



## **HedgeTools : un outil open-source pour caractériser la multifonctionnalité des haies**

**D. Sheeren<sup>1</sup>, G. Marquès<sup>1,2</sup>, L. Villierme<sup>1</sup>, J.B. Boissonnat<sup>1,2</sup>,  
G. Guébin<sup>1</sup>, M. Lang<sup>1</sup>, C. Monteil<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire DYNAFOR  
UMR INRAE / INP-ENSAT / INP-EI Purpan, Toulouse (FR)

<sup>2</sup>TerraNIS, Ramonville-Saint-Agne (FR)



- 1 **Contexte et objectifs**
- 2 **Analyse du besoin**
- 3 **Modélisation conceptuelle**
- 4 **Implémentation et premiers cas d'utilisation**

**1 Contexte et objectifs**

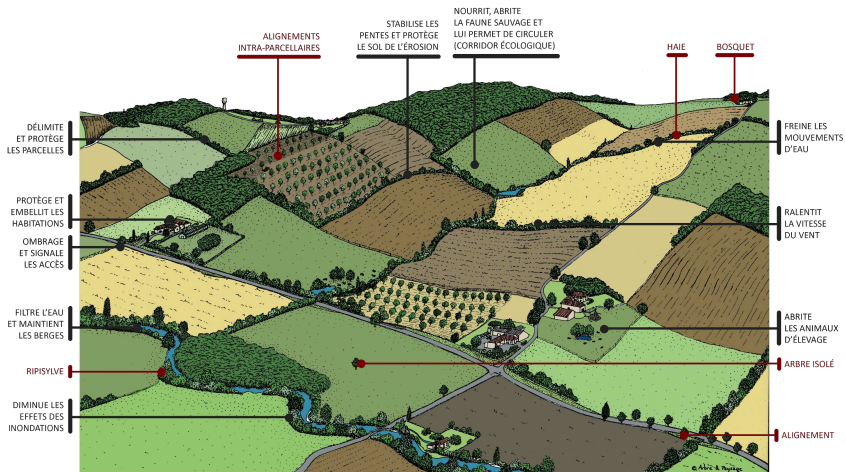
2 Analyse du besoin

3 Modélisation conceptuelle

4 Implémentation et premiers cas d'utilisation

# 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 ! » (50M€, France Relance)
- ▶ 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 ! » (50M€, France Relance)
- ▶ 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** : un état de référence, un suivi, une évaluation  
(cf. nouveau pacte en faveur de la haie d'un budget de 110M€)

# Des produits cartographiques existants

Deux sources principales

## BDTopo IGN :

- ▶ v1.2 : zone arborée incluant les arbres hors forêt sans distinction
- ▶ v2.0 : zone de végétation avec un attribut nature (bois, haie...)

## BDHaie IGN : dispositif national de suivi des bocages

- ▶ Obtenue par fusion BDTopo et couche haies du RPG/SNA
- ▶ Couche de linéaires intégrée à la BDTopo depuis 2021 (v3.0)



BDTopo IGN (couche végétation)



BDHaie IGN

# Plusieurs limites constatées

Les BD spatiales ne répondent que **partiellement aux besoins** :

- ▶ Spécifications et représentations contraintes, coexistence de deux définitions au sein d'une même couche BDHaie, incohérence temporelle, incomplétude.

Les méthodes automatiques d'extraction sont **peu opérationnelles** :

- ▶ Approches par segmentation ou filtrage directionnel rapidement complexes qui requièrent un apprentissage automatique (ex. Sheeren et al. 2012, Fauvel et al. 2014, Vannier et al. 2014, Merciol et al. 2019)

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

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



# Nos objectifs

## (1) Développer un outil d'**extraction** automatique des haies

- ▶ Adapté à des utilisateurs non avertis (i.e. méthode « clic bouton »)

## (2) Développer un outil 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 un outil d'**extraction** automatique des haies

- ▶ Adapté à des utilisateurs non avertis (i.e. méthode « clic bouton »)

## (2) Développer un outil 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 :

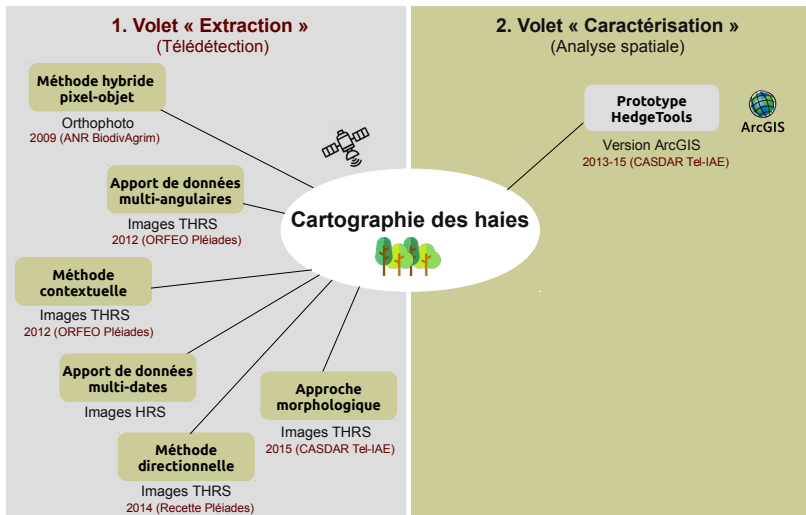
#### ▶ **Ne pas réinventer la roue... :**

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

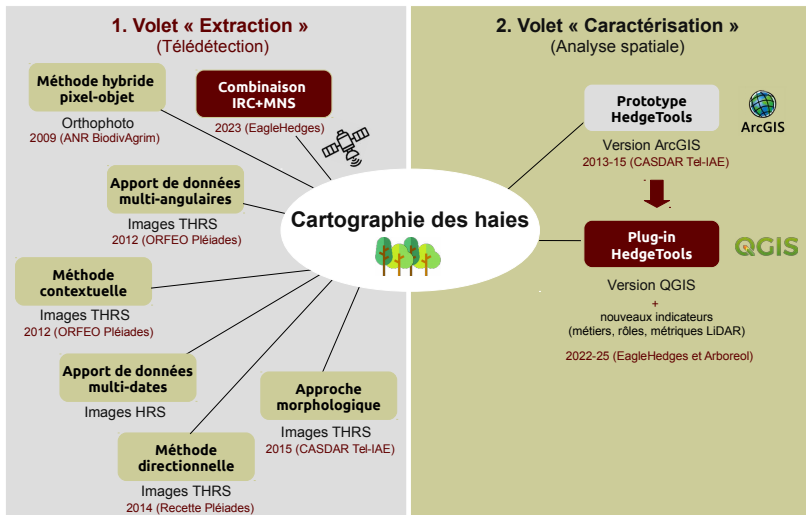
#### ▶ **Rendre l'outil opérationnel et accessible :**

- ▶ 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



# Acquis antérieurs



1 Contexte et objectifs

2 **Analyse du besoin**

3 Modélisation conceptuelle

4 Implémentation et premiers cas d'utilisation

# 2.1 Indicateurs de description des haies

## Bilan de l'état de l'art

Niv. d'analyse	Catégorie	Propriété	Accessibilité
	Typologie	Taillis simple, taillis mixte, futaie régulière, futaie irrégulière, haie en devenir, taillis sous futaie	à l'étude
	Morphologie (2D)	Longueur, largeur du houppier, forme (élongation, complexité), orientation	oui
		Densité, proportion de trouées (ou continuité des houppiers, en %)	oui
		Perméabilité (en%)	à l'étude
		Volume et biomasse	à l'étude
	Physionomie (3D)	Hauteur de la canopée (dominante, moy, var, min, max)	oui
		Présence des étages de végétation (herbacé, 0,3-2m, 2-7m, > 7m)	à l'étude
		Recouvrement par étage (0 à 100%)	à l'étude
		Présence de très gros bois ( $\phi > 70\text{cm}$ )	à l'étude
		Espèce dominante, secondaires, diversité et richesse spécifique, persistance du feuillage, espèces invasives	non
		Age moyen des arbres de futaie, des cépées d'arbres et d'arbustes	non

# 2.1 Indicateurs de description des haies

## Bilan de l'état de l'art

Objet	Composition	Présence de bois mort sur pied, arbres à cavités, lianes, terrier	<i>non</i>
	Type de sol	Superficiel, moyen, profond	<i>non</i>
	Mode d'entretien et facteurs de dégradation	Traces d'épareuse, lamier, état sanitaire dégradé, espèce invasive, abroustissement ou piétinement par le bétail, brûlage des rémanents, tailles inadéquates, fossé drainant profond, clôture.	<i>non</i>
	Fonction / rôle	Brise-vent, hydrologique, anti-érosif, potentiel d'accueil de la biodiversité	<i>à l'étude</i>
Contexte	Topographique	Pente dominante, position sur versant, orientation p/r à la pente	<i>oui</i>
	Géographique	Fossé et talus adjacent	<i>à l'étude</i>
	Embase	A plat, en creux, sur talus	<i>à l'étude</i>
	Interface	Type d'occupation du sol de part et d'autre de la haie	<i>oui</i>
Réseau	Connectivité	Type de nœud (O, L, T, X, M)	<i>oui</i>
		Indices ( $\beta$ , $\gamma$ , $\mu$ , $\alpha$ )	<i>oui</i>
		Nombre de sous-réseaux, nombre d'arêtes, dimension des sous-réseaux	<i>oui</i>
Paysage	Indices synthétiques	Linéaire de haies, densité, indice de cohérence, indice de linéarité	<i>oui</i>

## 2.2 Des définitions multiples

### Quelques exemples :

- ▶ « *Alignement d'arbres ou d'arbustes marquant la limite entre deux parcelles ou entre deux propriétés* » (Larousse, 2013)
- ▶ « *Un élément du réseau qui constitue a priori une unité de gestion [pour l'agriculteur]* » (Baudry et Jouin, 2003)
- ▶ « *Formation linéaire comportant des arbres, arbustes ou arbrisseaux sur au moins 25 m de long, sans interruption de plus de 20 m, sur une largeur inférieure à 20 m, et sa hauteur potentielle est supérieure à 1,30 m* » (IGN BDTopo, 2009)



## 2.2 Des définitions multiples

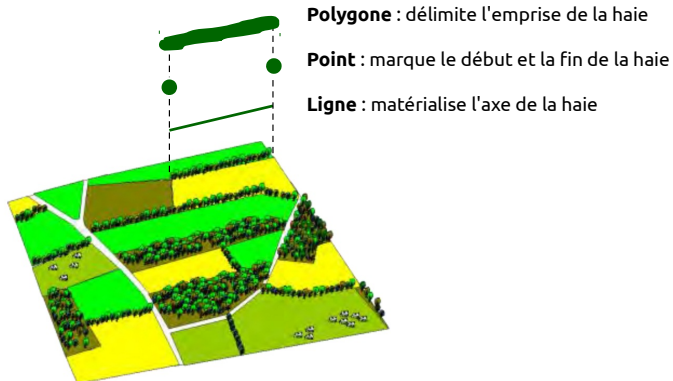
Quelques exemples :

- ▶ « *Alignement d'arbres ou d'arbustes marquant la limite entre deux parcelles ou entre deux propriétés* » (Larousse, 2013)
- ▶ « *Un élément du réseau qui constitue a priori une unité de gestion [pour l'agriculteur]* » (Baudry et Jouin, 2003)
- ▶ « *Formation linéaire comportant des arbres, arbustes ou arbrisseaux sur au moins 25 m de long, sans interruption de plus de 20 m, sur une largeur inférieure à 20 m, et sa hauteur potentielle est supérieure à 1,30 m* » (IGN BDTopo, 2009)

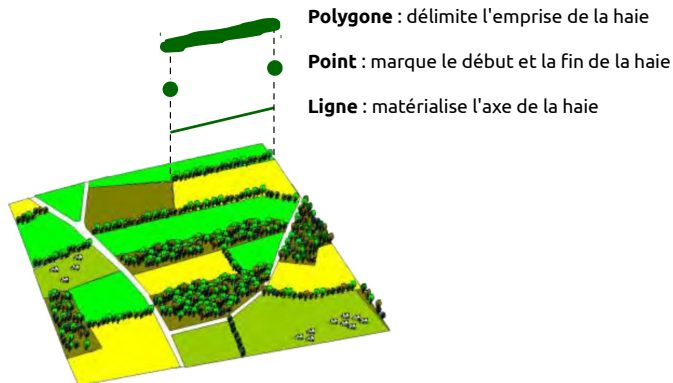
**Besoin n°1 :**

**Rendre l'outil indépendant de la définition adoptée**  
**Développer des mécanismes pour passer d'une définition à l'autre**

## 2.3 Des géométries multiples



## 2.3 Des géométries multiples

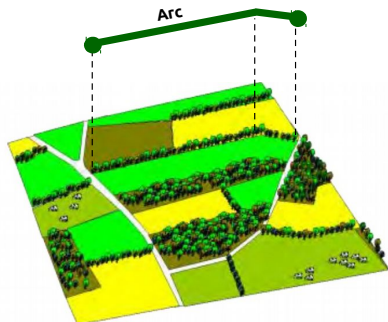


**Besoin n°2 :**

**Générer les arcs et les nœuds, en plus des surfaces**

## 2.4 Des points de vue multiples

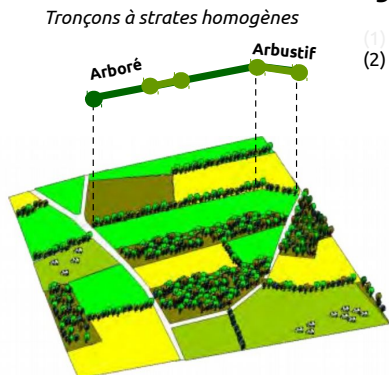
*Tronçons à topologie de réseau*



**Découpage possible selon :**

(1) La structure topologique

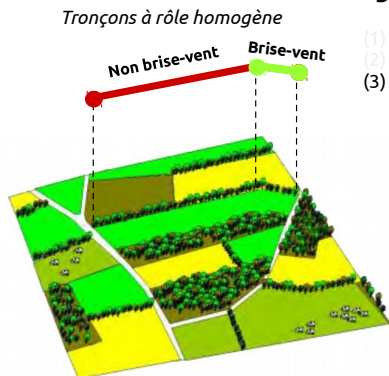
## 2.4 Des points de vue multiples



**Découpage possible selon :**

- (1) La structure topologique
- (2) La structure morphologique

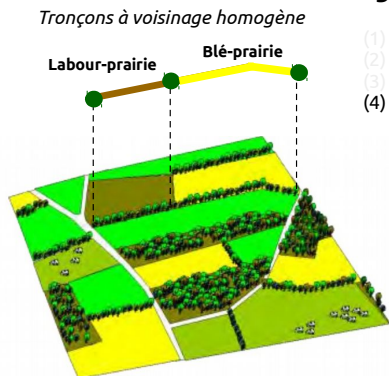
## 2.4 Des points de vue multiples



**Découpage possible selon :**

- (1) La structure topologique
- (2) La structure morphologique
- (3) Un rôle / une fonction

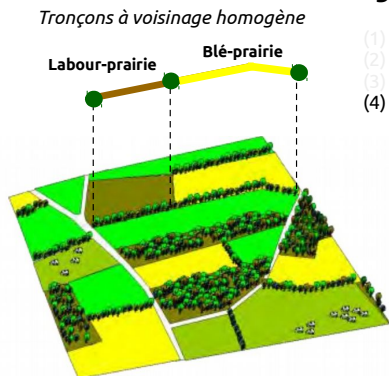
## 2.4 Des points de vue multiples



**Découpage possible selon :**

- (1) La structure topologique
- (2) La structure morphologique
- (3) Un rôle / une fonction
- (4) Le voisinage

## 2.4 Des points de vue multiples



Découpage possible selon :

- (1) La structure topologique
- (2) La structure morphologique
- (3) Un rôle / une fonction
- (4) Le voisinage

Besoin n°3 :

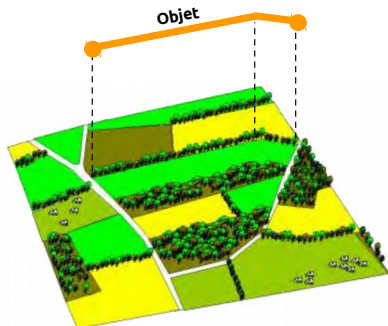
**Adapter la représentation (découpage) selon l'indicateur**



## 2.5 Différentes échelles d'analyse

### Niveaux d'analyse :

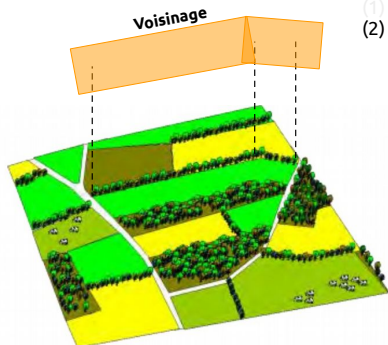
(1) L'**objet** : type, forme, physionomie...



## 2.5 Différentes échelles d'analyse

### Niveaux d'analyse :

- (1) L'**objet** : type, forme, physionomie...
- (2) Le **contexte** : position topo, pente...



## 2.5 Différentes échelles d'analyse

### Niveaux d'analyse :

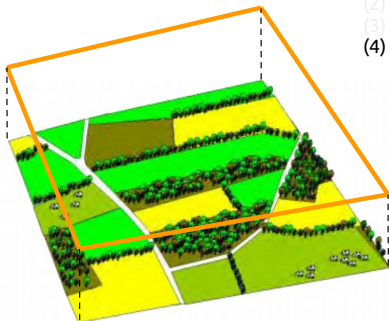
- (1) L'**objet** : type, forme, physionomie...
- (2) Le **contexte** : position topo, pente...
- (3) Le **réseau** : connectivité



## 2.5 Différentes échelles d'analyse

### Niveaux d'analyse :

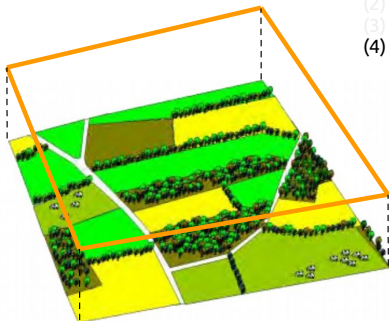
- (1) L'**objet** : type, forme, physionomie...
- (2) Le **contexte** : position topo, pente...
- (3) Le **réseau** : connectivité
- (4) Le **paysage** : densité, nombre km...



## 2.5 Différentes échelles d'analyse

### Niveaux d'analyse :

- (1) L'**objet** : type, forme, physionomie...
- (2) Le **contexte** : position topo, pente...
- (3) Le **réseau** : connectivité
- (4) Le **paysage** : densité, nombre km...



**Besoin n°4 :**

**Adapter l'étendue et le niveau d'agrégation (échelle micro → macro).**

1 Contexte et objectifs

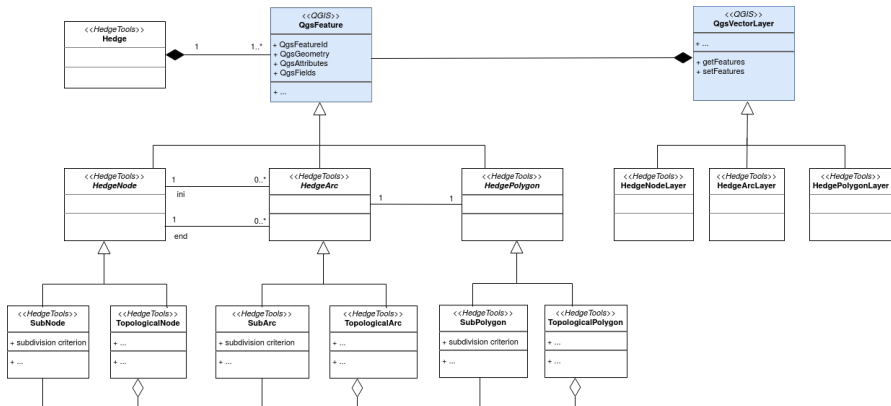
2 Analyse du besoin

**3 Modélisation conceptuelle**

4 Implémentation et premiers cas d'utilisation

# Modèle conceptuel de l'outil HedgeTools

## Diagramme de classes UML simplifié



- 1 Contexte et objectifs
- 2 Analyse du besoin
- 3 Modélisation conceptuelle
- 4 Implémentation et premiers cas d'utilisation**



# Implémentation

Une nouvelle boîte à outils QGIS ! (sortie fin 2023)

- ▶ **Module d'extension pour QGIS 3.28**
- ▶ **Python/PyQGIS avec dépendances limitées** (pda1 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

# Implémentation

Une nouvelle boîte à outils QGIS ! (sortie fin 2023)

- ▶ **Module d'extension pour QGIS 3.28**
- ▶ **Python/PyQGIS avec dépendances limitées** (pda1 pour points 3D)



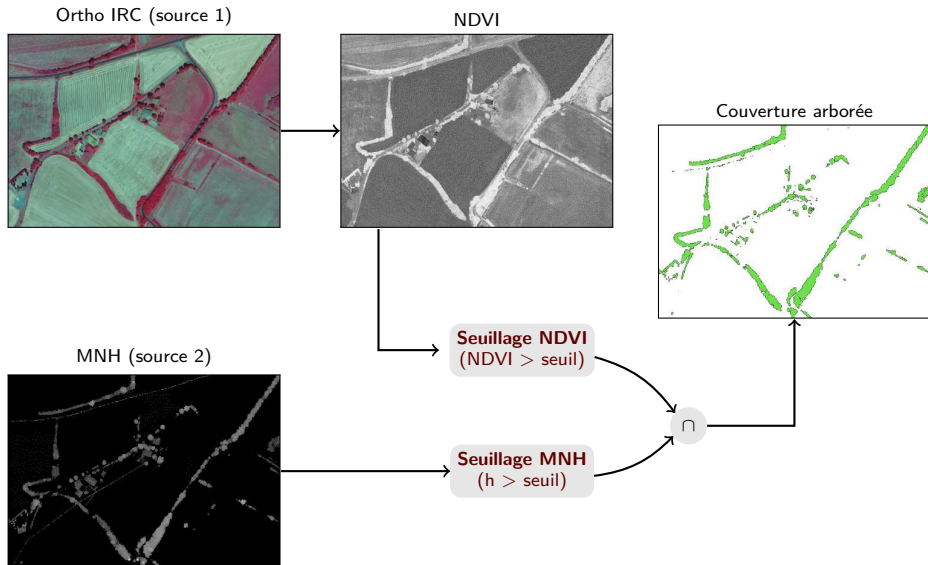
- ✘ Hedge tools
  - ▼ 0 - Extraction [optional]
    - ✘ 1 - Generate DHM batch from IGN data
    - ✘ 2 - Generate NDVI batch from IGN data
    - ✘ 3 - Generate tree cover batch from IGN data
    - ✘ 4 - Preprocessing: categorize wooded area
    - ✘ 5 - Categorize wooded area [bêta]
  - ▼ 1 - Data preparation
    - ✘ 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

# Cas d'utilisation 1 : extraction des haies

Principe : (1) extraction automatique de la couverture arborée (tous types confondus)

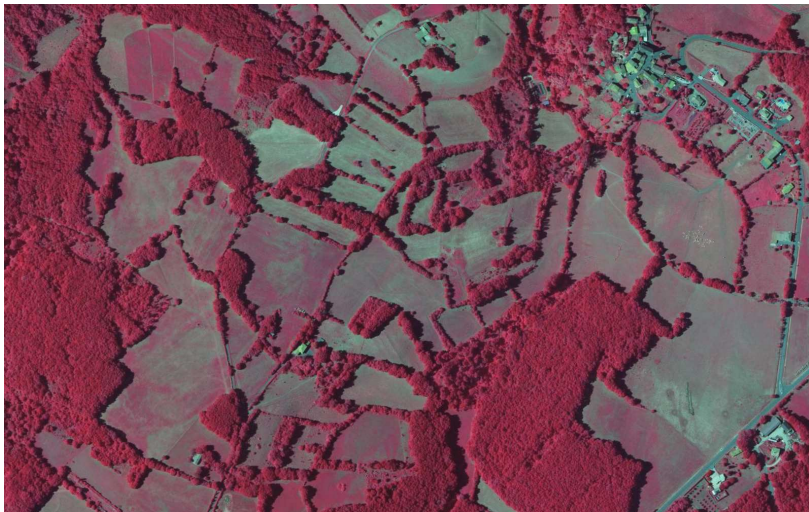
# Cas d'utilisation 1 : extraction des haies

Principe : (1) extraction automatique de la couverture arborée (tous types confondus)



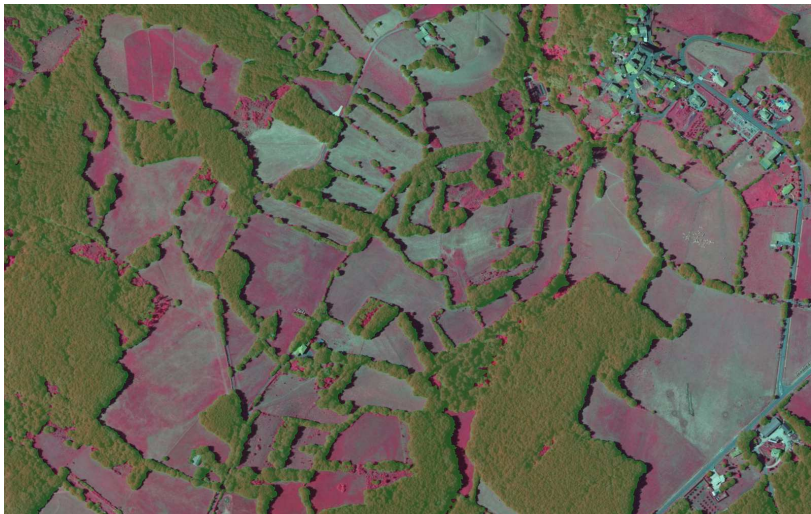
# Cas d'utilisation 1 : extraction des haies

Principe : (1) extraction automatique de la couverture arborée (tous types confondus)



# Cas d'utilisation 1 : extraction des haies

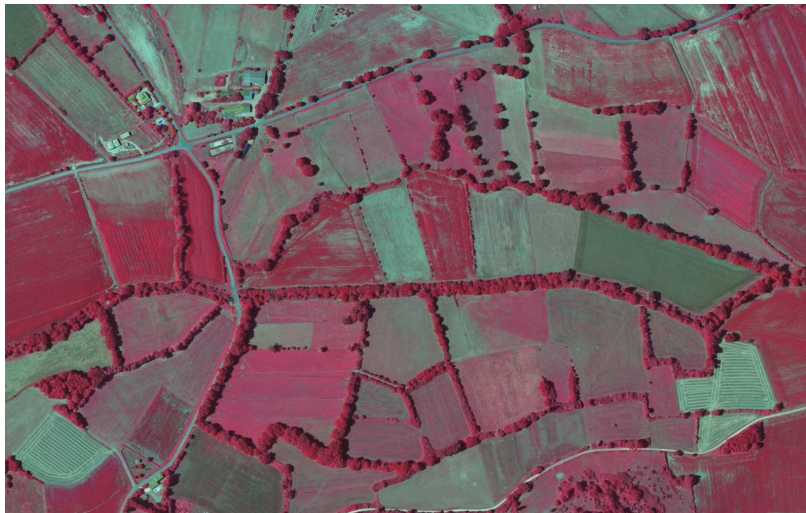
Principe : (1) extraction automatique de la couverture arborée (tous types confondus)



Seuils :  $NDVI > 0.2$  et  $Hauteur \geq 2,5m$

# Cas d'utilisation 1 : extraction des haies

Principe : (1) extraction automatique de la couverture arborée (tous types confondus)



# Cas d'utilisation 1 : extraction des haies

Principe : (1) extraction automatique de la couverture arborée (tous types confondus)



Seuils :  $NDVI > 0.2$  et  $Hauteur \geq 2,5m$



# Cas d'utilisation 1 : extraction des haies

Principe : (1) extraction automatique de la couverture arborée (tous types confondus)



# Cas d'utilisation 1 : extraction des haies

Principe : (1) extraction automatique de la couverture arborée (tous types confondus)



Seuils :  $NDVI > 0.2$  et  $Hauteur \geq 2,5m$

# Cas d'utilisation 1 : extraction des haies

Principe : (1) extraction automatique de la couverture arborée (tous types confondus)



Seuils :  $NDVI > 0.2$  et  $Hauteur \geq 2,0m$

# Cas d'utilisation 1 : extraction des haies

Principe : (1) extraction automatique de la couverture arborée (tous types confondus)

## Performance de la méthode :

- ▶ **Précision globale de 96.33%** (F-score moyen : 95.77%)
  - ▶ Seuil NDVI à 0.2 et seuil **hauteur à 2 m**
- ▶ **Précision globale de 96.09%** (F-score moyen : 95.53%)
  - ▶ Seuil NDVI à 0.2 et seuil **hauteur à 2.5 m**

Basé sur un **échantillonnage aléatoire** avec :

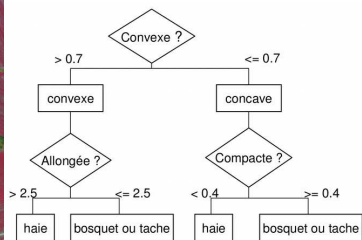
- ▶ 6 679 635 pixels *non arboré*
- ▶ 15 210 034 pixels *arboré* (tous types confondus avec effectif équilibré)

# Cas d'utilisation 1 : extraction des haies

Principe : (2) séparation des forêts, haies et autres arbres hors forêts

# Cas d'utilisation 1 : extraction des haies

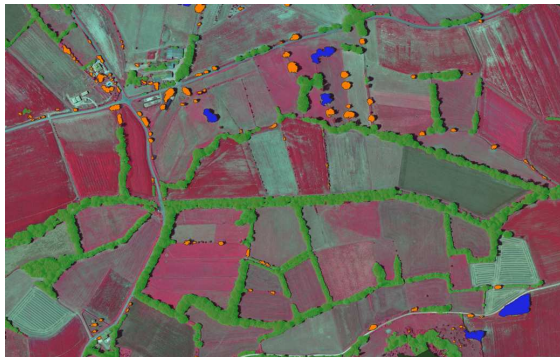
Principe : (2) séparation des forêts, haies et autres arbres hors forêts



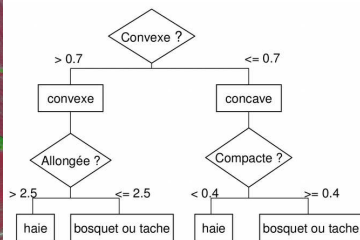
Touya et al., RIG (2010)

# Cas d'utilisation 1 : extraction des haies

Principe : (2) séparation des forêts, haies et autres arbres hors forêts



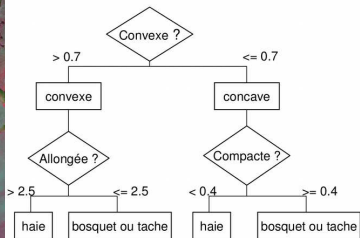
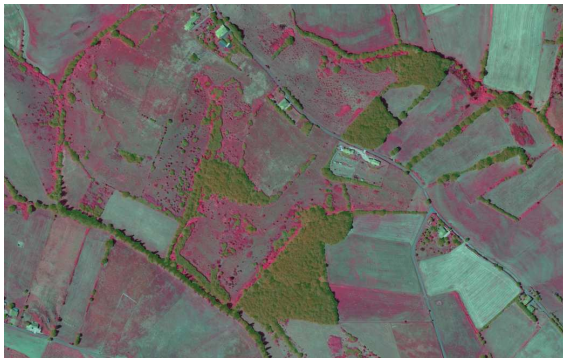
Haie    Arbre épars    Bosquet    Forêt



Touya et al., RIG (2010)

# Cas d'utilisation 1 : extraction des haies

Principe : (2) séparation des forêts, haies et autres arbres hors forêts

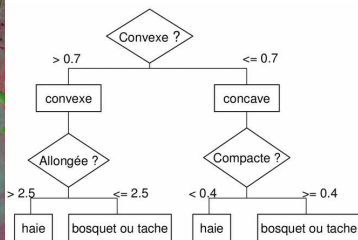
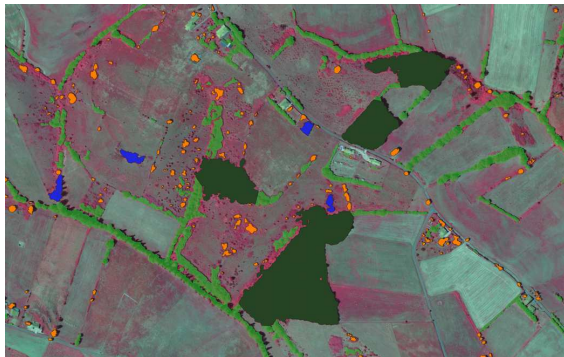


Touya et al., RIG (2010)



# Cas d'utilisation 1 : extraction des haies

Principe : (2) séparation des forêts, haies et autres arbres hors forêts



Touya et al., RIG (2010)

# Cas d'utilisation 2 : mise en géométrie et topologie



- ❖ 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

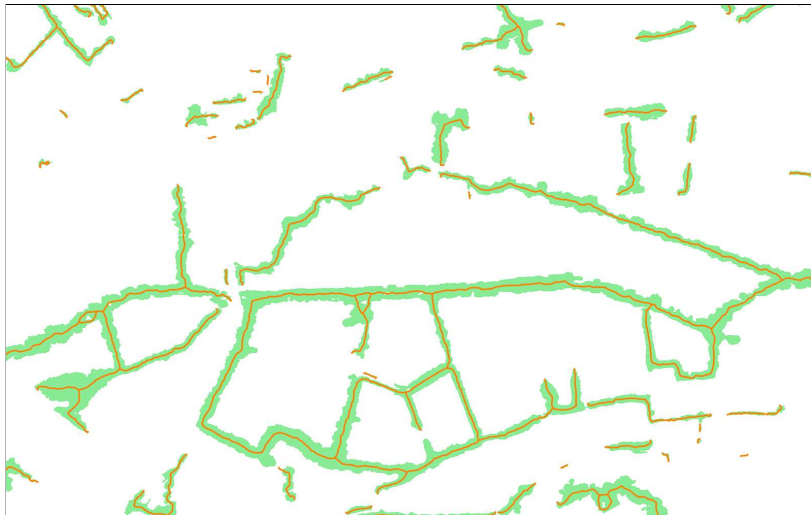
# Cas d'utilisation 2 : mise en géométrie et topologie

Couche initiale



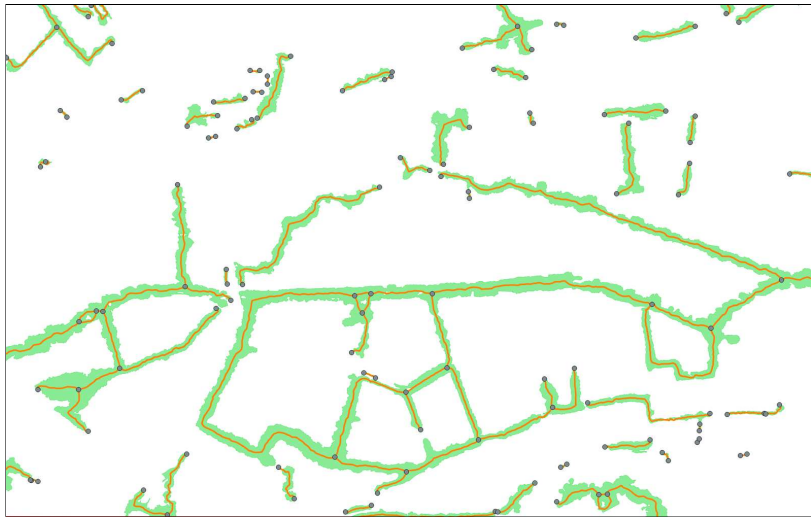
## Cas d'utilisation 2 : mise en géométrie et topologie

Création de l'axe médian (squelettisation par Voronoï)



# Cas d'utilisation 2 : mise en géométrie et topologie

Création de la topologie de réseau (nœud et arc du graphe planaire)



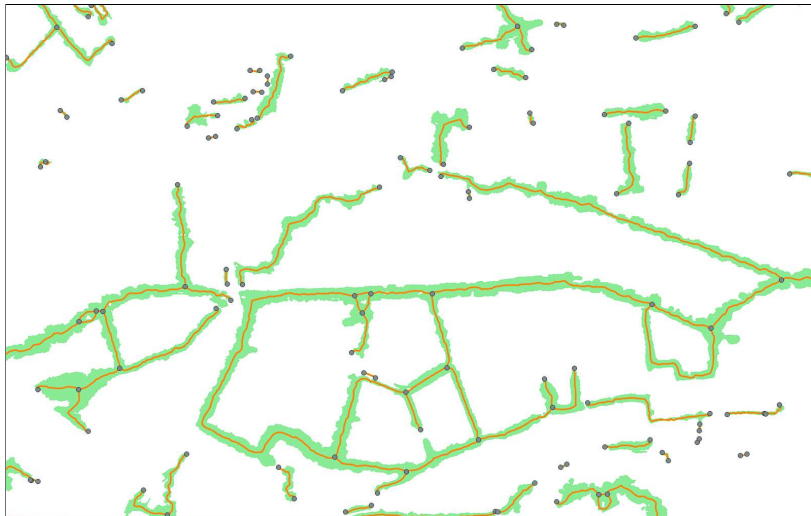
## Cas d'utilisation 2 : mise en géométrie et topologie

Création des polygones associés → premier point de vue complet (topologique)



# Cas d'utilisation 2 : mise en géométrie et topologie

Prise en compte des changements d'orientation



# Cas d'utilisation 2 : mise en géométrie et topologie

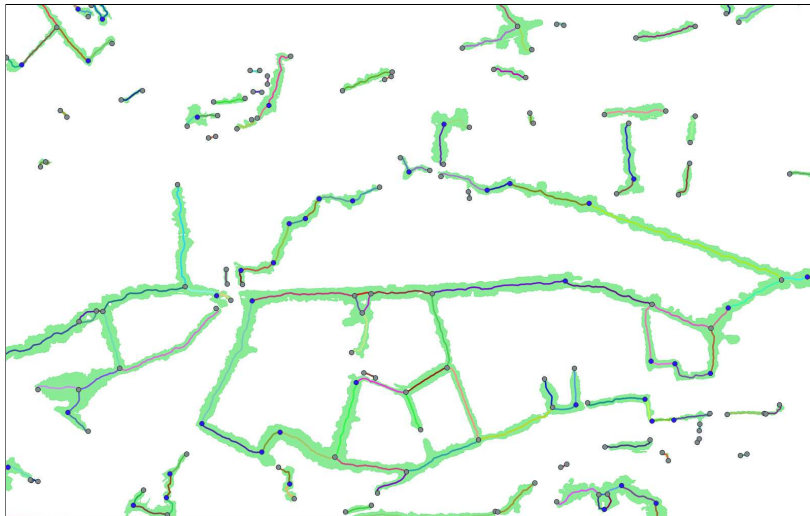
Prise en compte des changements d'orientation : nouveaux nœuds





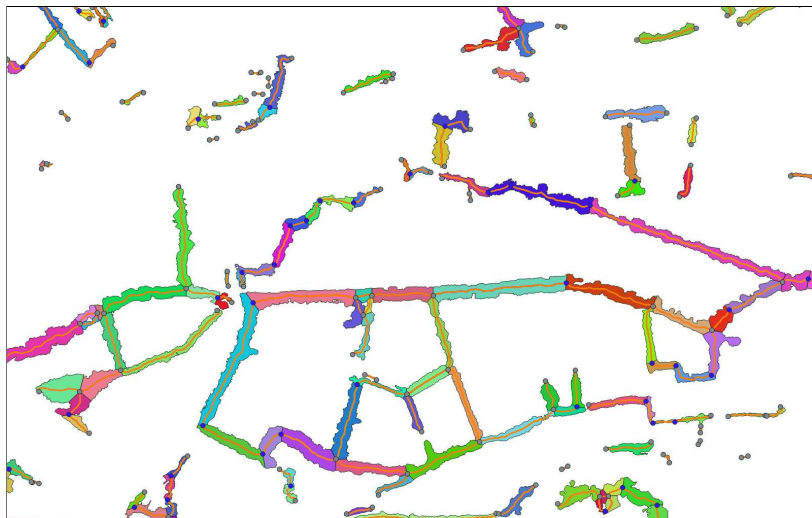
# Cas d'utilisation 2 : mise en géométrie et topologie

Prise en compte des changements d'orientation : nouveaux arcs



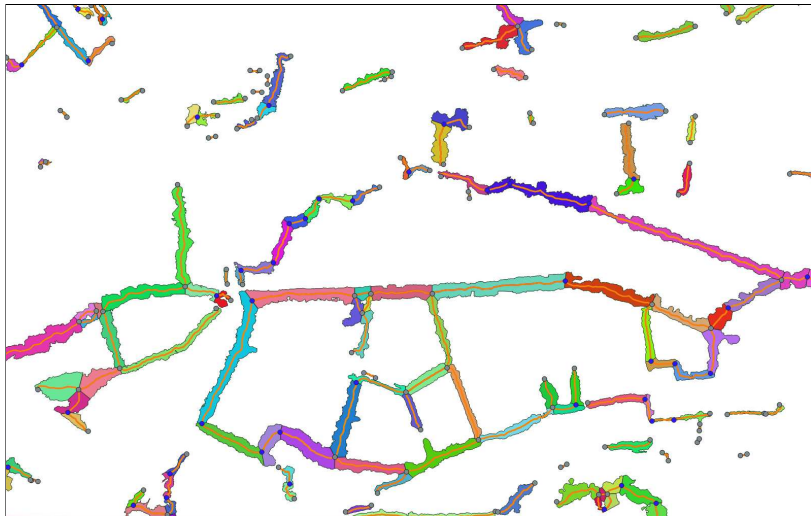
## Cas d'utilisation 2 : mise en géométrie et topologie

Prise en compte des changements d'orientation : nouveaux polygones



## Cas d'utilisation 2 : mise en géométrie et topologie

Prise en compte des changements d'orientation → création d'un second point de vue



# Cas d'utilisation 3 : quelques indicateurs



## ✂ 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

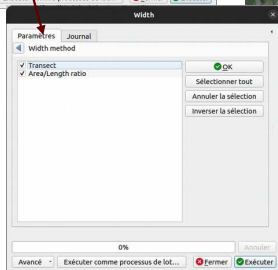
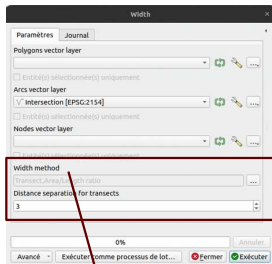
- ✂ Landscape metrics

### ▼ Landscape level: network

- ✂ 1 - Subgraphs creation
- ✂ 2 - Connectivity metrics
- ✂ Connection to a forest

# Cas d'utilisation 3 : quelques indicateurs

## (a) Échelle de l'objet



# Cas d'utilisation 3 : quelques indicateurs

(a) Échelle de l'objet

## Table attributaire contenant les indicateurs

topological polygons - Total des entités: 2604, filtrées: 2604, sélectionnées: 0

pid	ht_slope_pos	ht_topo_pos	ht_elongation	ht_compacity	ht_convexity	ht_width_mec	ht_width_avg	ht_width_ratio	ht_h_mean	ht_h_med	ht_h_min	ht_h_max	ht_h_std	t_orientatio	st_strata_0/0	st_strata_0_3/2	st_strata_2_0/7	st_strata_7_0/99	ht_nb_strata	ht_dom_strata	
1	637	Diagonal	Crête	0.42	0.12	0.57	3.68	6.46	7.223493611...	3.76	3.8	0	11.35	2.36	137.75	13.59	12.14	66.5	7.77	4	ht_strata_2.0...
2	638	Perpendicular	Crête	0.3	0.08	0.54	10.2	10.09	11.08597031...	9.06	8.52	0	23.86	4.18	129.02	3.39	0.28	29.54	66.79	4	ht_strata_7.0...
3	639	Diagonal	Fond de vallée	0.09	0.06	0.47	10.31	10	10.28352795...	6.3	5.88	0	18.09	3.83	144.76	6.22	7.06	46.66	40.05	4	ht_strata_2.0...
4	632	Perpendicular	Pente	0.29	0.15	0.5	6.49	6.4	9.109414130...	5.57	6.29	0	13.39	3.78	146.35	21.13	3.52	31.7	43.65	4	ht_strata_7.0...
5	633	Perpendicular	Pente	0.24	0.12	0.52	6.63	9.5	10.03051065...	7.58	8.77	0	17.68	5.17	153.08	15.2	7.96	18.16	58.67	4	ht_strata_7.0...
6	634	Diagonal	Pente	0.91	0.12	0.43	10.52	11.72	13.86135605...	7.67	7.2	0	20.53	5.24	145.87	13.55	2.58	32.03	51.84	4	ht_strata_7.0...
7	635	Perpendicular	Pente	0.27	0.14	0.69	5.68	5.68	4.055751889...	5.12	5.44	0	7.22	1.32	107.95	1.27	2.55	94.9	1.27	4	ht_strata_2.0...
8	612	Perpendicular	Pente	0.51	0.16	0.61	5.12	4.13	7.057890521...	5.96	4.65	0	17.66	4.62	40.71	5.23	12	56.62	26.15	4	ht_strata_2.0...
9	613	Parallèle	Fond de vallée	0.34	0.12	0.49	7.26	7.13	8.050198877...	9.52	9.76	0	16.98	4.2	102.33	3.84	1.53	22.89	71.74	4	ht_strata_7.0...
10	614	Diagonal	Pente	0.37	0.44	0.87	1.63	1.63	2.291723089...	2.43	2.65	0.2	3.26	0.82	58.52	11.54	7.69	80.77	0	3	ht_strata_2.0...
11	615	Diagonal	Creux de ver...	0.71	0.05	0.52	7.93	12.6	23.61718370...	8.92	5.76	0	24.08	7.93	146.95	13.06	13.3	27.18	46.46	4	ht_strata_2.0...
12	608	Perpendicular	Pente	0.26	0.24	0.74	2.4	4.05	5.562814060...	5.02	5.05	0	8.5	1.81	175.54	3.83	1.7	80.85	13.62	4	ht_strata_2.0...
13	609	Diagonal	Pente	0.09	0.1	0.8	8.63	8.05	8.061101986...	5.38	6.83	0	9.8	3.17	174.41	21.94	2.61	29.66	45.79	4	ht_strata_7.0...
14	610	Diagonal	Pente	0.18	0.2	0.79	6.09	13.51	5.887418370...	5.43	5.57	0	7.9	1.42	101.34	1.31	0.65	86.93	11.11	4	ht_strata_2.0...
15	611	Parallèle	Creux de ver...	0.37	0.31	0.85	6.39	6.39	8.023416911...	8.08	8.32	0	13	2.38	74.52	3.09	0	22.68	74.23	3	ht_strata_7.0...
16	620	Parallèle	Creux de ver...	0.44	0.12	0.44	2.04	2.04	2.687115609...	1.82	1.88	0	4.46	0.91	18.36	7.07	51.52	41.41	0	3	ht_strata_0.3...
17	621	Parallèle	Creux de ver...	0.32	0.15	0.37	1.43	1.43	1.128854193...	0.59	0.23	0	3.47	0.89	4.45	52.17	39.13	8.7	0	3	ht_strata_0/0.3
18	622	Diagonal	Pente	0.33	0.2	0.76	16.64	11.64	13.18531723...	12.08	15.94	0	21.43	7.73	163.01	12.75	4.43	19.35	63.47	4	ht_strata_7.0...
19	623	No slope	Crête	0.68	0.28	0.69	0.4	0.4	2.844700465...	4.29	6.04	0	8.92	3.43	100.61	37.78	0	28.89	33.33	3	ht_strata_0/0.3
20	616	Perpendicular	Creux de ver...	0.35	0.28	0.77	7.16	6.74	8.619198165...	5.64	5.33	0	13.92	3.56	61.33	7.65	11.61	47.49	33.25	4	ht_strata_2.0...
21	617	Parallèle	Creux de ver...	0.64	0.39	0.69	1	1	3.617270175...	1.16	0.98	0	2.79	0.79	146.62	8.06	72.58	19.35	0	3	ht_strata_0.3...

Contexte  
(topo)

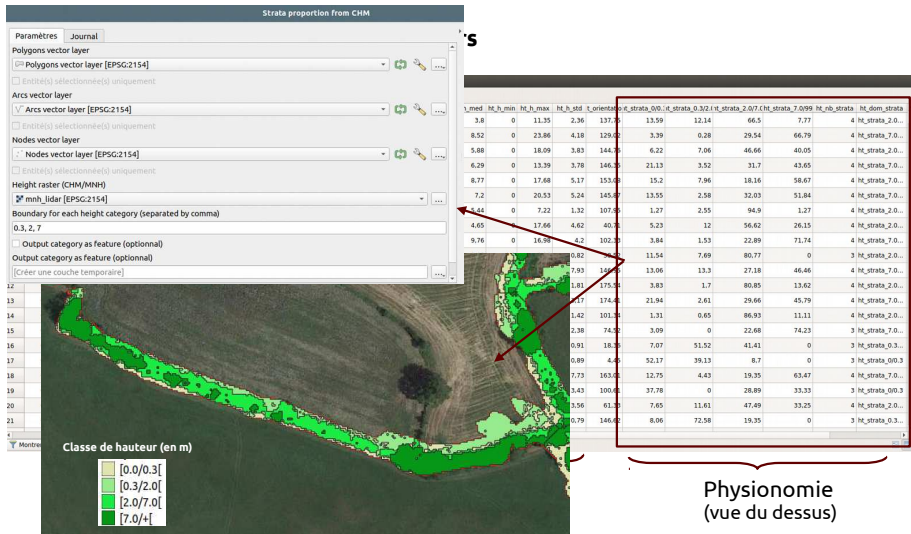
Morphologie

Hauteur

Physionomie  
(vue du dessus)

# Cas d'utilisation 3 : quelques indicateurs

## (a) Échelle de l'objet



# Cas d'utilisation 3 : quelques indicateurs

## (b) Prise en compte du contexte

### Table attributaire contenant les indicateurs

pid	ht_slope_pos	ht_topo_pos	ht_elongation	ht_compacity	ht_convexity	ht_width_mec	ht_width_avg	ht_width_ratio	ht_h_mean	ht_h_med	ht_h_min	ht_h_max	ht_h_std	t_orientatio	k_strata_0/0	t_strata_0_3/2	v_t_strata_2_0/7	ht_strata_7_0/99	ht_nb_strata	ht_dom_strata	
1	637	Diagonal	Crête	0.42	0.12	0.57	3.68	6.46	7.223493611...	3.76	3.8	0	11.35	2.36	137.75	13.59	12.14	66.5	7.77	4	ht_strata_2_0...
2	638	Perpendicular	Crête	0.3	0.08	0.54	10.2	10.09	11.08597031...	9.06	8.52	0	23.86	4.18	129.02	3.39	0.28	29.54	66.79	4	ht_strata_7_0...
3	639	Diagonal	Fond de vallée	0.09	0.06	0.47	10.31	10	10.28352795...	6.3	5.88	0	18.09	3.83	144.76	6.22	7.06	46.66	40.05	4	ht_strata_2_0...
4	632	Perpendicular	Pente	0.29	0.15	0.5	6.49	6.4	9.109414130...	5.57	6.29	0	13.39	3.78	146.35	21.13	3.52	31.7	43.65	4	ht_strata_7_0...
5	633	Perpendicular	Pente	0.24	0.12	0.52	6.63	9.5	10.03051065...	7.58	8.77	0	17.68	5.17	153.08	15.2	7.96	18.16	58.67	4	ht_strata_7_0...
6	634	Diagonal	Pente	0.91	0.12	0.43	10.52	11.72	13.86135605...	7.67	7.2	0	20.53	5.24	145.87	13.55	2.58	32.03	51.84	4	ht_strata_7_0...
7	635	Perpendicular	Pente	0.27	0.14	0.69	5.68	5.68	4.055751889...	5.12	5.44	0	7.22	1.32	107.95	1.27	2.55	94.9	1.27	4	ht_strata_2_0...
8	612	Perpendicular	Pente	0.51	0.16	0.61	5.12	4.13	7.057890521...	5.96	4.65	0	17.66	4.62	40.71	5.23	12	56.62	26.15	4	ht_strata_7_0...
9	613	Parallél	Fond de vallée	0.34	0.12	0.49	7.26	7.13	8.050198877...	9.52	9.76	0	16.98	4.2	102.33	3.84	1.53	22.89	71.74	4	ht_strata_7_0...
10	614	Diagonal	Pente	0.37	0.44	0.87	1.63	1.63	2.291723089...	2.43	2.65	0.2	3.26	0.82	58.52	11.54	7.69	80.77	0	3	ht_strata_2_0...
11	615	Diagonal	Creux de ver...	0.71	0.05	0.52	7.93	12.6	23.61718370...	8.92	5.76	0	24.08	7.93	146.95	13.06	13.3	27.18	46.46	4	ht_strata_2_0...
12	608	Perpendicular	Pente	0.26	0.24	0.74	2.4	4.05	5.562814060...	5.02	5.05	0	8.5	1.81	175.54	3.83	1.7	80.85	13.62	4	ht_strata_2_0...
13	609	Diagonal	Pente	0.09	0.1	0.8	8.63	8.45	8.061101986...	5.38	6.83	0	9.8	3.17	174.41	21.94	2.61	29.66	45.79	4	ht_strata_7_0...
14	610	Diagonal	Pente	0.18	0.2	0.79	6.09	13.51	5.887418370...	5.43	5.57	0	7.9	1.42	101.34	1.31	0.65	86.93	11.11	4	ht_strata_2_0...
15	611	Parallél	Creux de ver...	0.37	0.31	0.85	6.39	6.39	8.023416911...	8.08	8.32	0	13	2.38	74.52	3.09	0	22.68	74.23	3	ht_strata_7_0...
16	620	Parallél	Creux de ver...	0.44	0.12	0.44	2.04	2.04	2.687115609...	1.82	1.88	0	4.46	0.91	18.36	7.07	51.52	41.41	0	3	ht_strata_0_3...
17	621	Parallél	Creux de ver...	0.32	0.15	0.37	1.43	1.43	1.128854193...	0.59	0.23	0	3.47	0.89	4.45	52.17	39.13	8.7	0	3	ht_strata_0/0.3
18	622	Diagonal	Pente	0.33	0.2	0.76	16.64	11.64	13.18531723...	12.08	15.94	0	21.43	7.73	163.01	12.75	4.43	19.35	63.47	4	ht_strata_7_0...
19	623	No slope	Crête	0.68	0.28	0.69	0.4	0.4	2.844700465...	4.29	6.04	0	8.92	3.43	100.61	37.78	0	28.89	33.33	3	ht_strata_0/0.3
20	616	Perpendicular	Creux de ver...	0.35	0.28	0.77	7.16	6.74	8.619188165...	5.64	5.33	0	13.92	3.56	61.33	7.65	11.61	47.49	33.25	4	ht_strata_2_0...
21	617	Parallél	Creux de ver...	0.64	0.39	0.69	1	1	3.6172720175...	1.16	0.98	0	2.79	0.79	146.62	8.06	72.58	19.35	0	3	ht_strata_0_3...

Contexte  
(topo)

Morphologie

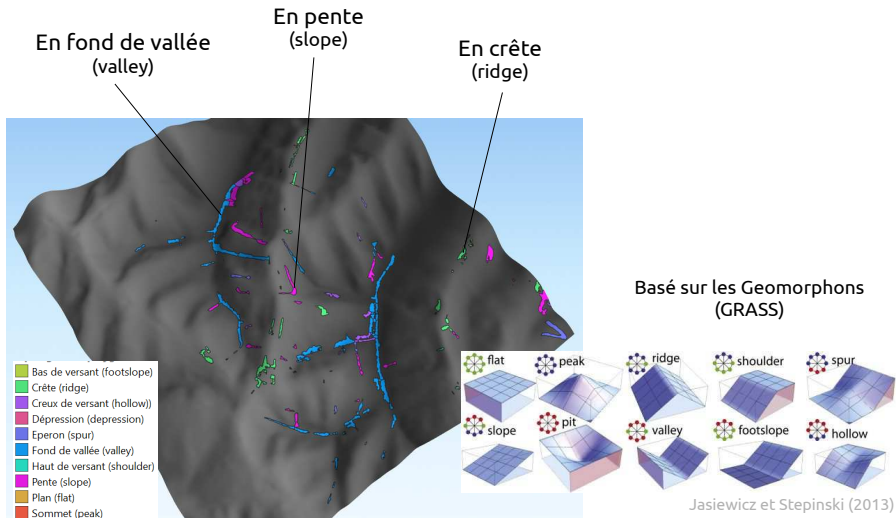
Hauteur

Physionomie  
(vue du dessus)



# Cas d'utilisation 3 : quelques indicateurs

## (b) Prise en compte du contexte



# Cas d'utilisation 3 : quelques indicateurs

## (c) Échelle du réseau

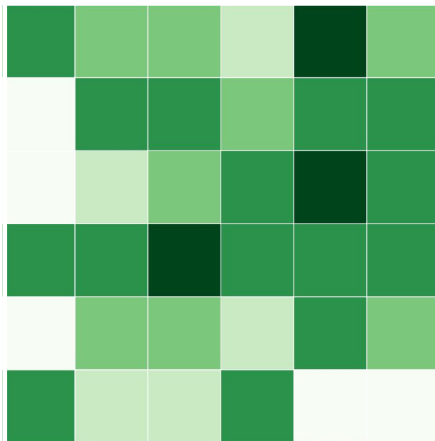
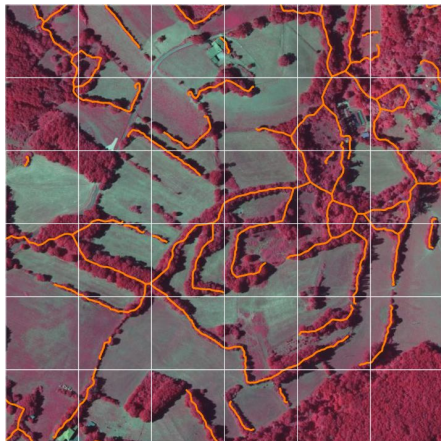
The image displays two overlapping windows of the 'Connectivity metrics' software. The left window is in the 'Paramètres' (Parameters) tab, showing options for subgraph edges and vertices layers, and checkboxes for 'Entité(s) sélectionnée(s) uniquement' and 'Ignore single edge network'. The right window is in the 'Journal' (Journal) tab, showing a list of connectivity metrics with checkboxes:

- Number of links
- Number of nodes
- Cyclometric number
- Subgraph length
- Alpha index
- Bêta index
- Gamma index
- Eta index
- Detour index
- Network density

Control buttons on the right include 'OK', 'Sélectionner tout', 'Annuler la sélection', and 'Inverser la sélection'. Both windows show a progress bar at 0% and buttons for 'Avancé', 'Exécuter comme processus de lot...', 'Fermer', and 'Exécuter'.

# Cas d'utilisation 3 : quelques indicateurs

(d) Échelle du paysage



Densité (en m/ha)



# Conclusions

**Pour obtenir une carte de haies** sans expertise en télédétection **il faut** :

- ① une orthoimage IRC et un MNS
  - ▶ orthophotographie ou image satellitaire (ex. Pléiades)
  - ▶ MNS photogrammétrique ou LiDAR

**Pour caractériser les haies** et rendre compte de leur multifonctionnalité **il faut** :

- ① Générer différentes géométries (point, ligne, polygone)
- ② Générer différents points de vue (découpage multiple)
- ③ Tenir compte de plusieurs échelles d'analyse (objet, contexte, réseau...)
- ④ Recourir à une structure de données topologique

**HedgeTools** : un outil adapté !



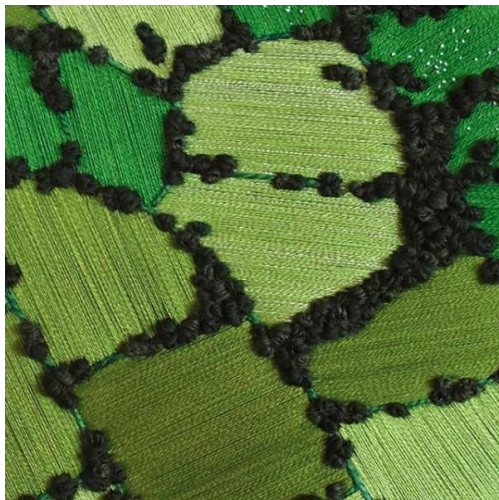
# Prochaines étapes

## A court terme :

- ▶ Consolider le code et documenter l'utilisation de l'outil
- ▶ Intégrer de nouvelles fonctions :
  - ▶ Module spécifique au traitement de **nuages de points LiDAR** (prêt)
  - ▶ Module pour **spatialiser l'effet brise-vent** (en cours)
  - ▶ Fonction pour adapter la **définition** de la haie (en cours)
  - ▶ Fonction pour **classer le type de haie** (à faire)
- ▶ Rendre publique le dépôt Git
  - ▶ Contributeurs/trices bienvenu.e.s

**Extension QGIS disponible à partir de fin 2023 !**

# Merci !



Contact : [david.sheeren@ensat.fr](mailto:david.sheeren@ensat.fr)

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.

# Module LiDAR dans HedgeTools

## Exemple de métriques disponibles

Lidar metrics

Paramètres Journal

Lidar metrics

- Number of returns
- Number of first returns
- Number of last returns
- Number of intermediate returns
- Number of only returns
- Count of returns by return number
- Height minimum
- Height maximum
- Height mean
- Height median
- Height mode
- Height standard deviation
- Height variance
- Height coefficient of variation
- Height interquartile range
- Height skewness
- Height kurtosis
- Height average absolute deviation
- Height median absolute deviation from the median
- Height median absolute deviation from the mode
- Height L1 moment
- Height L2 moment
- Height L3 moment
- Height L4 moment
- Height coefficient of variation
- Height skewness
- Height kurtosis
- Canopy Relief Ratio
- Height quadratic mean
- Height cubic mean
- Intensity minimum
- Intensity maximum
- Intensity mean
- Intensity median
- Intensity mode
- Intensity standard deviation
- Intensity variance
- Intensity coefficient of variation
- Intensity interquartile range
- Intensity skewness
- Intensity kurtosis
- Intensity average absolute deviation
- Intensity median absolute deviation from the median
- Intensity median absolute deviation from the mode
- Intensity L1 moment
- Intensity L2 moment
- Intensity L3 moment
- Intensity L4 moment

Sélectionner tout

Annuler la sélection

Inverser la sélection

OK

Lidar metrics

Computes metrics of a point cloud.

Be careful, output shapefile cannot be the same as the input

0%

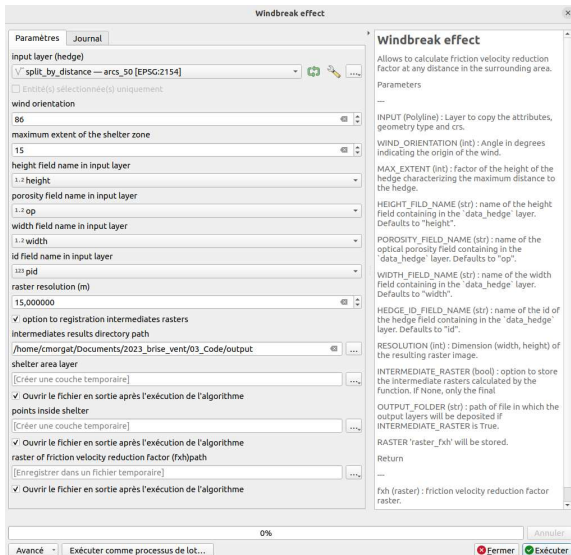
Annuler

Avancé Exécuter comme processus de lot...

Exécuter Fermer

# Module brise-vent dans HedgeTools

Prototype basé sur le modèle WEPS





# Extraction automatique de la couverture arborée

## Avantages :

- ▶ S'appuie sur des **données disponibles partout** (France entière)
- ▶ Ne requiert **aucune référence terrain** (sauf pour la validation)
- ▶ Ne requiert **aucune compétence en télédétection** (méthode clic-bouton)
- ▶ Peut aussi servir à détecter l'**agroforesterie intra-parcellaire**

## Limites :

- ▶ **Contraint par les dates et années disponibles** Ortho IRC / MNS IGN
  - ▶ Sinon prévoir un couple stéréo d'images satellitaires Pléiades
- ▶ **Confusion possible** avec certaines cultures (ex. Maïs) - seuil de hauteur
- ▶ Prises de vue aériennes parfois en automne / hiver - **adapter le seuil NDVI**
- ▶ **Peu adapté aux haies basses** (< 2m) ou implique un nettoyage manuel en post-traitement

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

