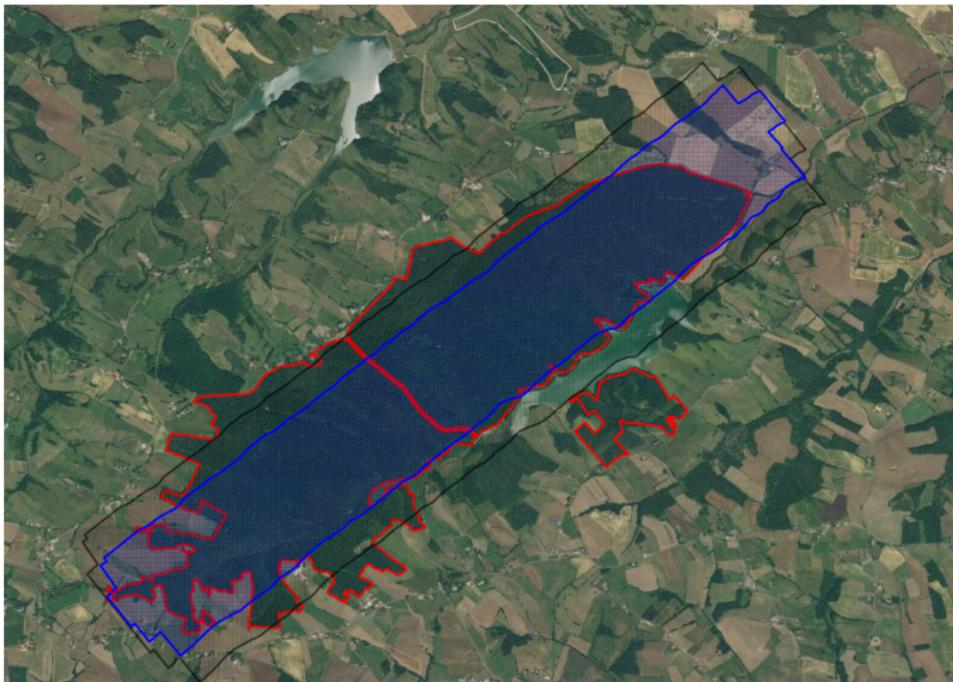
5 Conclusions et perspectives

Caractéristiques de l'instrument HySpex.

	VNIR	SWIR
Domaine spectral (nm)	400 – 1000	1000 – 2500
Rés. spatiale (m)	1	1
Rés. spectrale (nm)	3,6	6
N. bandes	160	256

Données

Images hyperspectrales



Forêt de Fabas (rouge) et empreintes des lignes de vol par capteur (VNIR : noir; SWIR : bleu).

Plan

1 Contexte et objectifs

2 Données

- Zone d'étude
- Données de référence
- Images hyperspectrales

3 Démarche méthodologique

- Prétraitements
- Simulation des images hyperspectrales HYPXIM
- Méthodologie des classifications

4 Résultats et discussion

- Niveau 1
- Niveau 2
- Carte et comparaison avec le PSG

5 Conclusions et perspectives

Plan

1 Contexte et objectifs

2 Données

- Zone d'étude
- Données de référence
- Images hyperspectrales

3 Démarche méthodologique

- Prétraitements
- Simulation des images hyperspectrales HYPXIM
- Méthodologie des classifications

4 Résultats et discussion

- Niveau 1
- Niveau 2
- Carte et comparaison avec le PSG

5 Conclusions et perspectives

Démarche

Prétraitements

Centrale inertielle (IMU)

Luminance (VNIR)

MNS
(MUESLI)

BD Ortho. IGN

Démarche

Prétraitements

Centrale inertielle (IMU)

Luminance (VNIR)

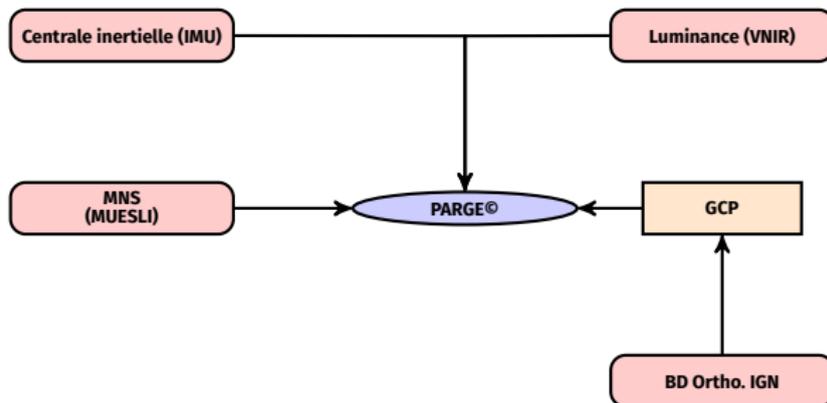
MNS
(MUESLI)

GCP

BD Ortho. IGN

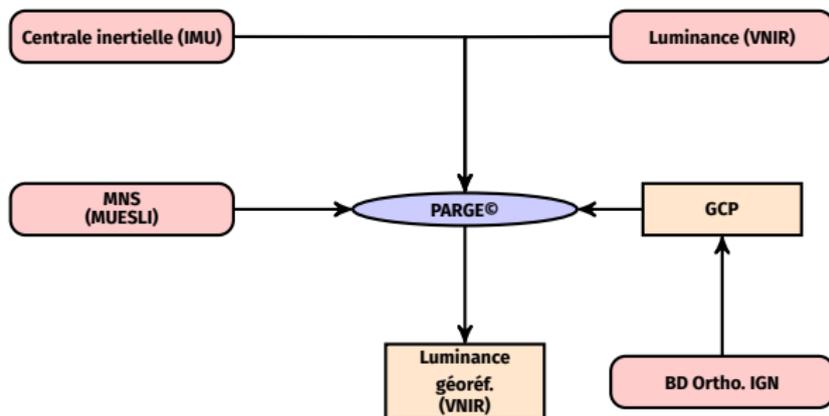
Démarche

Prétraitements



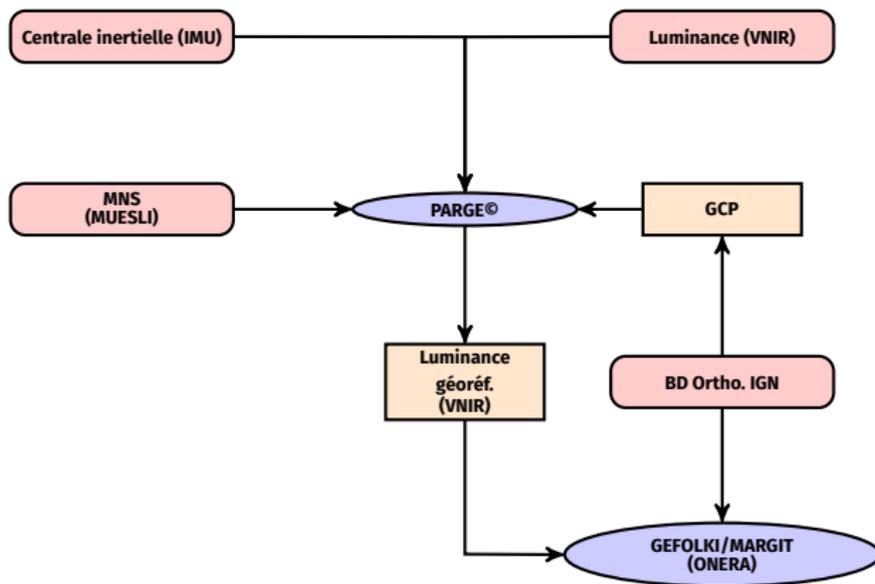
Démarche

Prétraitements



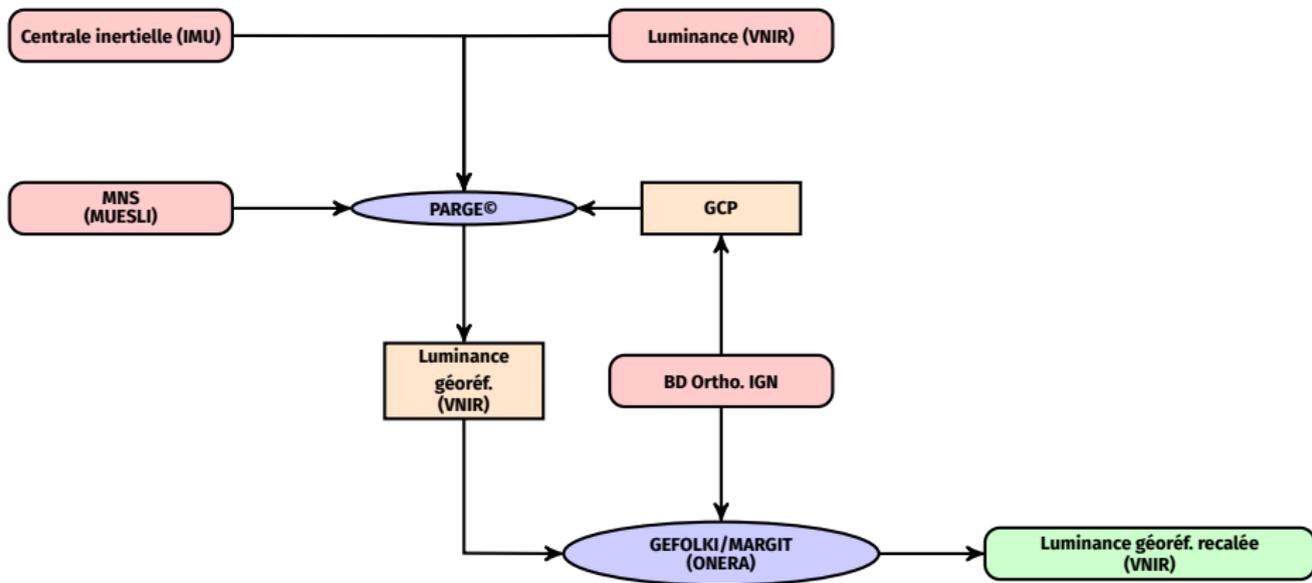
Démarche

Prétraitements



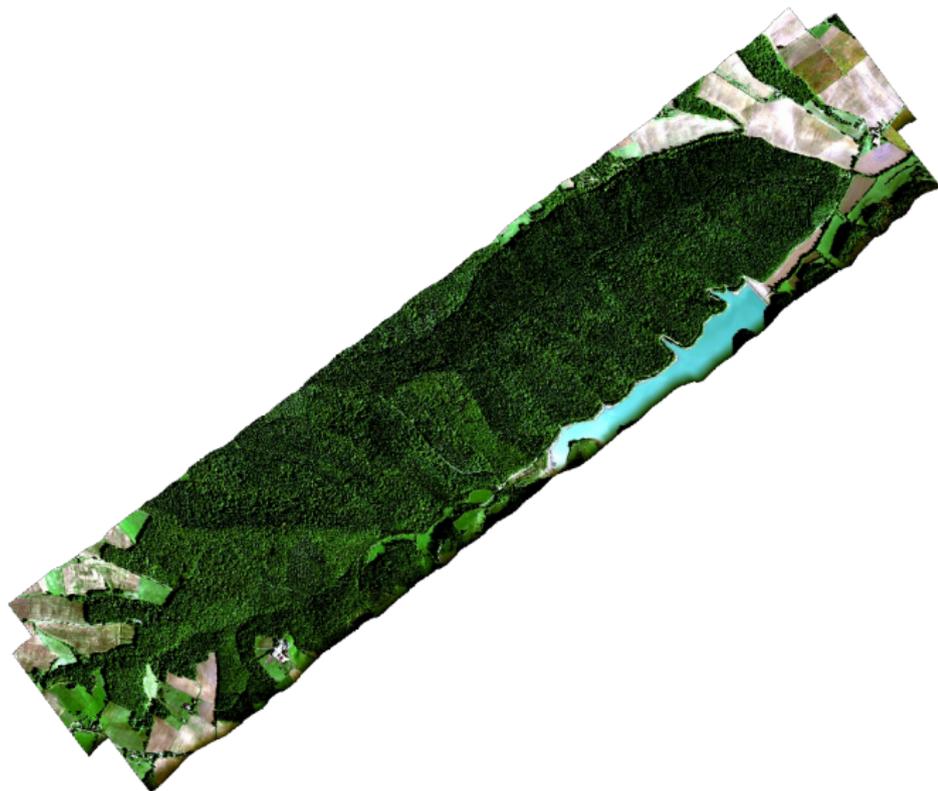
Démarche

Prétraitements



Démarche

Image hyperspectrale en luminance recalée



Plan

1 Contexte et objectifs

2 Données

- Zone d'étude
- Données de référence
- Images hyperspectrales

3 Démarche méthodologique

- Prétraitements
- Simulation des images hyperspectrales HYPXIM
- Méthodologie des classifications

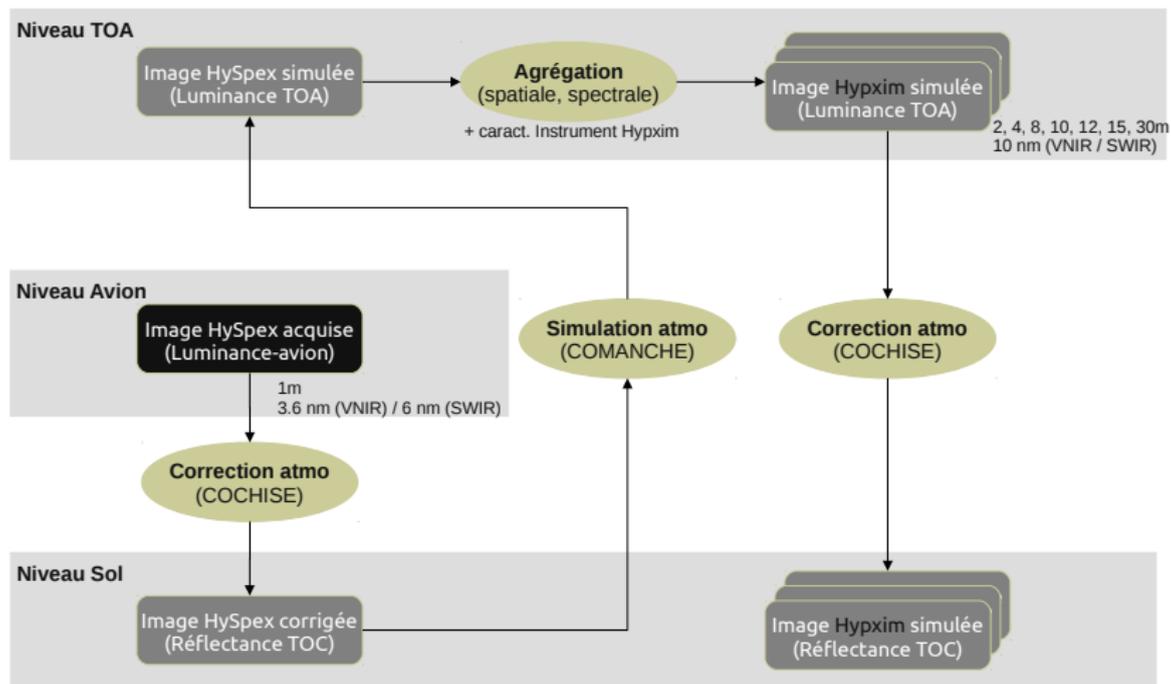
4 Résultats et discussion

- Niveau 1
- Niveau 2
- Carte et comparaison avec le PSG

5 Conclusions et perspectives

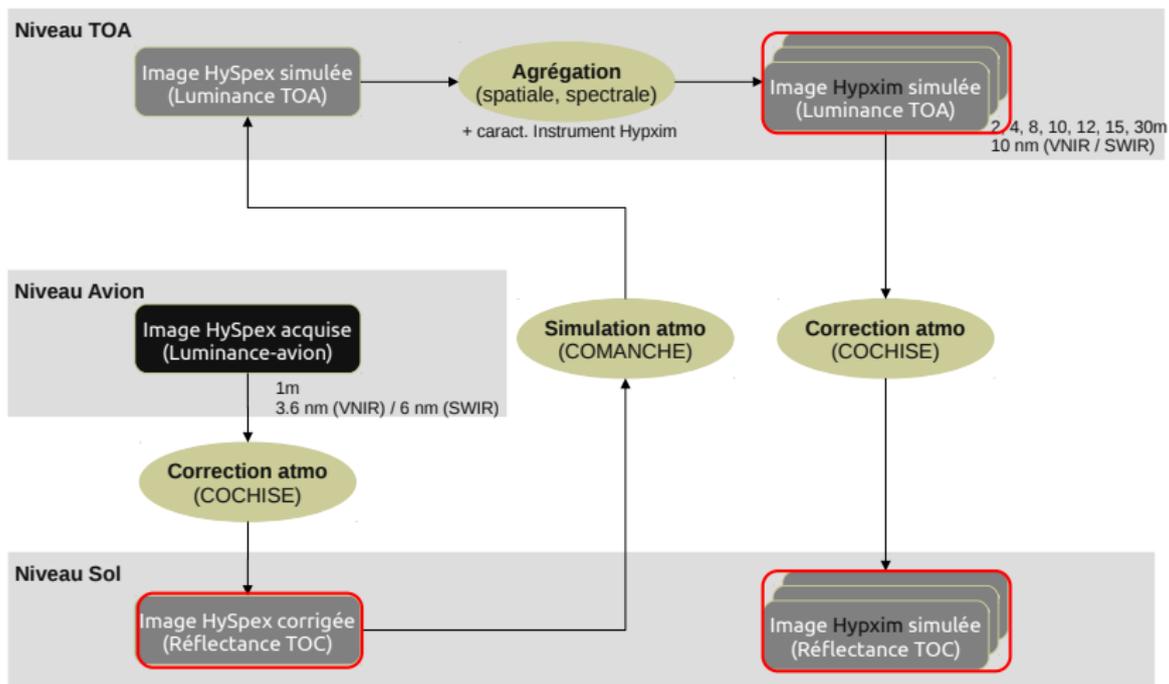
Démarche

Simulation des images hyperspectrales HYPXIM



Démarche

Simulation des images hyperspectrales HYPXIM



Plan

1 Contexte et objectifs

2 Données

- Zone d'étude
- Données de référence
- Images hyperspectrales

3 Démarche méthodologique

- Prétraitements
- Simulation des images hyperspectrales HYPXIM
- Méthodologie des classifications

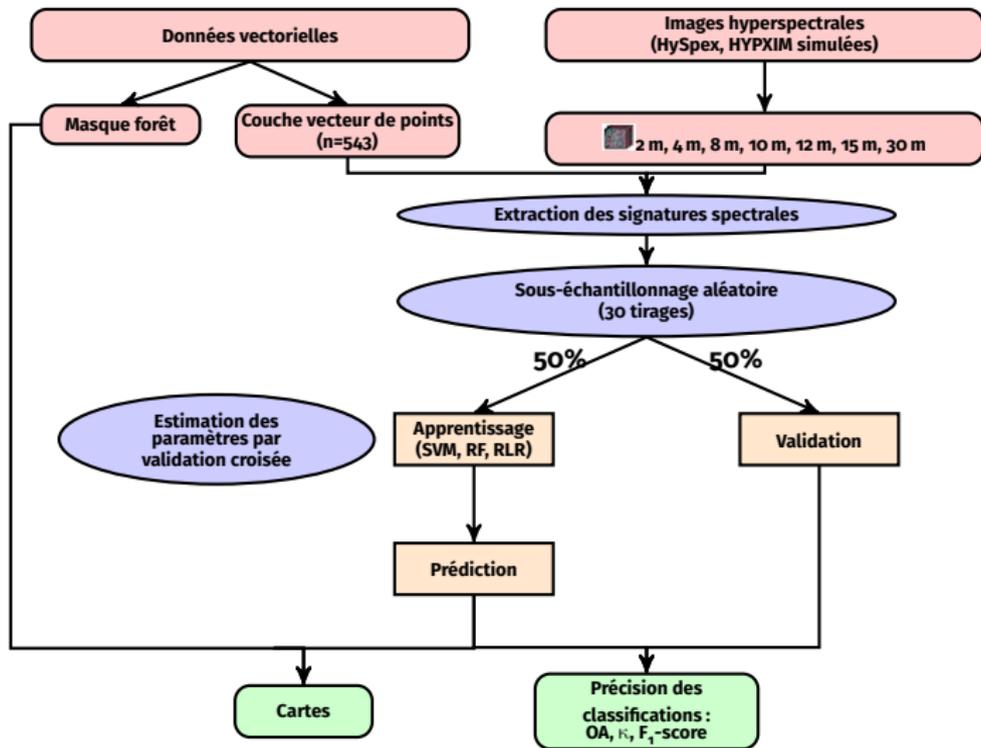
4 Résultats et discussion

- Niveau 1
- Niveau 2
- Carte et comparaison avec le PSG

5 Conclusions et perspectives

Démarche

Méthodologie des classifications



Plan

1 Contexte et objectifs

2 Données

- Zone d'étude
- Données de référence
- Images hyperspectrales

3 Démarche méthodologique

- Prétraitements
- Simulation des images hyperspectrales HYPXIM
- Méthodologie des classifications

4 Résultats et discussion

- Niveau 1
- Niveau 2
- Carte et comparaison avec le PSG

5 Conclusions et perspectives

Plan

1 Contexte et objectifs

2 Données

- Zone d'étude
- Données de référence
- Images hyperspectrales

3 Démarche méthodologique

- Prétraitements
- Simulation des images hyperspectrales HYPXIM
- Méthodologie des classifications

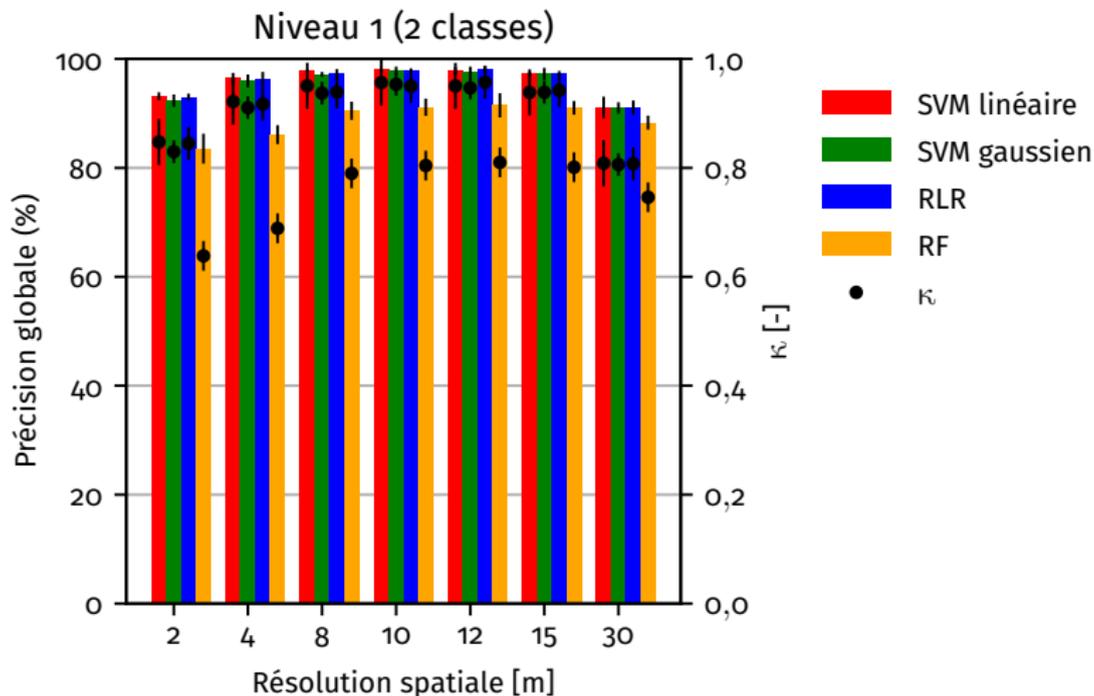
4 Résultats et discussion

- Niveau 1
- Niveau 2
- Carte et comparaison avec le PSG

5 Conclusions et perspectives

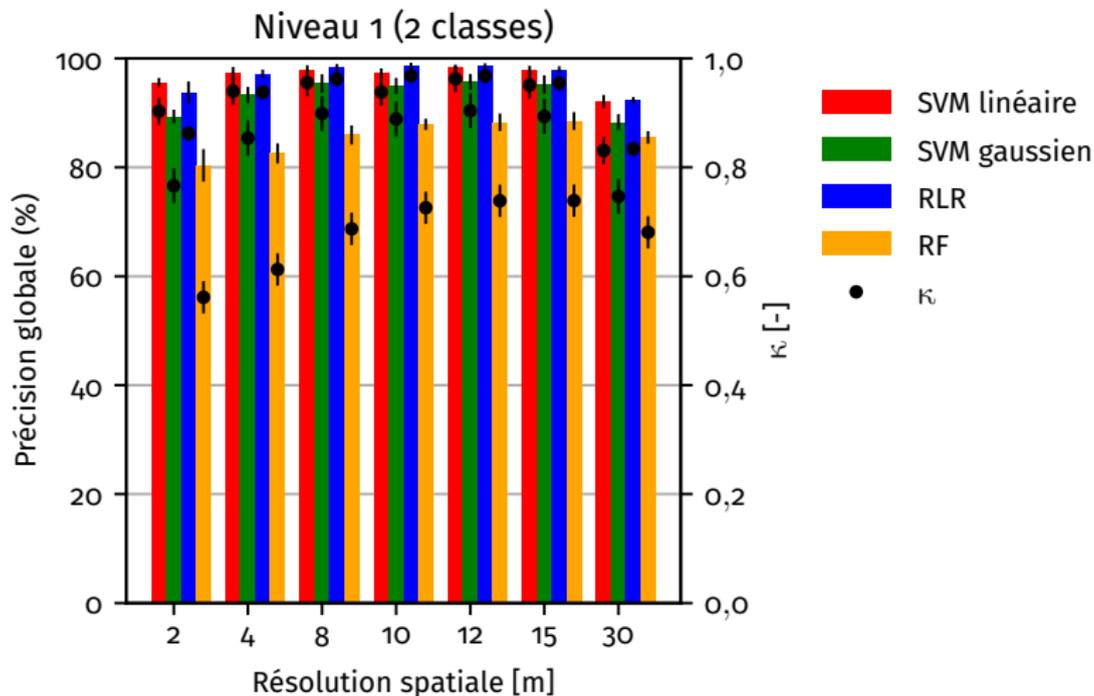
Résultats

Précision globale (%) et kappa obtenus pour différents classificateurs et différentes résolutions spatiales dans le cas TOC avion



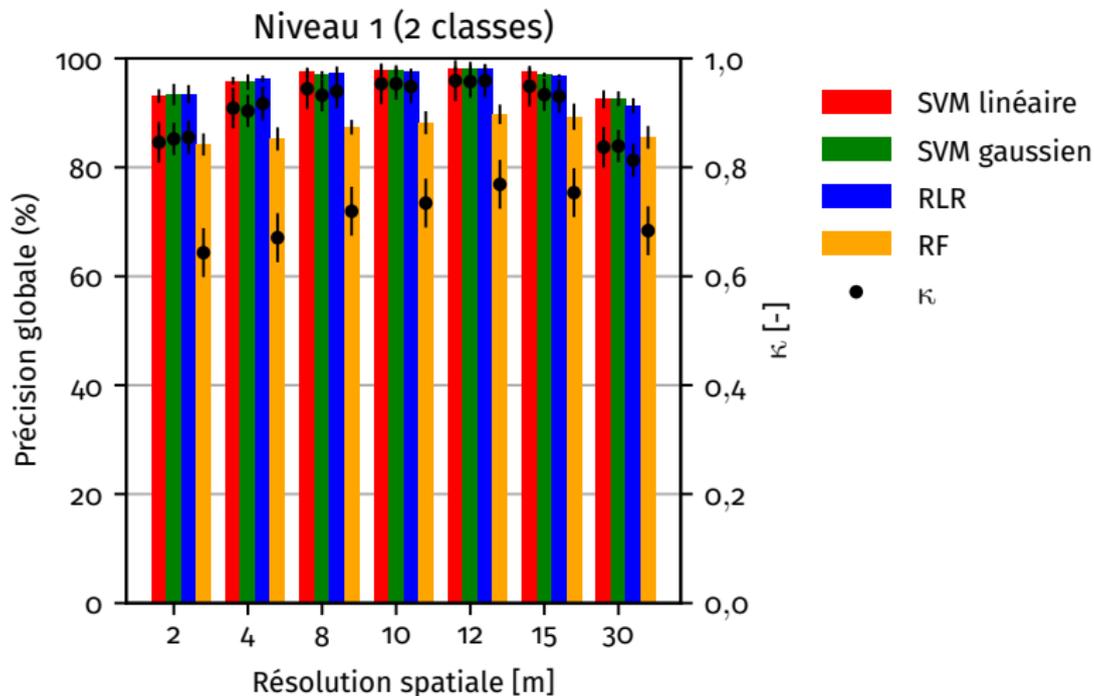
Résultats

Précision globale (%) et kappa obtenus pour différents classificateurs et différentes résolutions spatiales dans le cas **TOA simulé**



Résultats

Précision globale (%) et kappa obtenus pour différents classificateurs et différentes résolutions spatiales dans le cas TOC simulé



Plan

1 Contexte et objectifs

2 Données

- Zone d'étude
- Données de référence
- Images hyperspectrales

3 Démarche méthodologique

- Prétraitements
- Simulation des images hyperspectrales HYPXIM
- Méthodologie des classifications

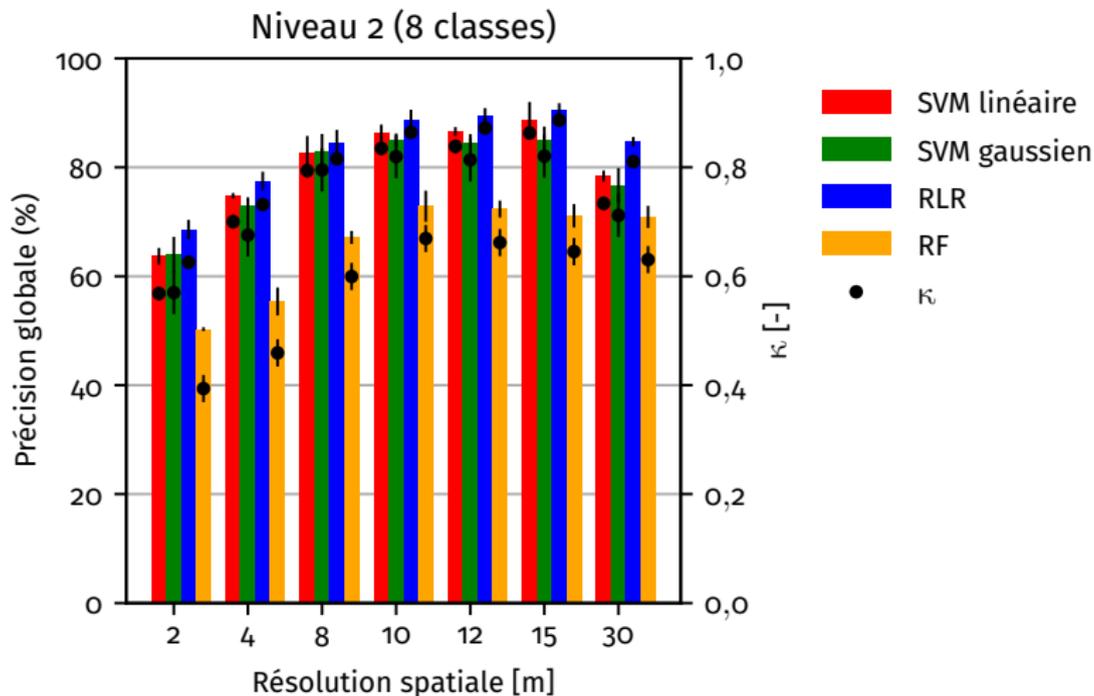
4 Résultats et discussion

- Niveau 1
- Niveau 2
- Carte et comparaison avec le PSG

5 Conclusions et perspectives

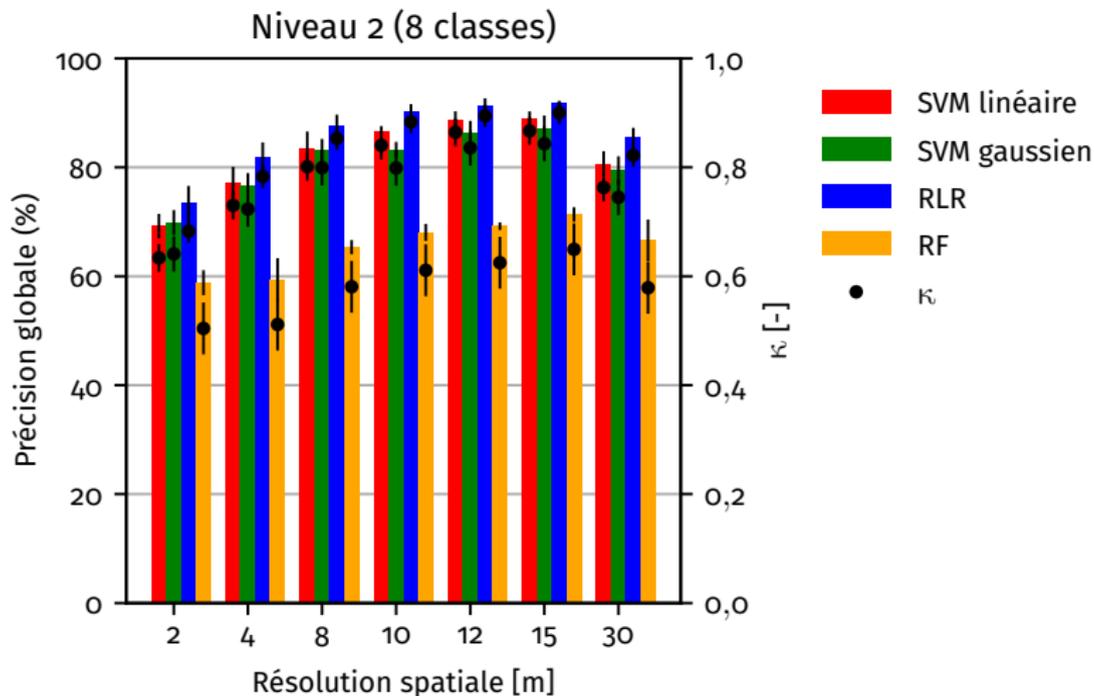
Résultats

Précision globale (%) et kappa obtenus pour différents classificateurs et différentes résolutions spatiales dans le cas TOC avion



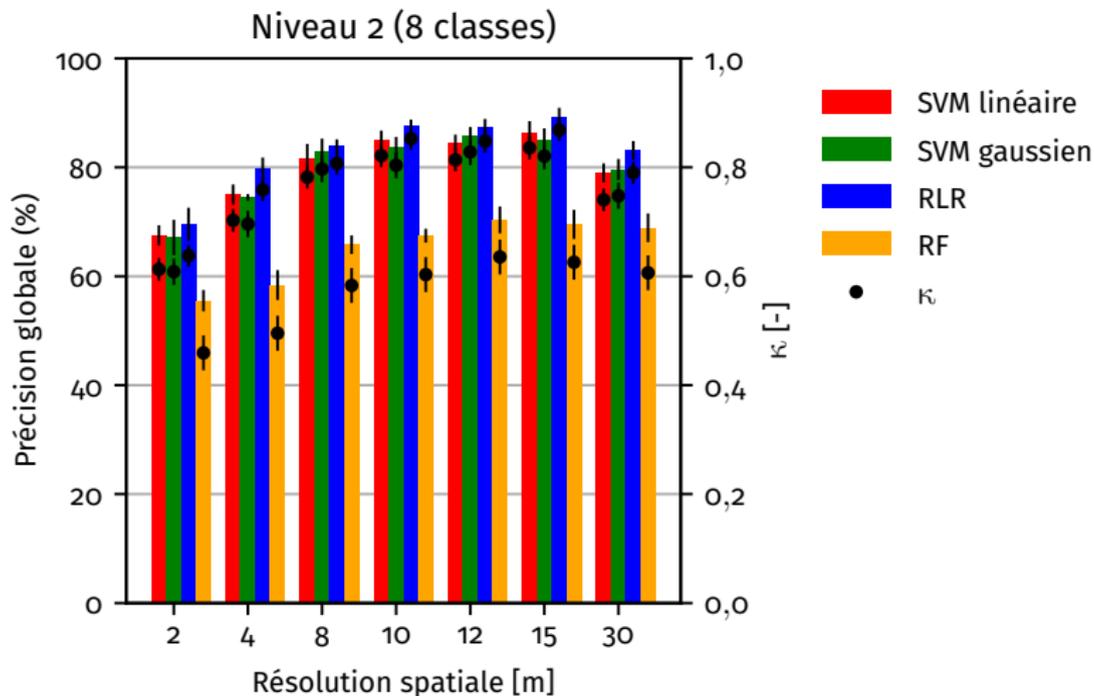
Résultats

Précision globale (%) et kappa obtenus pour différents classificateurs et différentes résolutions spatiales dans le cas **TOA simulé**



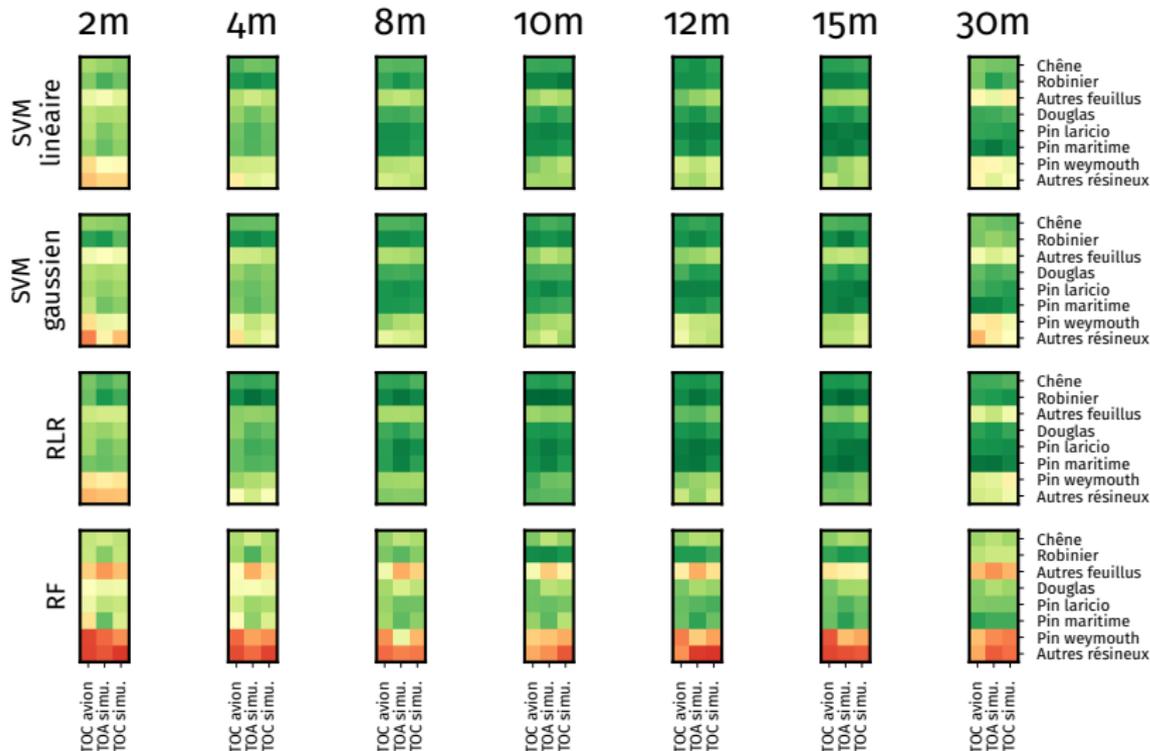
Résultats

Précision globale (%) et kappa obtenus pour différents classifieurs et différentes résolutions spatiales dans le cas TOC simulé



Résultats

F₁-score obtenus pour différents classificateurs pour différents niveaux de correction à différentes résolutions spatiales (min  → max )



Plan

1 Contexte et objectifs

2 Données

- Zone d'étude
- Données de référence
- Images hyperspectrales

3 Démarche méthodologique

- Prétraitements
- Simulation des images hyperspectrales HYPXIM
- Méthodologie des classifications

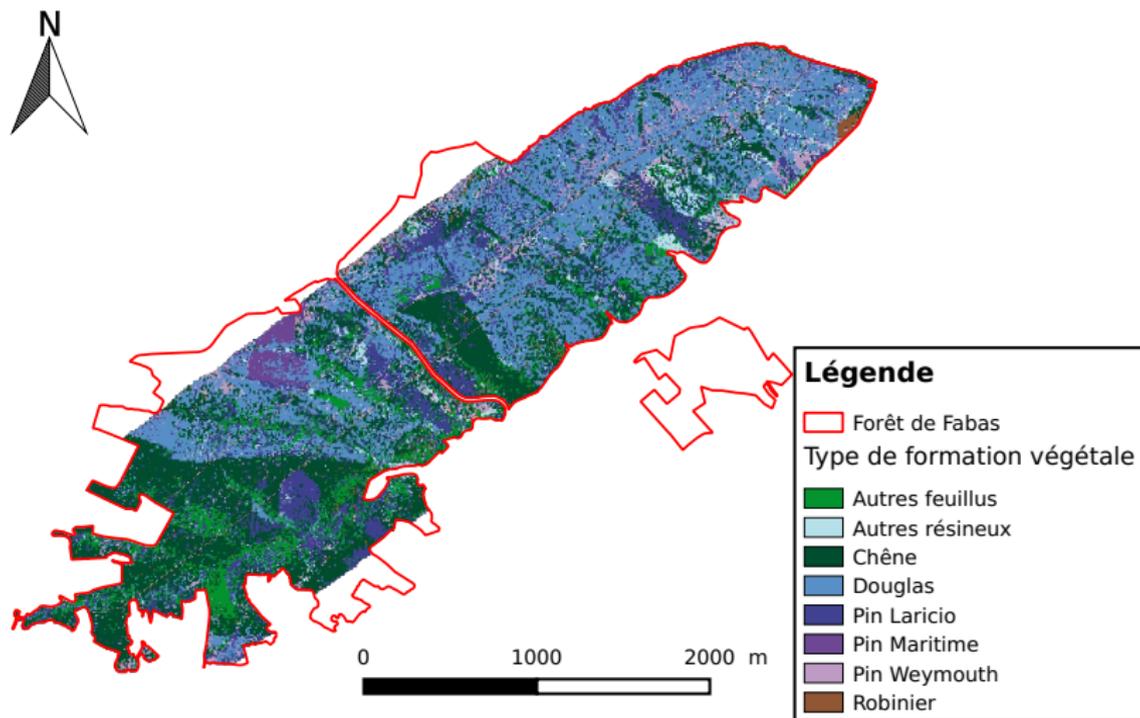
4 Résultats et discussion

- Niveau 1
- Niveau 2
- Carte et comparaison avec le PSG

5 Conclusions et perspectives

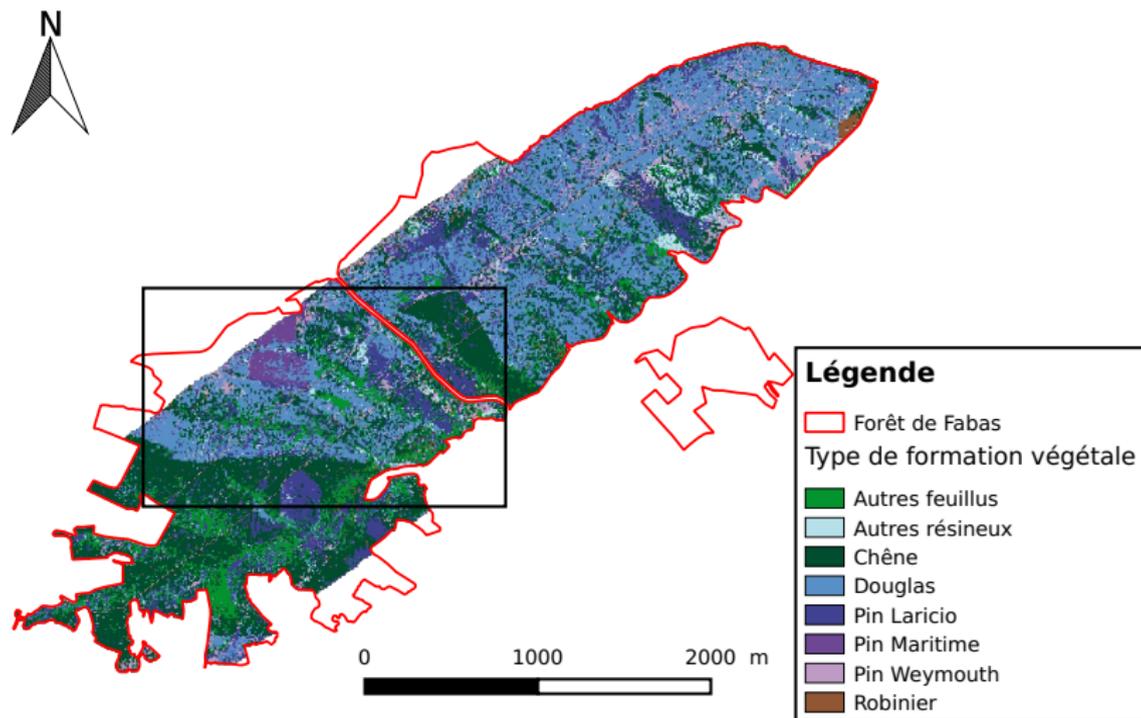
Résultats

Exemple de carte (RLR appliquée à TOC simulé - 8 m)



Résultats

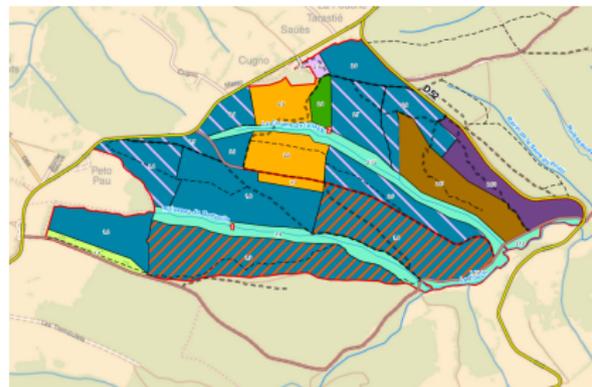
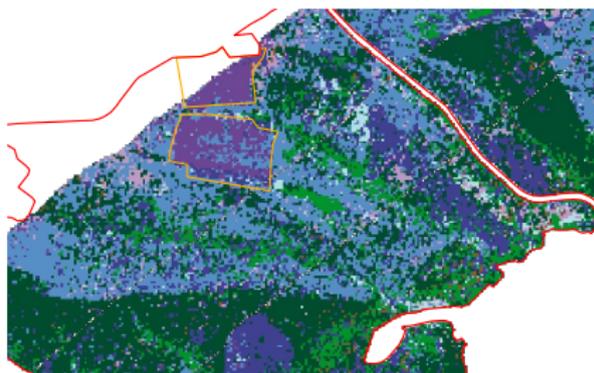
Exemple de carte (RLR appliquée à TOC simulé - 8 m)



Résultats

Comparaison visuelle avec le Plan Simple de Gestion

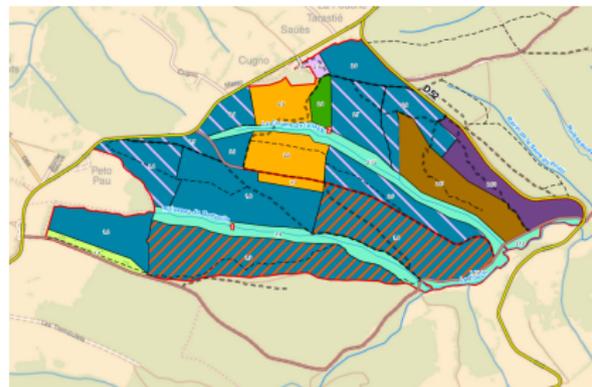
Futaie résineuse de Pin maritime



Résultats

Comparaison visuelle avec le Plan Simple de Gestion

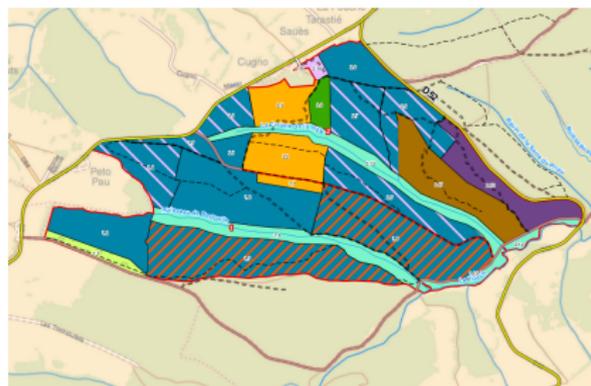
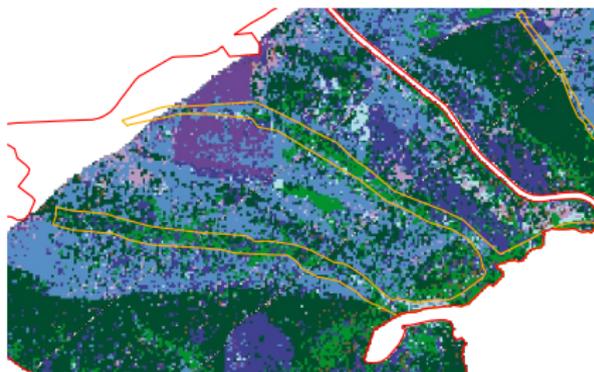
Futaie résineuse de Pin laricio avec réserve de Chêne



Résultats

Comparaison visuelle avec le Plan Simple de Gestion

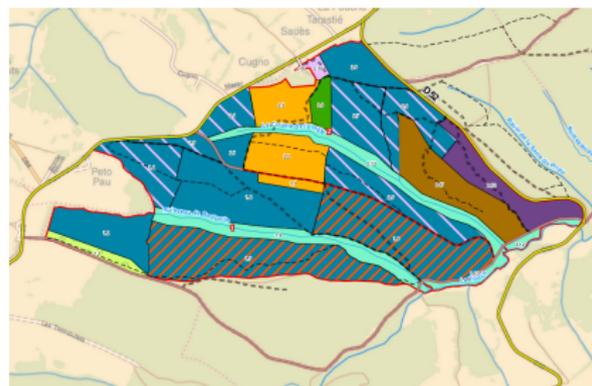
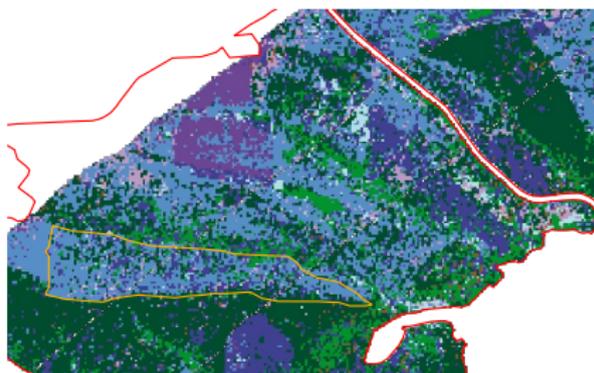
Ripisylve



Résultats

Comparaison visuelle avec le Plan Simple de Gestion

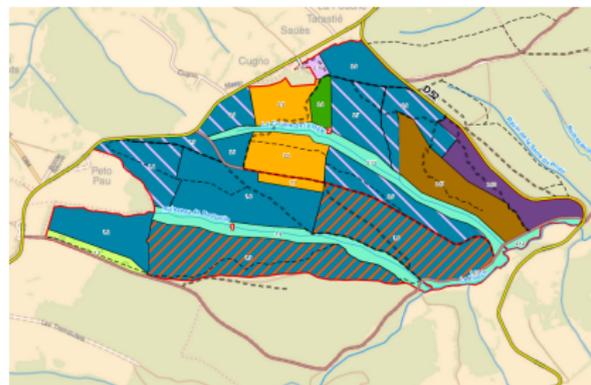
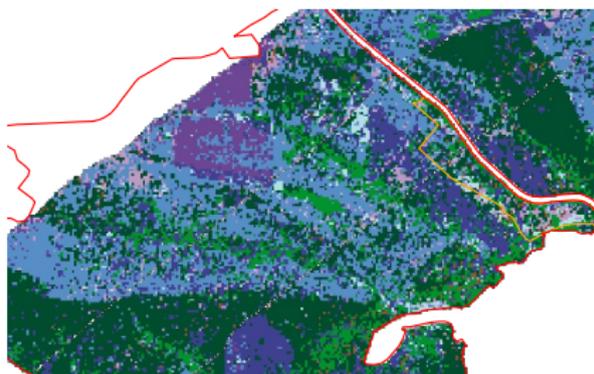
Futaie résineuse de Douglas/Epicéa avec réserve de Chêne



Résultats

Comparaison visuelle avec le Plan Simple de Gestion

Futaie résineuse de Mélèze/résineux divers avec réserve de Chêne



Plan

1 Contexte et objectifs

2 Données

- Zone d'étude
- Données de référence
- Images hyperspectrales

3 Démarche méthodologique

- Prétraitements
- Simulation des images hyperspectrales HYPXIM
- Méthodologie des classifications

4 Résultats et discussion

- Niveau 1
- Niveau 2
- Carte et comparaison avec le PSG

5 Conclusions et perspectives

Conclusions et perspectives

- Importance des prétraitements,
- Points de référence difficiles à obtenir → auto-corrélation spatiale,
- Gamme spatiale optimale pour l'identification d'essences forestières : 10 – 15 m.

Conclusions et perspectives

- Importance des prétraitements,
 - Points de référence difficiles à obtenir → auto-corrélation spatiale,
 - Gamme spatiale optimale pour l'identification d'essences forestières : 10 – 15 m.
-
- Impact de la résolution spatiale en fonction de l'essence,
 - Utilisation du SWIR pour la classification,
 - Comparaison avec Sentinel-2,
 - Combinaison LiDAR/hyperspectral,
 - Classification orientée objet,
 - Application à d'autres types de forêt (tropical : Gabon, Guyane française).



Merci pour votre attention!
thierry.erudel@inra.fr

