



Estimation et Cartographie d'attributs forestiers haute résolution: potentiel des approches multisource

Cédric Vega, Jean-Pierre Renaud, Ankit Sagar, Olivier Bouriaud, Milena Planells





Plan proposé

- Besoin de surveillance des forêts
- Méthodes d'inventaire forestier multisource
- Estimations de petits domaines
- Cartes haute résolution
- Synergies et perspectives



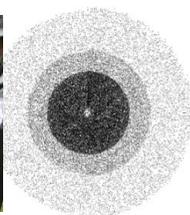
Besoin de surveillance des forêts

- Les forêts sont soumises à des pressions de plus en plus fortes qui engendrent une demande d'information sur **l'état et la dynamique des ressources en continu** et à des **échelles variables**
- **L'inventaire forestier national (IFN)** permet d'effectuer un suivi en continu de la ressource (Surfaces, stocks ...) à jusqu'à l'échelle régionale
- **Les inventaires multisource (IMS)** visent à améliorer la précision des données d'inventaire et d'en accroître la résolution spatiale
- **Objectif** : présenter les méthodes d'inventaire multisource avec une emphase sur leur potentialité pour le suivi haute résolution des ressources forestières



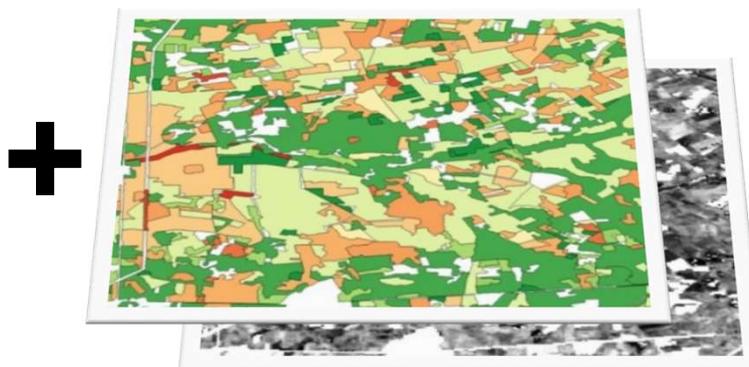
Inventaire forestier multisource: Principe

Inventaire Forestier (National)



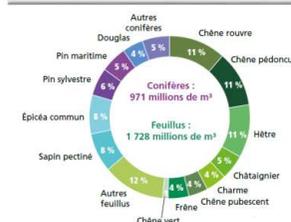
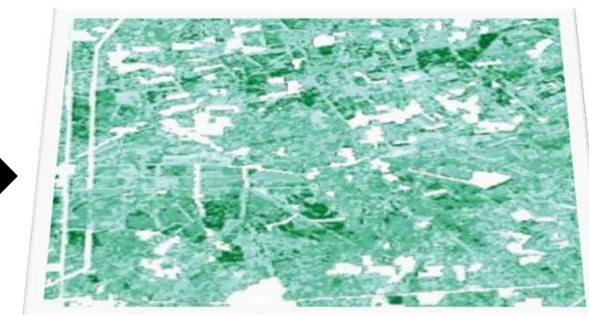
Haute précision thématique
Faible résolution spatiale

Données Auxiliaires
cartes, images de télédétection



Faible précision thématique
Haute résolution spatiale

Inventaire Forestier Amélioré



Haute précision thématique
Haute résolution spatiale



Données Auxiliaires : critères RARE

- **Reliées** aux attributs forestiers d'intérêt : corrélation
- **Abordables** : gratuites ou à coût marginal
- **Renouvelables** : mise à jour, surveillance
- **Exhaustives** : échantillonnage représentatif (dense/continu)

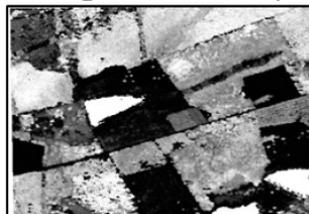
Carte forestière
Masque & Type forestier



Image satellites
Landsat: long terme
Sentinel 1 & 2



Modèles 3D
Lidar (ALS)
Photogrammétrie (DAP)

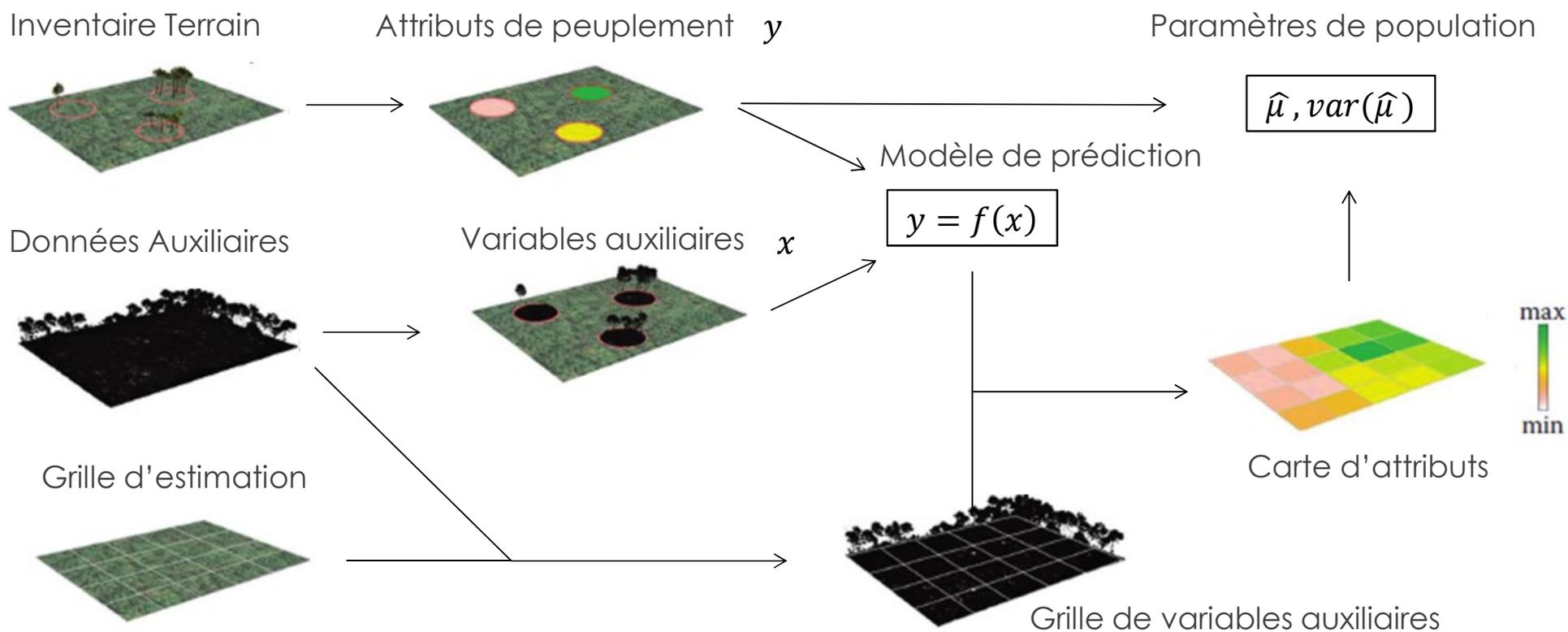


Données climatiques
Pédologiques
Topographiques....

Contextualiser les ressources

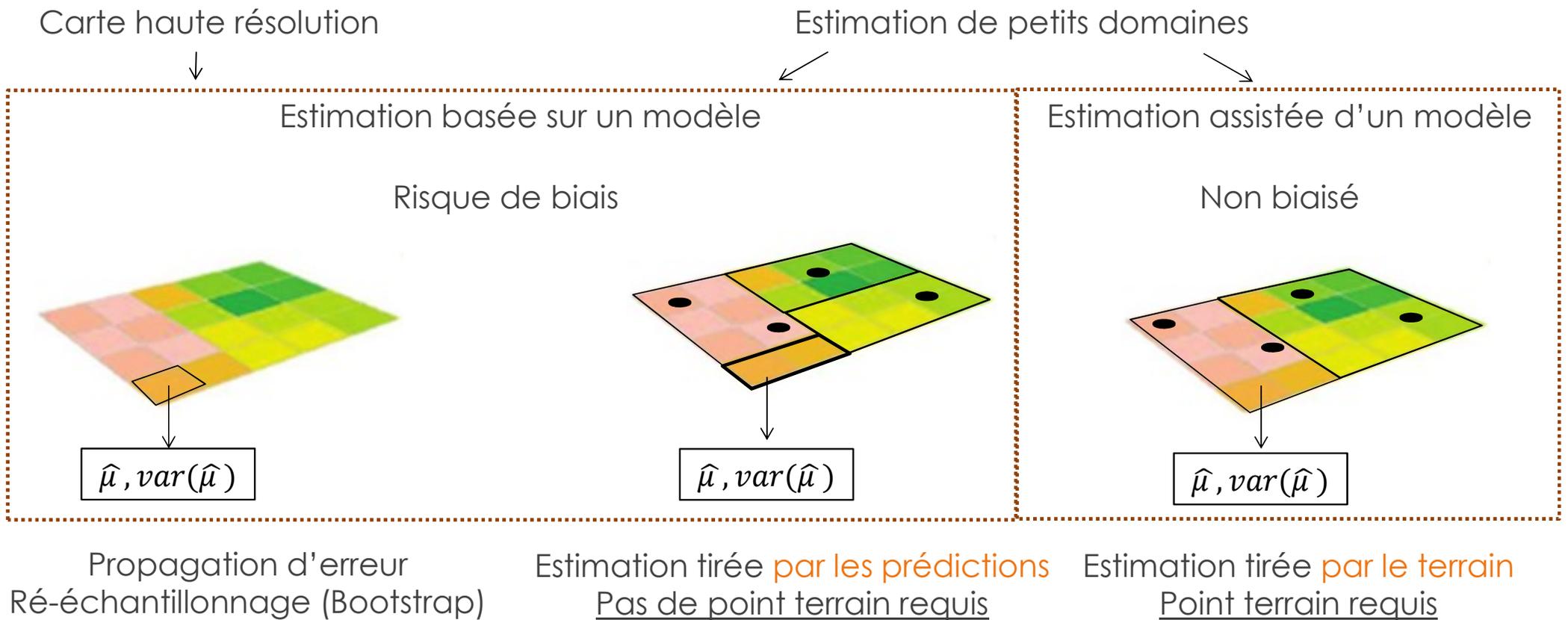


Modélisation et estimation





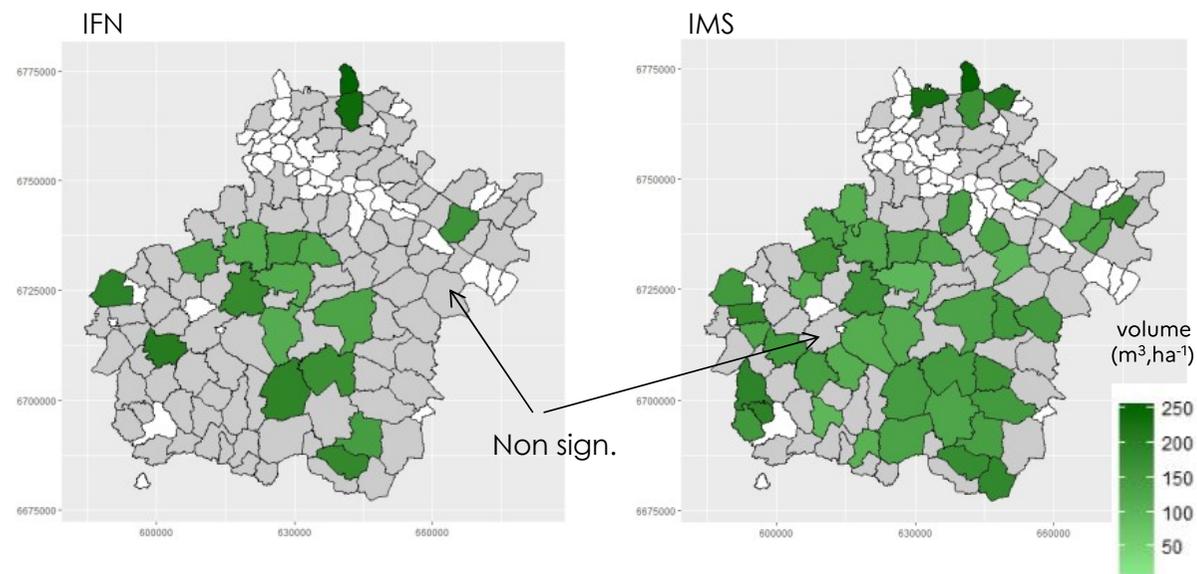
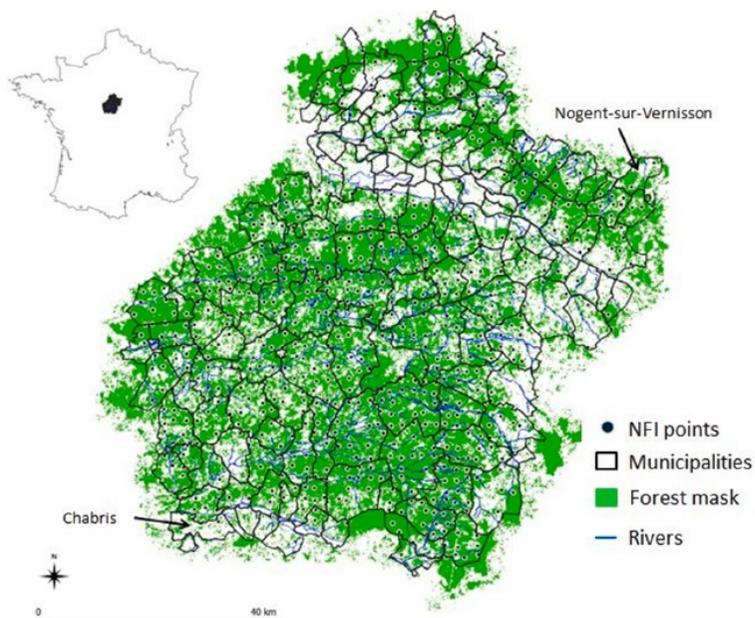
Inférence





Estimation de petits domaines

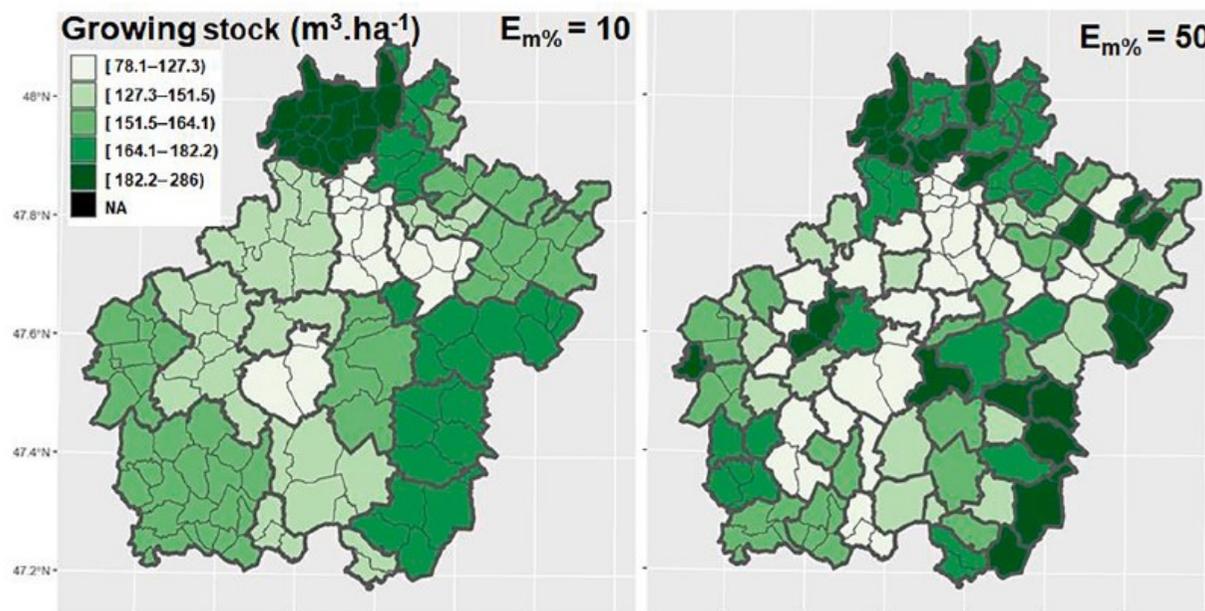
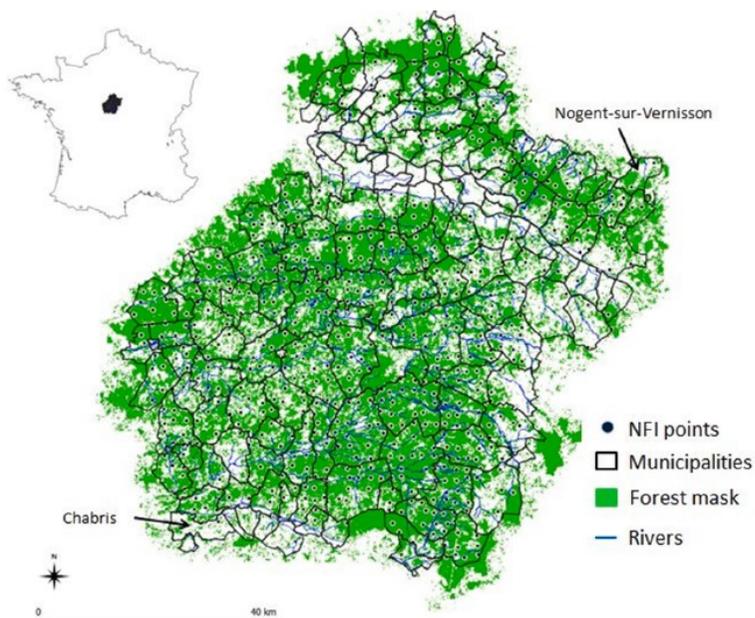
- Sologne : points IFN (N=918, V =160,7 m³.ha⁻¹), Carte forestière, ALS/DAP, Landsat
- Modélisation knn (multivarié) – **Estimation de petits domaines assistée d'un modèle**





Estimation de petits domaines

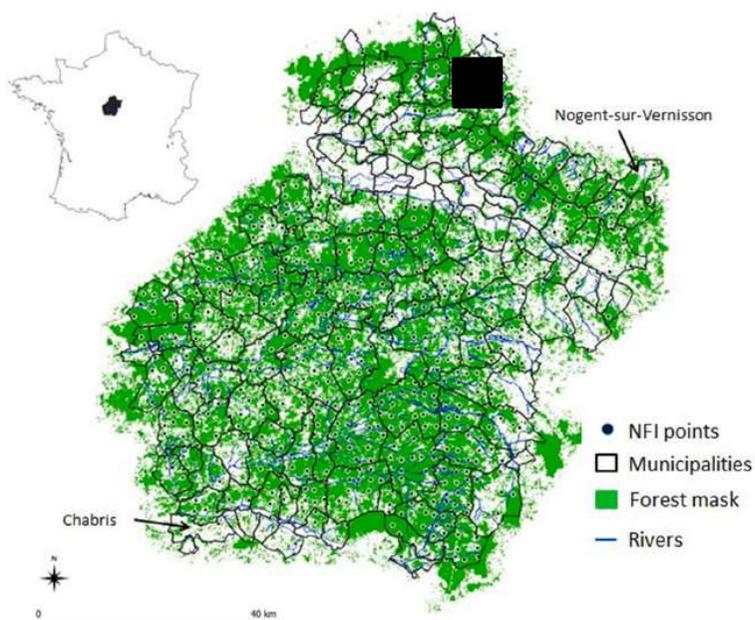
- Sologne : points IFN (N=918, $V = 160,7 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$), Carte forestière, ALS/DAP, Landsat
- Modélisation knn (multivarié) – **Estimation de petits domaines assistée d'un modèle**





Cartographie haute résolution

- Sologne : points IFN (N=918, $V = 160,7 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$), Carte forestière, ALS/DAP, Landsat
- Modélisation knn (multivarié) – **Cartographie haute résolution basée sur un modèle**



Sagar et al. (2021)

Estimation Bootstrap (30 m)



Growing stock (m^3/ha)

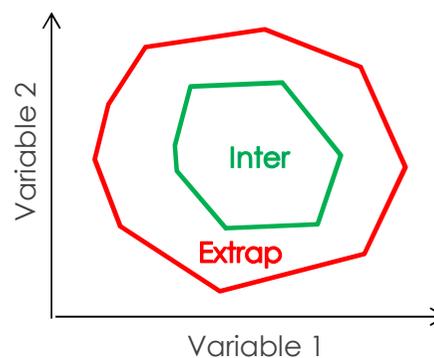
- ≤ 50
- 50 - 100
- 100 - 150
- 150 - 200
- > 200

$\text{RMSE}_{\text{cal}} = 30\%$

$\text{RMSE}_{\text{val}} = 51\%$

Précision

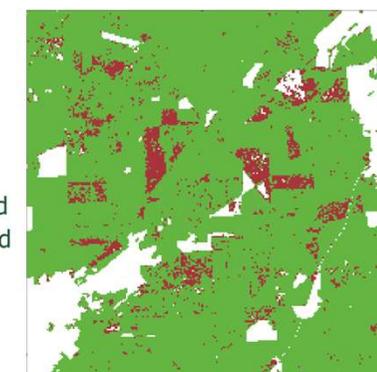
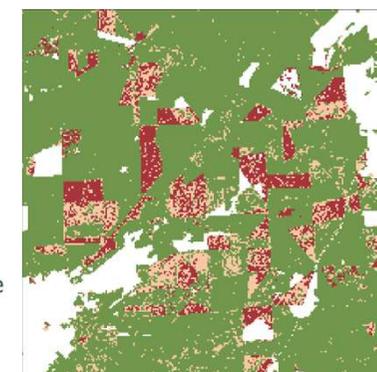
■ High
■ Intermediate
■ Low



Validité

■ Interpolated
■ Extrapolated

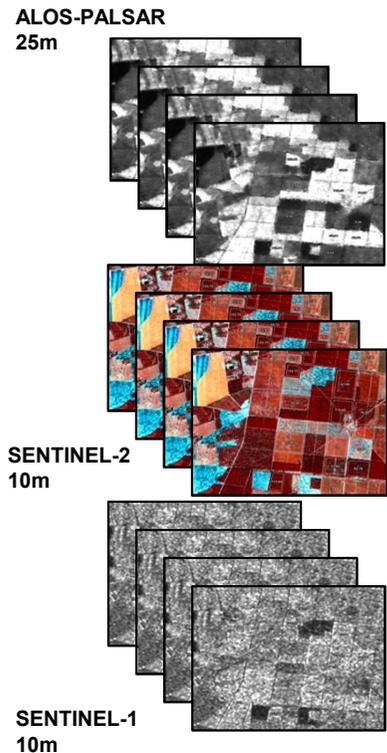
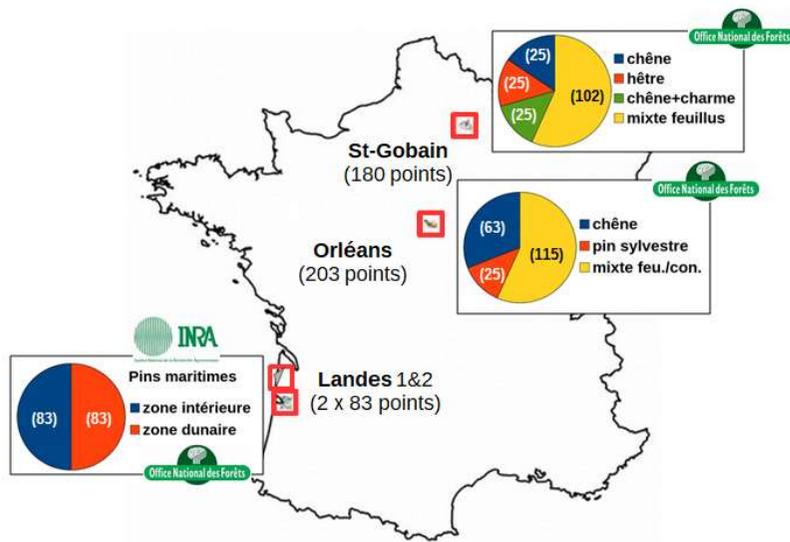
10 / 14



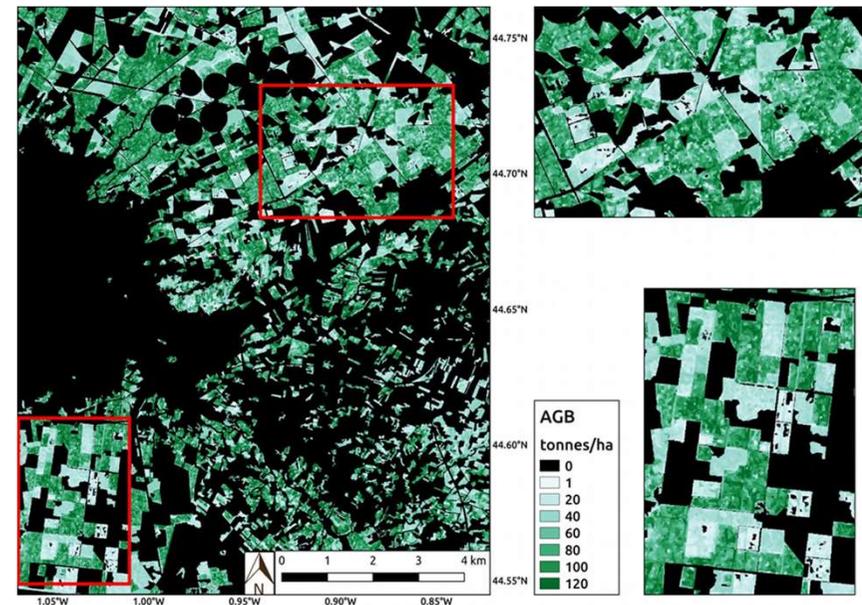


Cartographie haute résolution

- Multi-site : points Inventaire de gestion, séries temporelles radar et optique
- Modélisation Random Forest ou SVM – **Cartographie haute résolution basée sur un modèle**



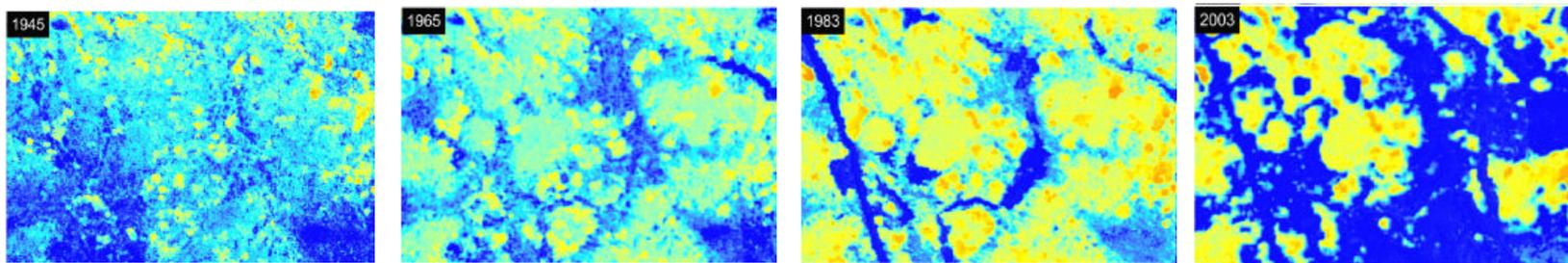
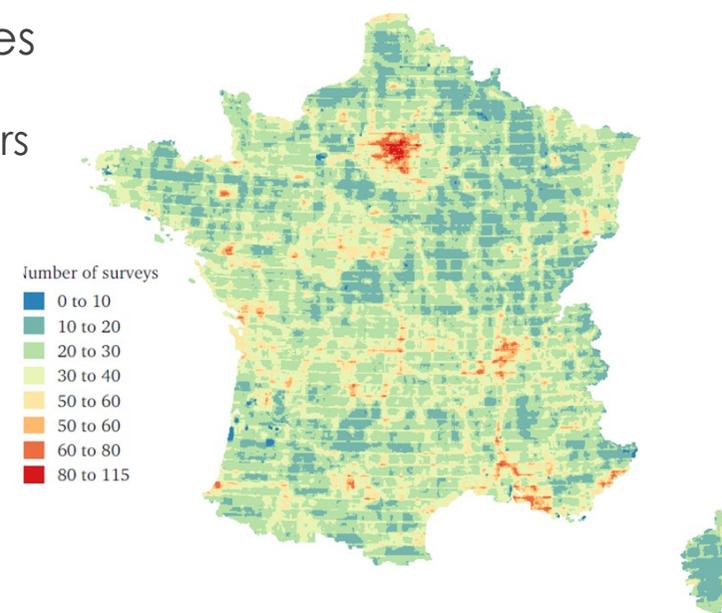
AGB Landes ($R^2 = 0,82$ – $RMSE = 24\%$)





Synergies et perspectives

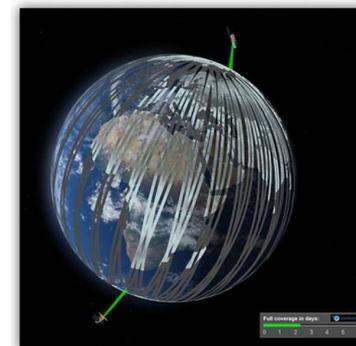
- Performance des modèles dépend des données auxiliaires
 - Lidar, Photogrammétrie : mieux corrélés aux attributs forestiers
 - Programme Lidar HD : Couverture France métropolitaine
 - Images aériennes renouvelées tous les 3 ans.
- Pas suffisant pour le suivi de certains phénomènes
 - Dépérissements (sécheresse, insectes ...)



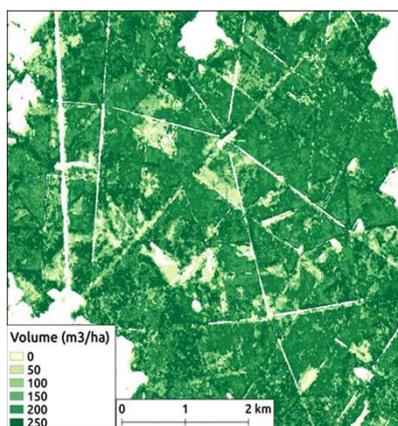


Synergies et perspectives

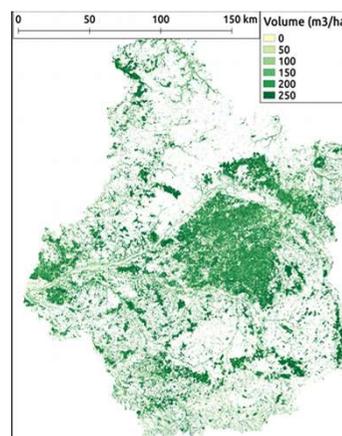
- Performance des modèles dépend des données auxiliaires
 - Séries temporelles d'images Radar et Optique (Sentinel-1, Sentinel-2)
 - Corrélation moindre mais meilleure couverture Spatio-temporelle
- Passage à l'échelle et surveillance des milieux – projet ADEME SuFoSat 2022-24 (poster flash)



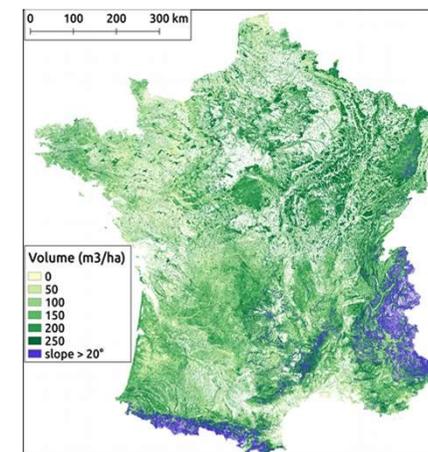
Peuplement/Parcelle
Forêt domaniale d'Orléans (Les Bordes)



Territorial/Régional
Centre-Val de Loire



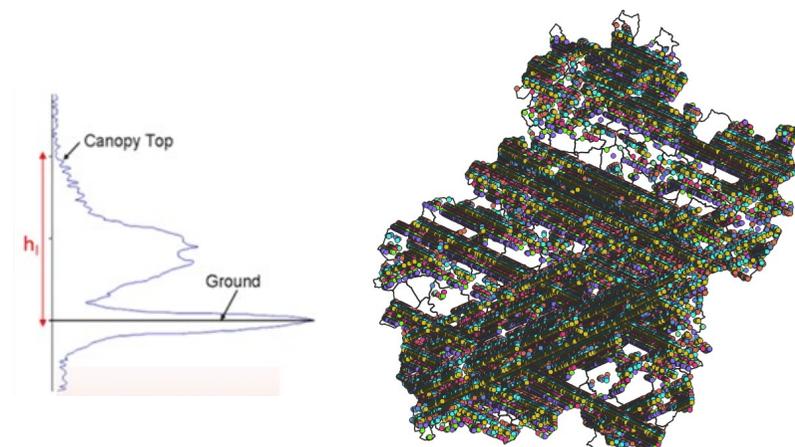
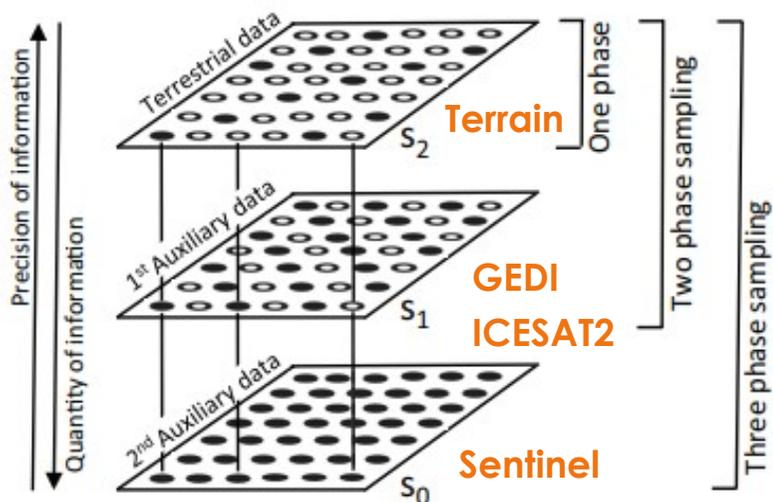
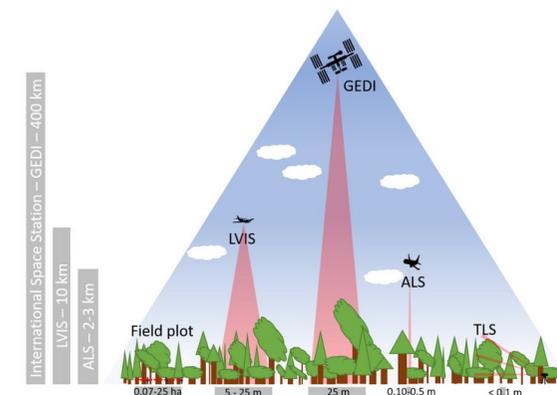
National
France





Synergies et perspectives

- Intérêt des nouveaux capteurs 3D
 - ICESat2 (2018), Gedi (ISS, 2019-2023), Jaxa Moli (2022)
 - Projet **TOSCA SLIM** (TETIS, IGN-LIF, ONF-R&D, URFM, CESBIO)
- Estimation à 3 phases



Projet TOSCA SLIM

Adapté de Hill et al. (2021)



Pour aller plus loin...

- Irulappa-Pillai-Vijayakumar, D. B.; Renaud, J.-P.; Morneau, F.; McRoberts, R. E.; Vega, C. Increasing Precision for French Forest Inventory Estimates Using the K-NN Technique with Optical and Photogrammetric Data and Model-Assisted Estimators. *Remote Sensing* 2019, 11 (8), 991. <https://doi.org/10.3390/rs11080991>.
- Morin, D.; Planells, M.; Guyon, D.; Villard, L.; Mermoz, S.; Bouvet, A.; Thevenon, H.; Dejoux, J.-F.; Le Toan, T.; Dedieu, G. Estimation and Mapping of Forest Structure Parameters from Open Access Satellite Images: Development of a Generic Method with a Study Case on Coniferous Plantation. *Remote Sensing* 2019, 11 (11), 1275. <https://doi.org/10.3390/rs11111275>.
- Renaud, J.-P.; Sagar, A.; Barbillon, P.; Bouriaud, O.; Deleuze, C.; Vega, C. Convex hull: Another Perspective about Model Predictions and Map Derivatives from Remote Sensing Data. *Silvilaser* 2021, September 27-30, Vienna, Austria, 3p.
- Sagar, A.; Vega, C.; Piédallu, C.; Bouriaud, O.; Renaud, J.-P. High Resolution Mapping of Forest Resources and Prediction Uncertainty using Multisource Inventory Approach. *Silvilaser* 2021, September 27-30, Vienna, Austria, 3p.
- Vega, C.; Renaud, J.-P.; Sagar, A.; Bouriaud, O. A New Small Area Estimation Algorithm to Balance between Statistical Precision and Scale. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 2021, 97, 102303. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102303>.
- Zhang, S.; Vega, C.; Bouriaud, O.; Durrieu, S.; Renaud, J.-P. Unit-level Small Area Estimation of Forest Inventory with GEDI Auxiliary Information. *Silvilaser* 2021, September 27-30, Vienna, Austria, 3p.



ÉCOLE NATIONALE
DES SCIENCES
GÉOGRAPHIQUES



IMPACT
DEEPSURF



Merci de votre attention !

Retrouvez toutes les présentations de l'atelier



LES UTILISATIONS DE LA TÉLÉDÉTECTION POUR LA
FORÊT

sur www.theia-land.fr/foret21

