



Des orthophotos historiques aux données LiDAR HD : une diversité de sources pour enrichir la cartographie du bocage, sa trajectoire et les indicateurs associés

D. Sheeren¹, V. Ferreira¹, G. Marquès¹, S. Lefèvre²,
S. Lang³, G. Guébin¹, M. Lang¹

¹UMR DYNAFOR, INRAE / INP-ENSAT, Toulouse (FR)

²UMR IRISA, Université Bretagne Sud, Vannes (FR)

³Department of Geoinformatics, University of Salzburg (AU)

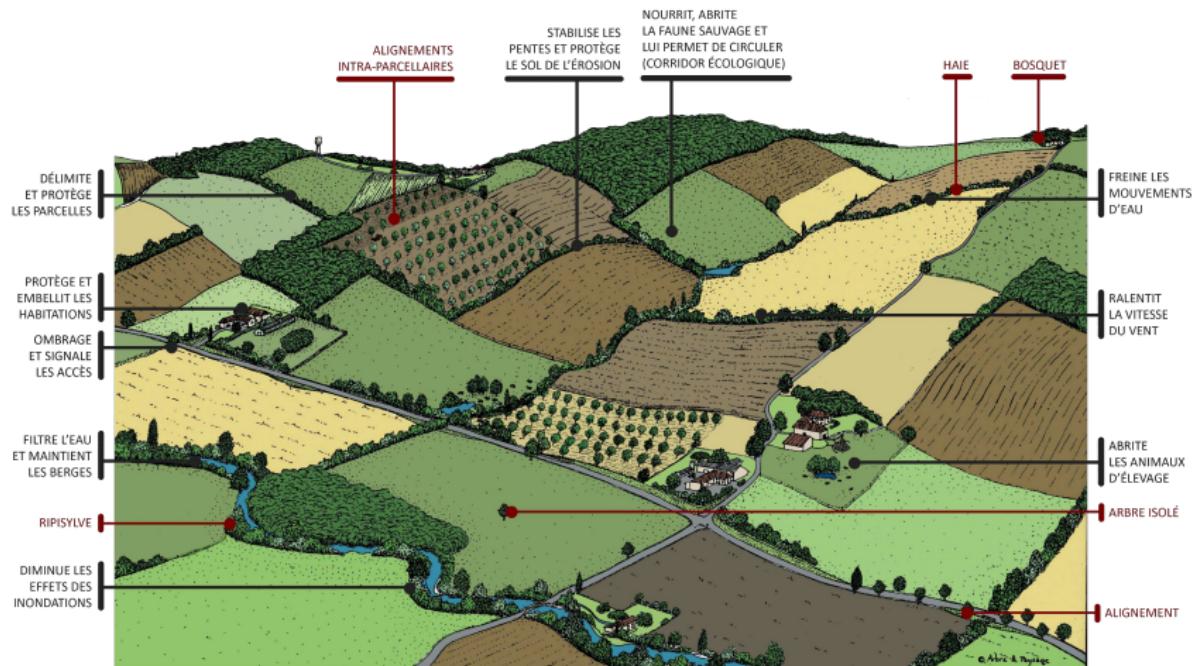


- 1 Contexte et objectifs
- 2 Cartographier la couverture arborée passée : premiers tests
- 3 Évaluer la structure 3D des haies à partir du LiDAR : premières analyses
- 4 Perspectives

- 1 Contexte et objectifs
- 2 Cartographier la couverture arborée passée : premiers tests
- 3 Évaluer la structure 3D des haies à partir du LiDAR : premières analyses
- 4 Perspectives

La haie : un objet aux multiples fonctions

Rôles potentiels de protection, régulation, production, dispersion...



(Source : Arbre et Paysage 32)

Des enjeux de conservation et de gestion durable

Une régression du linéaire de haies toujours à l'œuvre en France :

- ▶ Disparition de 70% depuis 1950 (Pointreau 2002)
- ▶ Perte annuelle moyenne de 10 400 km/an entre 2006 et 2014 et de 23 571 km/an entre 2017 et 2021 (Solagro et AFAC 2023)

Malgré des mesures de protection et d'incitation à la replantation :

- ▶ Conditionnalités des aides de la Politique Agricole Commune (PAC)
- ▶ Programme national « Plantons des haies ! » (France Relance 2021)
- ▶ Stratégie nationale « Bas-Carbone » (neutralité visée en 2050)

Un nouveau dispositif de certification de la bonne gestion

- ▶ Le label « Haie » pour l'éligibilité à certaines aides (paiement pour services environnementaux)

Des enjeux de conservation et de gestion durable

Une régression du linéaire de haies toujours à l'œuvre en France :

- ▶ Disparition de 70% depuis 1950 (Pointreau 2002)
- ▶ Perte annuelle moyenne de 10 400 km/an entre 2006 et 2014 et de 23 571 km/an entre 2017 et 2021 (Solagro et AFAC 2023)

Malgré des mesures de protection et d'incitation à la replantation :

- ▶ Conditionnalités des aides de la Politique Agricole Commune (PAC)
- ▶ Programme national « Plantons des haies ! » (France Relance 2021)
- ▶ Stratégie nationale « Bas-Carbone » (neutralité visée en 2050)

Un nouveau dispositif de certification de la bonne gestion

- ▶ Le label « Haie » pour l'éligibilité à certaines aides (paiement pour services environnementaux)

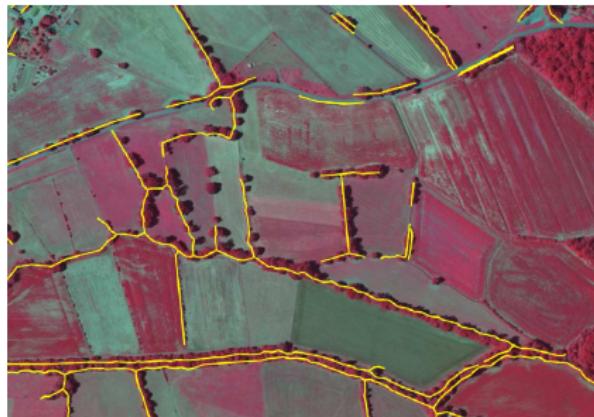
→ Besoins pour le suivi des politiques publiques :
un état de référence, un suivi, une évaluation

(cf. nouveau « Pacte en faveur de la haie » décliné en 25 actions)

Un référentiel cartographique existant

BDHaie IGN : dispositif national de suivi des bocages

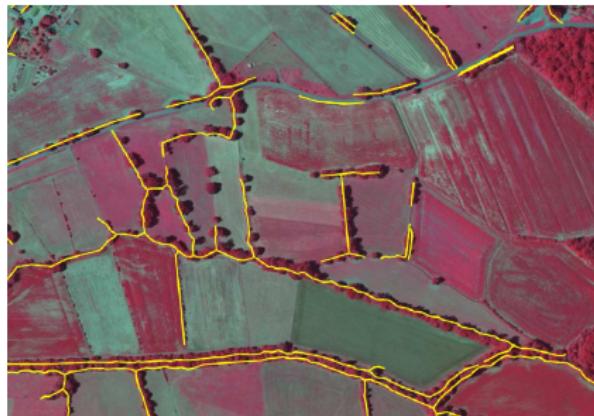
- ▶ Couche de linéaires intégrée à la BDTopo (v3.0) depuis 2021
- ▶ v1.0 : fusion du RPG/SNA et végétation BDTopo
- ▶ v2.0 : couche actualisée (nouveaux millésimes RPG/SNA corrigés, MNHC)



Un référentiel cartographique existant

BDHaie IGN : dispositif national de suivi des bocages

- Couche de linéaires intégrée à la BDTopo (v3.0) depuis 2021
- v1.0 : fusion du RPG/SNA et végétation BDTopo
- v2.0 : couche actualisée (nouveaux millésimes RPG/SNA corrigés, MNHC)



D'ici fin 2024 : un nouvel observatoire
Action 2 du pacte de la haie

Plusieurs constats

Des manques et des opportunités

Il existe très peu de descripteurs qui qualifient les haies cartographiées :

- Seules la hauteur et la largeur dans la BDTopo (+ source, dates)

Il n'existe aucun outil pour évaluer la multifonctionnalité des haies :

- Seuls des outils comme Conefor Sensinode ou Graphab dédiés à la modélisation des réseaux écologiques (Saura 2009, Foltête et al. 2021)

Il n'existe aucune cartographie des haies anciennes ni aucun suivi :

- Seuls des méthodes d'extraction (IA, autres) pour les haies actuelles

Il existe de nouvelles données accessibles qui peuvent combler les manques :

- MNS photogrammétriques, LiDAR HD, BDOrtho historique...
- Imagerie satellitaire (PlanetScope, Pléiades NEO)

Nos objectifs

(1) Développer des outils d'**extraction** automatique des haies

- Sur **imagerie ancienne et actuelle** : pour utilisateurs non avertis (i.e. méthode « clic bouton ») ou spécialistes (i.e. méthodes IA)

(2) Développer des outils de **caractérisation** automatique des haies

- Capable d'évaluer différentes propriétés qui aident à rendre compte de la **multifonctionnalité** (brise-vent, anti-érosion...) au-delà de la présence

Nos objectifs

(1) Développer des outils d'**extraction** automatique des haies

- Sur **imagerie ancienne et actuelle** : pour utilisateurs non avertis (i.e. méthode « clic bouton ») ou spécialistes (i.e. méthodes IA)

(2) Développer des outils de **caractérisation** automatique des haies

- Capable d'évaluer différentes propriétés qui aident à rendre compte de la **multifonctionnalité** (brise-vent, anti-érosion...) au-delà de la présence

Lignes directrices :

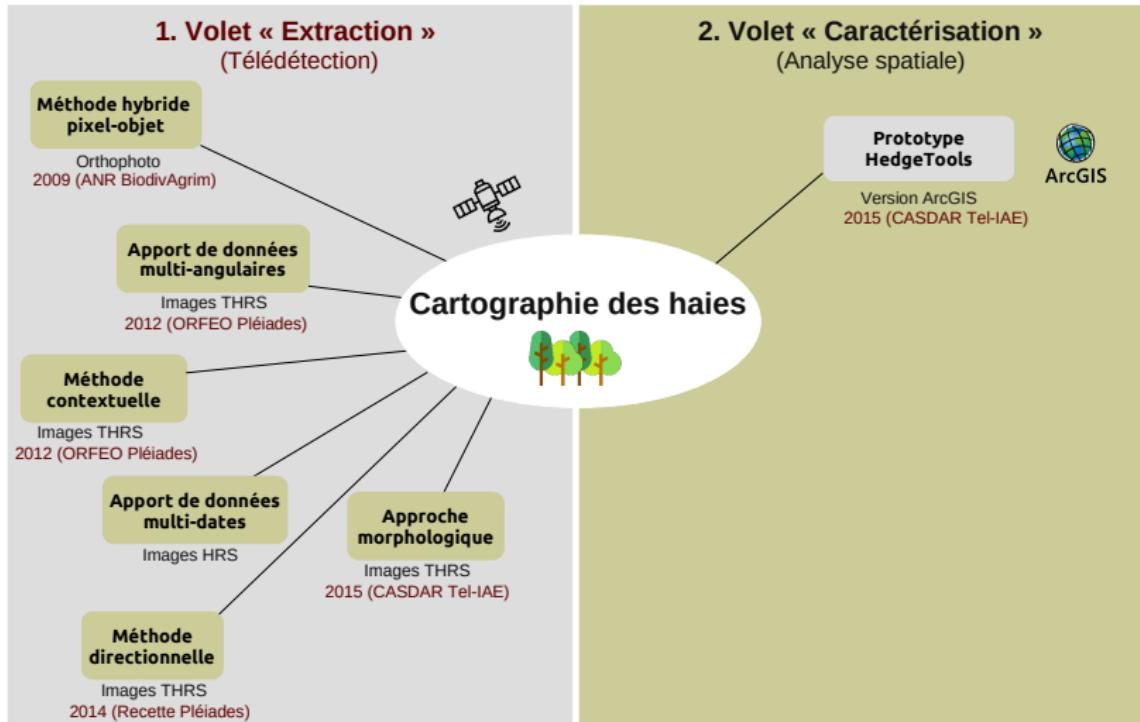
► Ne **pas réinventer la roue...** :

- S'appuyer sur des structures de données disponibles (ex. arc-nœud) et des bibliothèques existantes ; encapsuler des fonctions si adaptées.

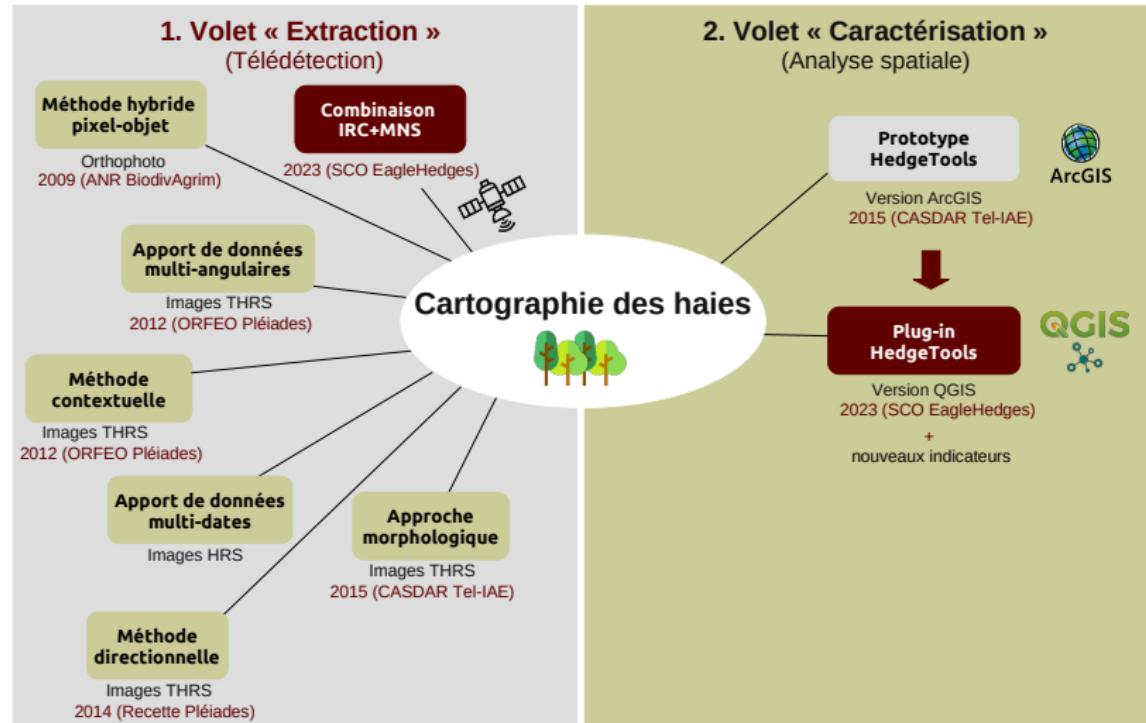
► Rendre l'outil **opérationnel et accessible** :

- S'appuyer sur des données ouvertes et disponibles sur tout le territoire (FR)
- Intégrer les outils sous QGIS avec interfaces graphiques et code source ouvert

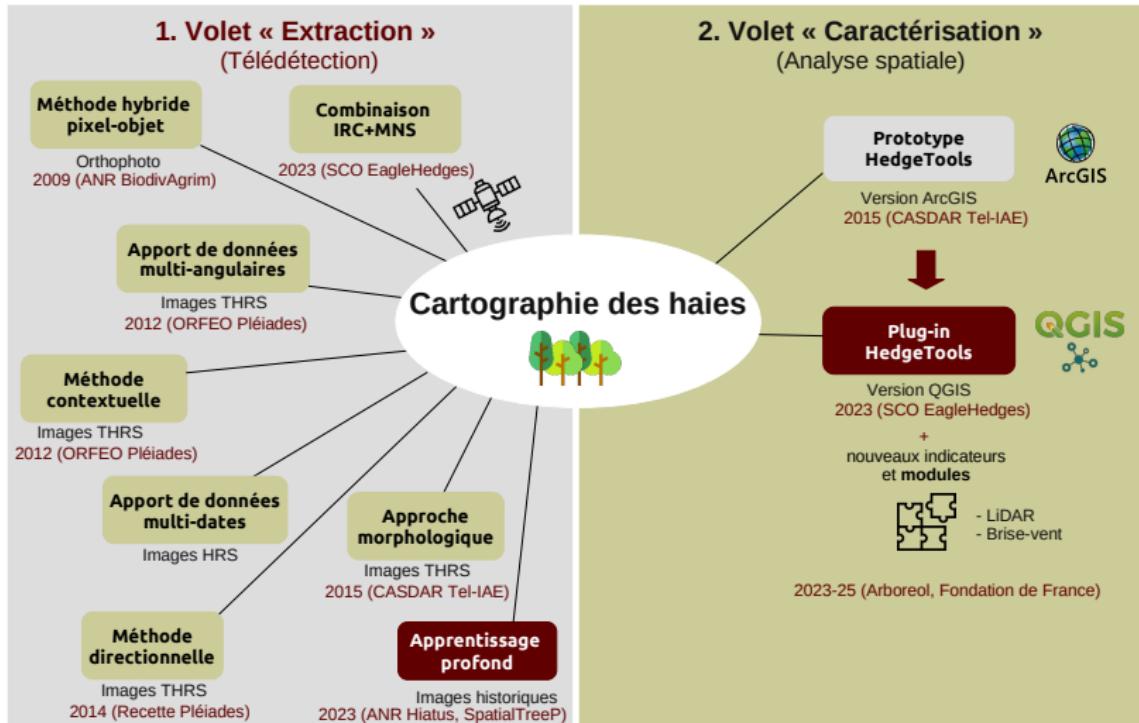
Acquis antérieurs



Avancées récentes



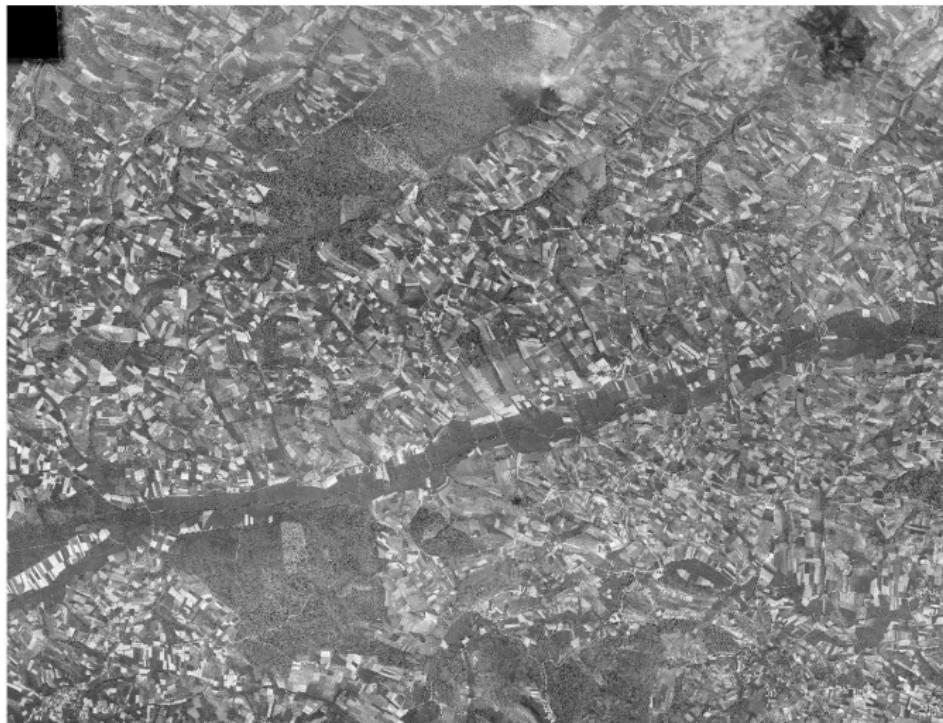
Travaux en cours



- 1 Contexte et objectifs**
- 2 Cartographier la couverture arborée passée : premiers tests**
- 3 Évaluer la structure 3D des haies à partir du LiDAR : premières analyses**
- 4 Perspectives**

Site d'étude et données

Fabas (sud-ouest de Toulouse) - 172 km²



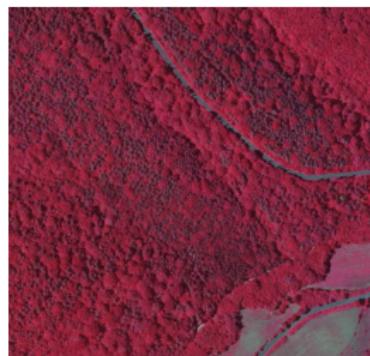
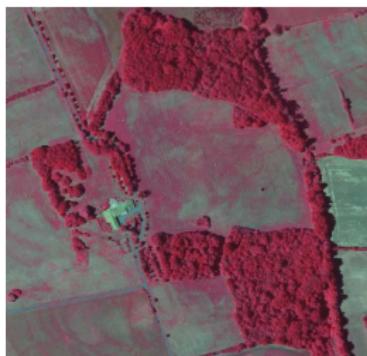
Ortho 1942 (IGN) - ANR Hiatus
Résolution spatiale : 0.75 m

Site d'étude et données

Fabas (sud-ouest de Toulouse) - 172 km²



Ortho 1942 (IGN) - ANR Hiatus



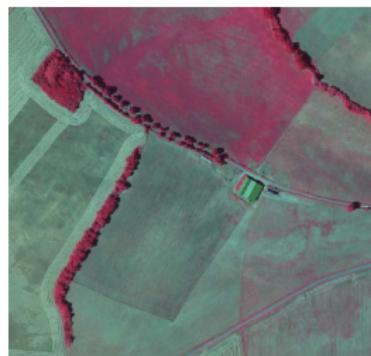
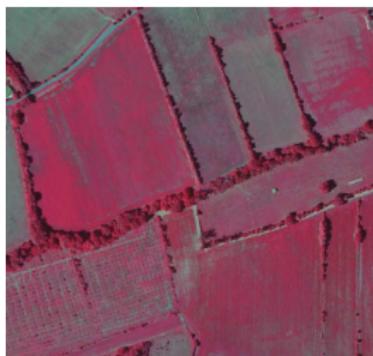
BDOortho IRC 2019 (IGN)

Site d'étude et données

Fabas (sud-ouest de Toulouse) - 172 km²



Ortho 1942 (IGN) - ANR Hiatus



BDOortho IRC 2019 (IGN)

Jeux de référence

3484 imagettes de 256 x 256 pixels annotés

Sémantique :

- ▶ un label par pixel : (1) arboré ou (0) non arboré
- ▶ un label par imagette : (a) pure, (b) mixte, (c) haies, (d) arbres individuels

Deux versions :

- ▶ (1) annotation « **approximative** » (*coarse-scale dataset*)
 - ▶ numérisation manuelle avec **généralisation** cartographique (agrégation, contours simplifiés, petits objets non numérisés)
 - ▶ temps de numérisation : 4-8 minutes / imagette
 - ▶ 1 observateur / imagette
- ▶ (2) annotation « **précise** » (*fine-scale dataset*)
 - ▶ numérisation manuelle de **tous les éléments** arborés (arbres isolés, haie, arbre de réserve...)
 - ▶ temps de numérisation : 10-30 minutes / imagette
 - ▶ 2 observateurs / imagette

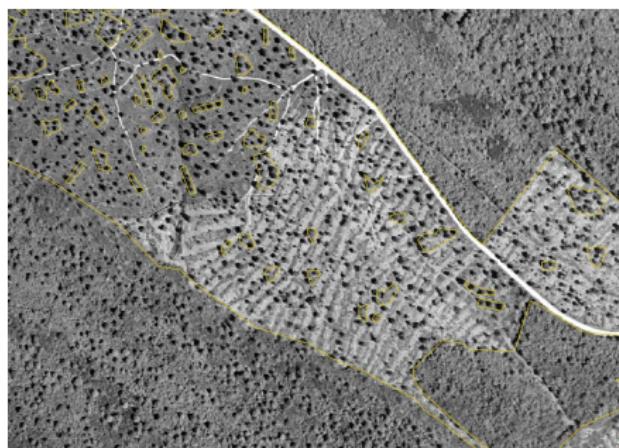
Jeux de référence

3484 imagettes de 256 x 256 pixels annotés

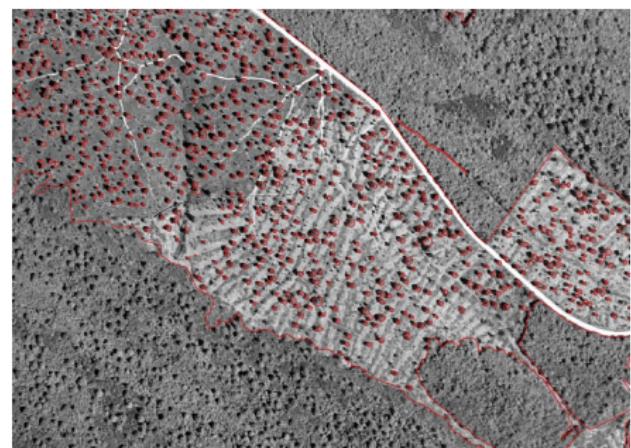
Sémantique :

- ▶ un label par pixel : (1) arboré ou (0) non arboré
- ▶ un label par imagette : (a) pure, (b) mixte, (c) haies, (d) arbres individuels

Deux versions :



(1) annotation approximative



(2) annotation précise

Jeux de référence

3484 imagettes de 256 x 256 pixels annotés

Sémantique :

- un label par pixel : (1) arboré ou (0) non arboré
- un label par imagette : (a) pure, (b) mixte, (c) haies, (d) arbres individuels

Deux versions :



(1) annotation approximative



(2) annotation précise

Jeux de référence

3484 imagettes de 256 x 256 pixels annotés

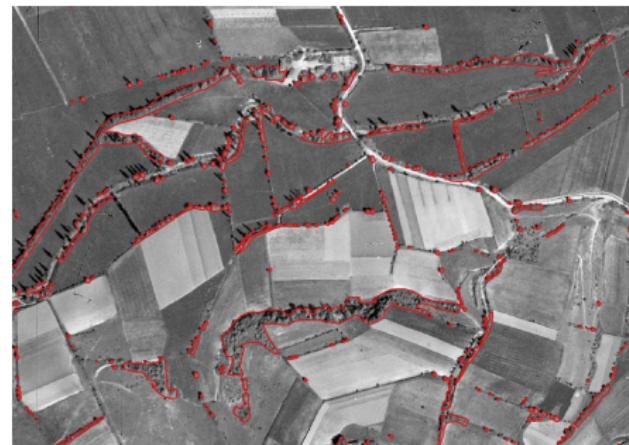
Sémantique :

- un label par pixel : (1) arboré ou (0) non arboré
- un label par imagette : (a) pure, (b) mixte, (c) haies, (d) arbres individuels

Deux versions :



(1) annotation approximative



(2) annotation précise

Apprentissage et prédition

Segmentation sémantique par réseau de neurones convolutif

Architecture U-Net (Ronneberger et al. 2015) :

- ▶ Initialisation de l'encodeur avec réseau pré-entraîné (MobileNet-v2)
- ▶ U-Net + scSE (mécanisme d'attention ; Roy et al. 2018)

Protocole :

- ▶ Appliqué pour les 2 jeux : annotations approximatives vs précises
- ▶ Séparation : 3259 imagettes (train/valid) et 225 imagettes (test) précises
- ▶ Initialisation : 750 imagettes avec 80% train et 20% valid
- ▶ Ajout progressif de 50 imagettes → 51 modèles au total par jeu
- ▶ Augmentation géométrique à la volée (train) et amélioration du contraste

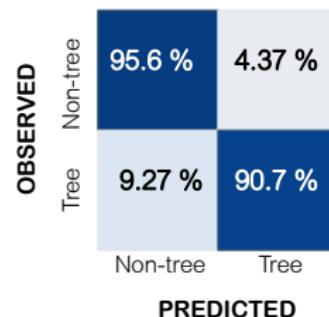
Résultats

Statistiques

Évolution de la performance selon le nombre de patches :

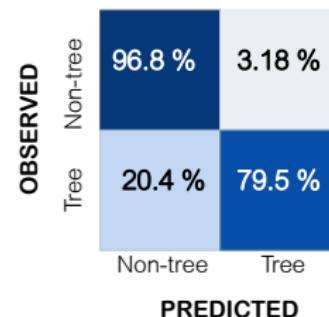
- ▶ Annotations approximatives : F-score de 66.6% ($n=750$) à 69.9% ($n=3250$)
- ▶ Annotations précises : F-score de 64.8% ($n=750$) à 72.6% ($n=3250$)

Matrices de confusion :



(a) annotations précises

avec $n=3250$



(b) annotations approximatives

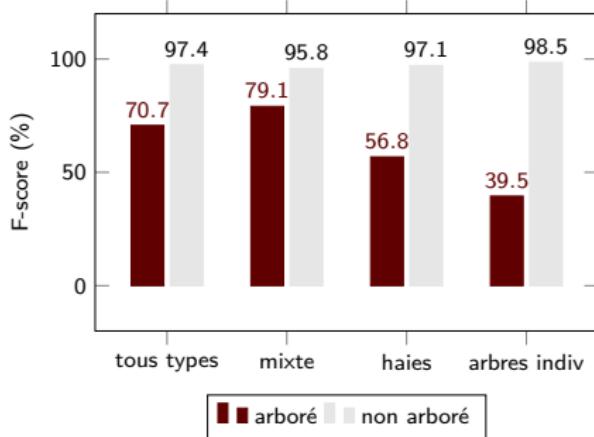
avec $n=3250$

Résultats

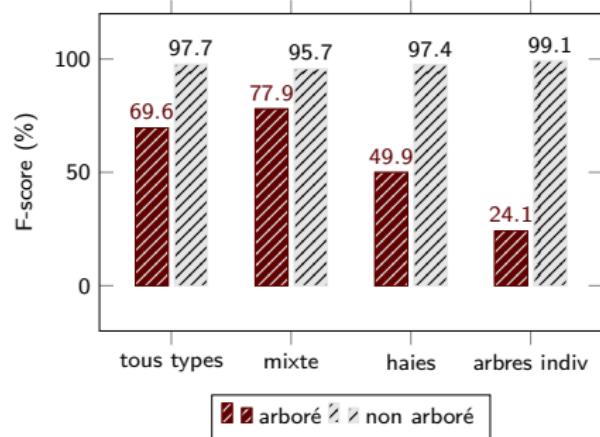
Statistiques

Évolution de la performance selon le type d'imagettes :

- Une performance qui diminue pour les petits objets arborés
- Une plus-value des annotations précises (+7 à +15% d'écart de F-score)
- La quantité ne compense pas la qualité



(a) annotations précises



(b) annotations approximatives

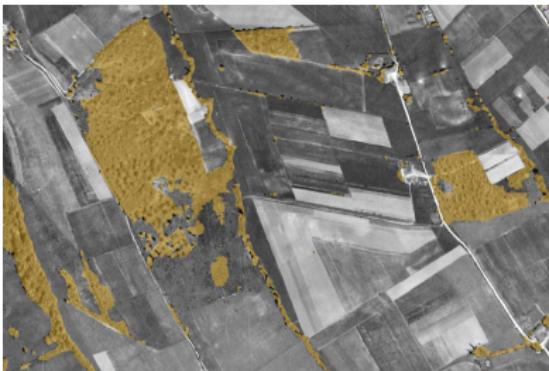
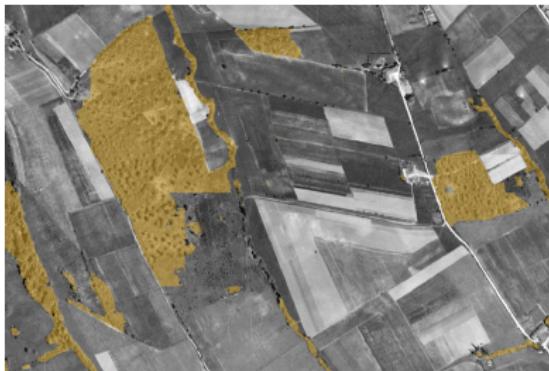
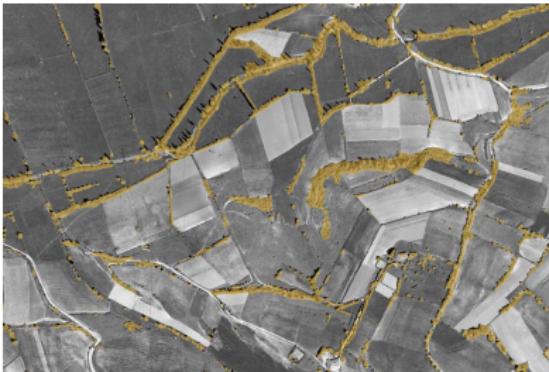
Résultats

Cartographiques

(1) prédiction (avec annotation approximative)

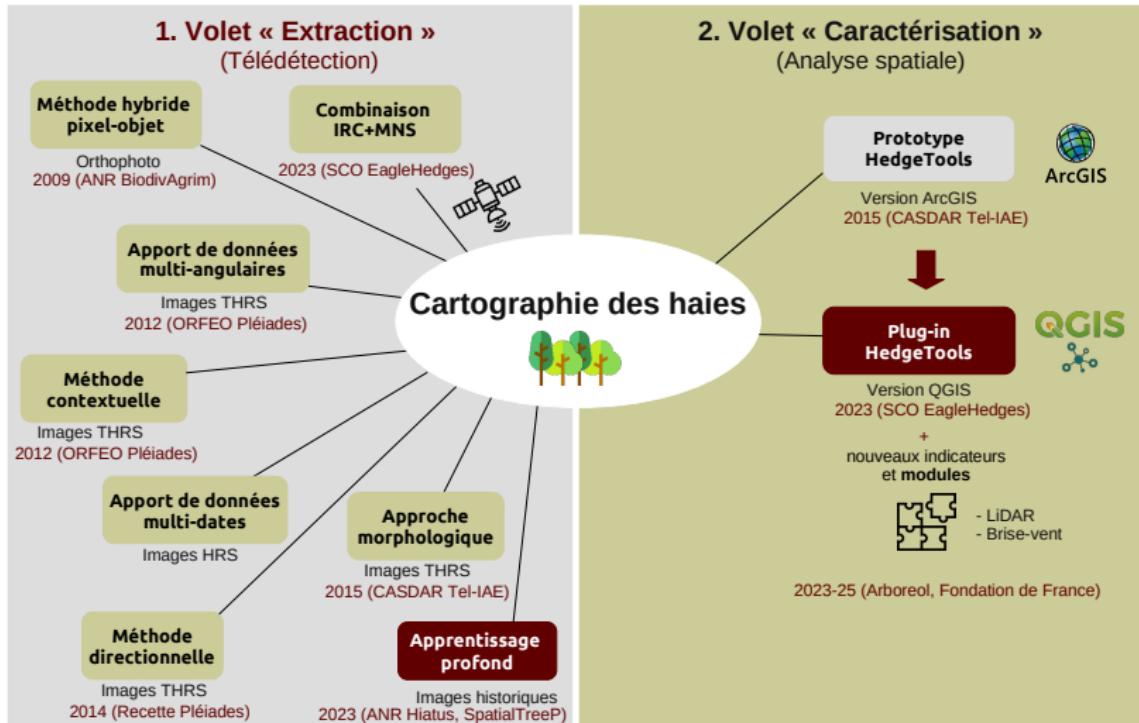


(2) prédiction (avec annotation précise)



- 1 Contexte et objectifs**
- 2 Cartographier la couverture arborée passée : premiers tests**
- 3 Évaluer la structure 3D des haies à partir du LiDAR : premières analyses**
- 4 Perspectives**

Travaux en cours



La boîte à outils HedgeTools

Pour caractériser les haies et évaluer leur multifonctionnalité

- ▶ Module d'extension pour QGIS ≥ 3.28
- ▶ Python/PyQGIS avec dépendances limitées (pdal pour points 3D)



- ❖ Hedge tools
 - ▼ 0 - Extraction [optional]
 - ❖ 1 - Generate DHM batch from IGN data
 - ❖ 2 - Generate NDVI batch from IGN data
 - ❖ 3 - Generate tree cover batch from IGN data
 - ❖ 4 - Preprocessing: categorize wooded area
 - ❖ 5 - Categorize wooded area [bêta]
 - ▼ 1 - Data preparation
 - ❖ 1 - Create topological arc
 - ❖ 2 - Create topological nodes
 - ❖ 3 - Create polygons from median axis
 - ❖ 4 - Modify median axis [optional]
 - ▼ Data transformation
 - ❖ Split by distance
 - ❖ Split by interface
 - ❖ Split by orientation
- ▼ Hedges level: morphology
 - ❖ Length
 - ❖ Orientation
 - ❖ Shape metrics
 - ❖ Width
- ▼ Hedges level: physiognomy
 - ❖ Height metrics from DHM
 - ❖ Strata proportion from DHM
- ▼ Context level: geographic
 - ❖ Relative orientation inside the main slope
 - ❖ Shortest distance to forest
 - ❖ Topographic position
- ▼ Landscape level: grid
 - ❖ Landscape metrics
- ▼ Landscape level: network
 - ❖ 1 - Subgraphs creation
 - ❖ 2 - Connectivity metrics
 - ❖ Connection to a forest

https://plugins.qgis.org/plugins/hedge_tools/

La boîte à outils HedgeTools

Pour caractériser les haies et évaluer leur multifonctionnalité

- Module d'extension pour QGIS ≥ 3.28
- Python/PyQGIS avec dépendances limitées (pdal pour points 3D)

The screenshot shows the HedgeTools documentation website. At the top, there's a navigation bar with links to Documentation, À propos, and Prérequis. The main content area has a header "HedgeTools" with a logo of interconnected circles. Below it, there are two columns of navigation links:

- GÉNÉRAL**: A propos, Installation, Résolution de problèmes, Contributions, Prérequis.
- UTILISATION**: 0 - Extraction, 1 - Préparation des données, 2 - Transformation des données, 3 - Morphologie, 4 - Physionomie, 5 - Contexte géographique, 6 - Analyse réseau, 7 - Analyse par maille.
- LIDAR**: Informations générales, 8 - Produits LIDAR, 8 bis - Produits LIDAR (encapsulation QGIS), 9 - Métriques LIDAR, 9 bis - Métriques LIDAR (encapsulation QGIS).

The main content area starts with a "English" link. Below it, the first section is "1 Installation". It contains a paragraph about the extension requiring a specific QGIS version (3.28.3) and mentioning two installation paths: a classic Windows installer and Linux tutorials. It also notes that Mac OS is not supported. The "1.1 Installation classique sans support lidar" section follows, detailing the steps to download from GitHub, change profile settings, and move the plugin folder. The final note states the extension will appear in the official QGIS repository.

Documentation À propos Prérequis

HedgeTools

English

1 Installation

L'extension Hedge Tools est une extension [QGIS](#) qui nécessite une installation particulière pour son utilisation avec des données lidar. Deux processus d'installation sont donc proposés.

1.1 Installation classique sans support lidar

1.1.1 Installation QGIS

HedgeTools requiert une version récente de QGIS, au minimum la version [3.28.3](#).

L'installateur indépendant Windows peut être trouvé [ici](#).

Pour Linux et ses différentes distributions, les tutoriels d'installation sont présentés [ici](#).

Actuellement, HedgeTools n'est pas supporté par MacOS.

1.1.2 Installation de l'extension

1. Télécharger le dossier `hedge_tools` de la branche main du [dépôt héberge sur GitHub](#)

2. Dans Qgis aller dans le menu : [Préférences > Profils Utilisateurs > Ouvrir le dossier du profil actif](#)

3. Dans la nouvelle fenêtre, ouvrir le dossier `python` puis le dossier `plugins`. Coller le dossier `hedge_tools`. Attention : il est important de ne pas renommer le nom de ce dossier pour les chemins d'accès relatifs.
NB : Si le dossier `plugins` n'existe pas vous pouvez le créer ou installer une autre extension via la procédure normale afin qu'il soit créé automatiquement.

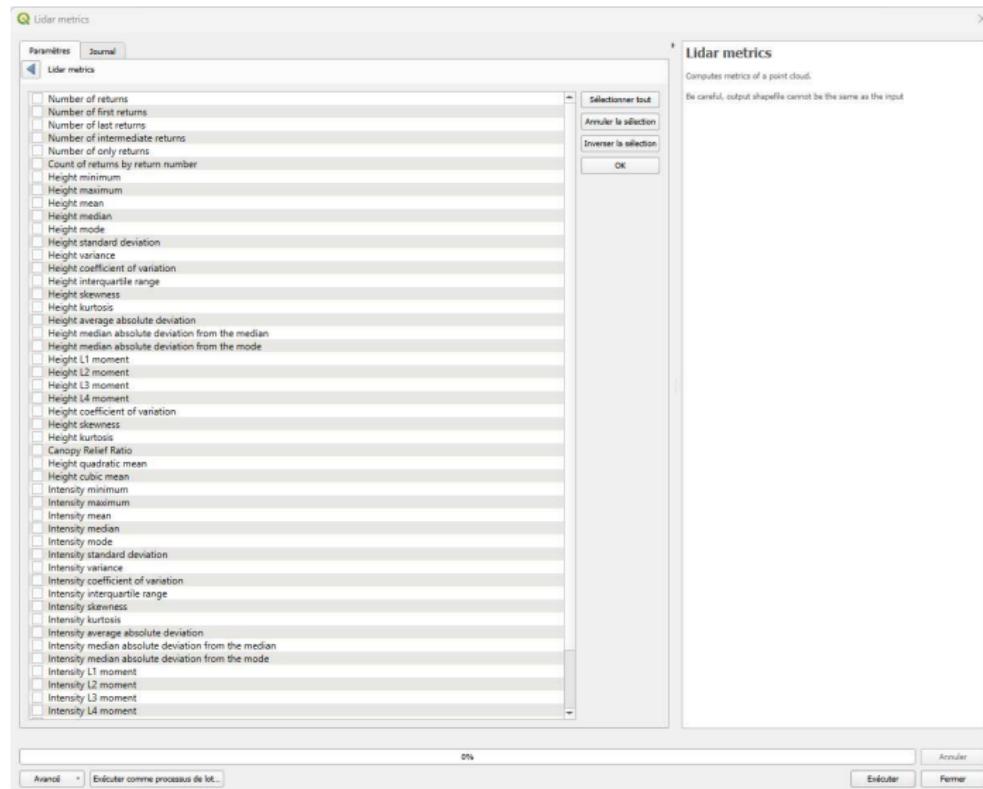
4. Relancer Qgis puis activer l'extension Hedge tools dans le menu [Extensions > Installer/Gérer les extensions](#)

A terme l'extension sera présente dans le [dépôt officiel](#) et téléchargeable directement depuis le menu [Extensions](#).

<https://dynafor.pages.mia.inra.fr/webapps/hedgetoolsdoc/fr/index.html>

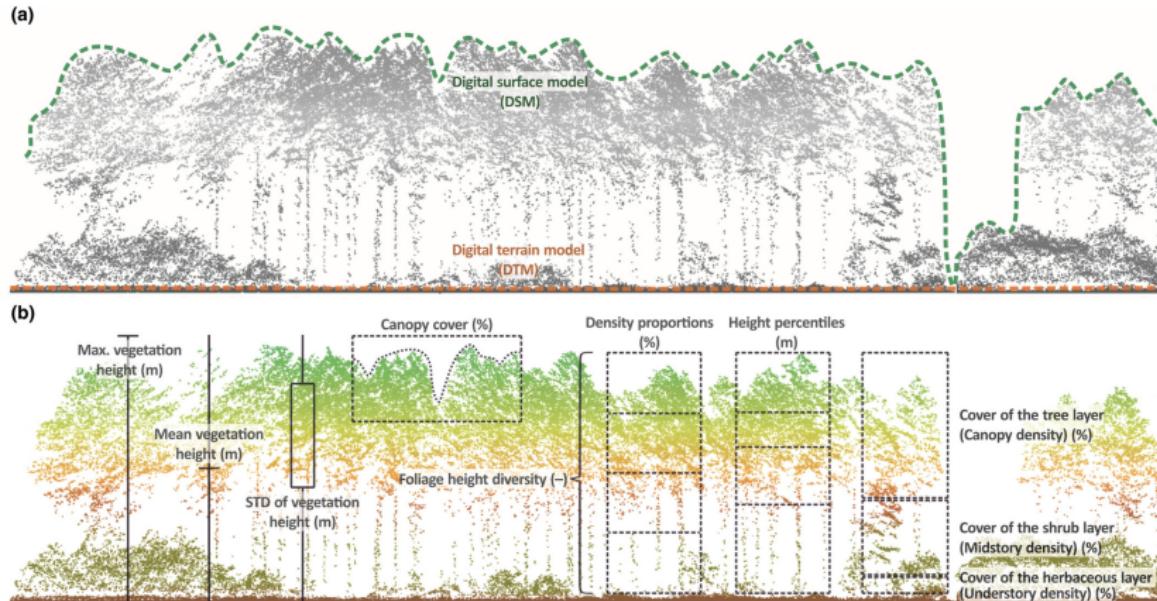
La boîte à outils HedgeTools

Un module dédié au calcul de métriques LiDAR (points 3D)



La boîte à outils HedgeTools

Un module dédié au calcul de métriques LiDAR (points 3D)



Exemple de métriques standards (Moudry et al. 2023)

La boîte à outils HedgeTools

Un module dédié au calcul de métriques LiDAR (points 3D)

Quelles perspectives pour les haies ?

La boîte à outils HedgeTools

Un module dédié au calcul de métriques LiDAR (points 3D)

Quelles perspectives pour les haies ?

Février 2023



Vue du dessus (orthophoto)



La boîte à outils HedgeTools

Un module dédié au calcul de métriques LiDAR (points 3D)

Quelles perspectives pour les haies ?

Février 2023



Profil vertical (LiDAR HD) sur largeur de 0.5 m



7m

Position 1

La boîte à outils HedgeTools

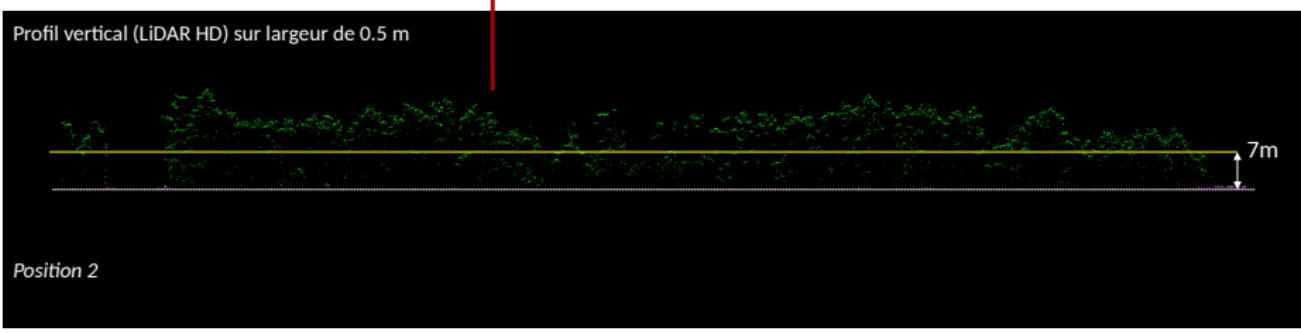
Un module dédié au calcul de métriques LiDAR (points 3D)

Quelles perspectives pour les haies ?

Février 2023



Profil vertical (LiDAR HD) sur largeur de 0.5 m



Position 2

La boîte à outils HedgeTools

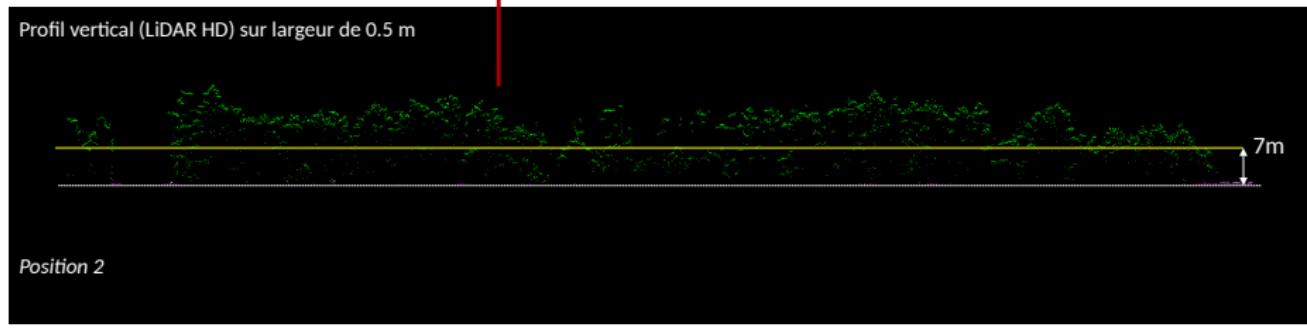
Un module dédié au calcul de métriques LiDAR (points 3D)

Quelles perspectives pour les haies ?

Vue du dessus avec transect (largeur=0.5m)



Profil vertical (LiDAR HD) sur largeur de 0.5 m



Position 2

La boîte à outils HedgeTools

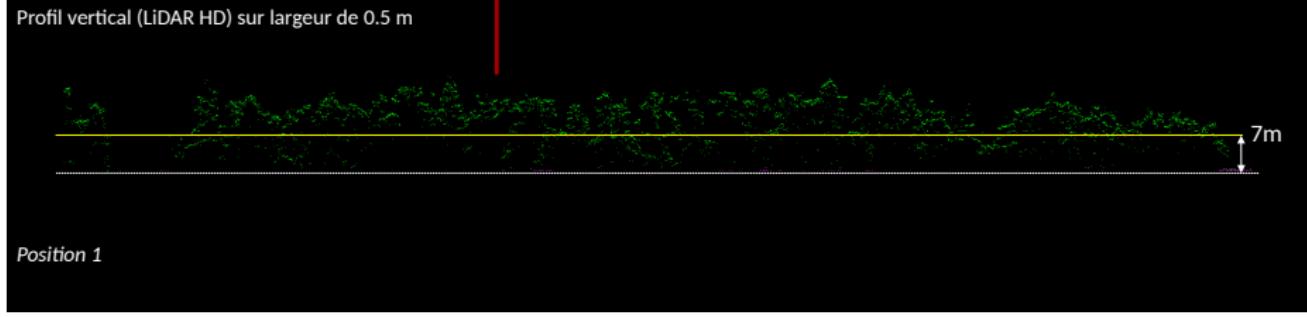
Un module dédié au calcul de métriques LiDAR (points 3D)

Quelles perspectives pour les haies ?

Vue du dessus avec transect (largeur=0.5m)



Profil vertical (LiDAR HD) sur largeur de 0.5 m



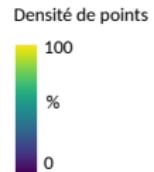
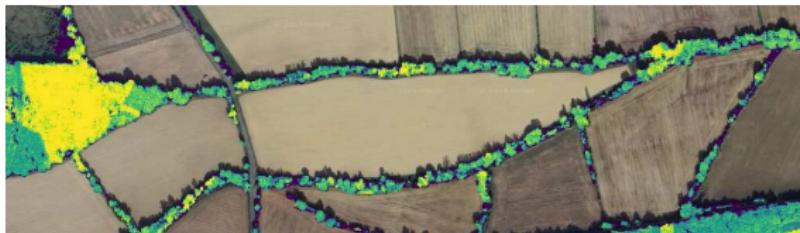
Position 1

La boîte à outils HedgeTools

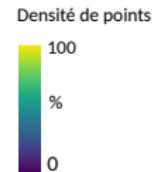
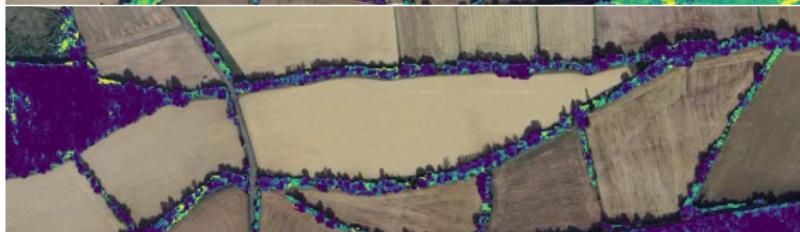
Un module dédié au calcul de métriques LiDAR (points 3D)

Quelles perspectives pour les haies ?

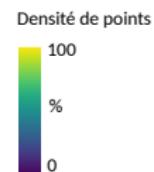
Etage 4 :
végétation $\geq 7m$



Etage 3 :
2 m \leq végétation $< 7m$



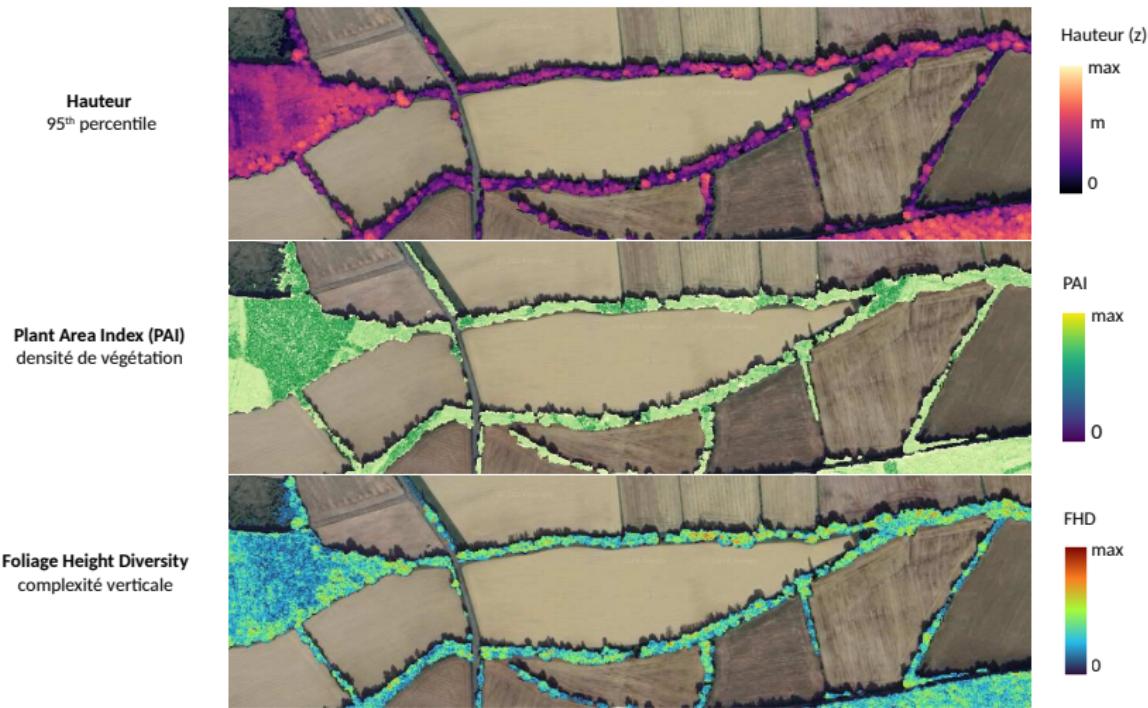
Etage 2 :
1 m $<$ végétation $< 2m$



La boîte à outils HedgeTools

Un module dédié au calcul de métriques LiDAR (points 3D)

Quelles perspectives pour les haies ?



La boîte à outils HedgeTools

Un module dédié au calcul de métriques LiDAR (points 3D)

Quelles perspectives pour les haies ?



La boîte à outils HedgeTools

Un module dédié au calcul de métriques LiDAR (points 3D)

Quelles perspectives pour les haies ?



La boîte à outils HedgeTools

Un module dédié au calcul de métriques LiDAR (points 3D)

Quelles perspectives pour les haies ?



La boîte à outils HedgeTools

Un module dédié au calcul de métriques LiDAR (points 3D)

Quelles perspectives pour les haies ?



La boîte à outils HedgeTools

Un module dédié au calcul de métriques LiDAR (points 3D)

Quelles perspectives pour les haies ?



- 1 Contexte et objectifs**
- 2 Cartographier la couverture arborée passée : premiers tests**
- 3 Évaluer la structure 3D des haies à partir du LiDAR : premières analyses**
- 4 Perspectives**

Prochaines étapes

Sur les données historiques :

- ▶ Enrichir le jeu de références pour augmenter la quantité et la variabilité
 - ▶ Plusieurs stratégies d'augmentation de données en cours de test (post-doc V. Bellet, ANR SpatialTreeP)
 - ▶ Adaptation de domaine à partir de données actuelles
- ▶ Exploiter les MNS historiques (ANR Hiatus)

Sur les données LiDAR :

- ▶ Poursuivre l'identification des métriques pertinentes et complémentaires pour mettre en évidence les **traits structuraux** des haies
 - ▶ Affiner l'interprétation et la **confronter aux données terrain**
- ▶ Combiner les traits structuraux à des **traits fonctionnels** et des **traits optiques**
 - ▶ Relier les traits à la **qualité écologique** de la haie

Merci !



D. Sheeren, G. Marquès, L. Villerme, J.-B. Boissonnat, G. Guébin, M. Lang, and C. Monteil. HedgeTools : une boîte à outils pour extraire et caractériser automatiquement les haies en milieu agricole. In *International Conference on Spatial Analysis and GEOMatics* (SAGEO'23), Québec, Canada, Juin 2023.

V. Ferreira, D. Sheeren, S. Lefèvre, S. Lang. More labels or better labels ? A semantic segmentation study case using historical aerial images for tree delineation. In *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium* (IGARSS'24), Athens, Greece, July 2024 (accepted).

Ce document est mis à disposition selon les termes de la licence Creative Commons "CC-BY-SA"

