

LiDAR HD IGN Grigny

Caractérisation structurelle d'un tissu urbain

Transposition de la méthode Nowak et al. (2022)

Mihai Gaina — Master Géomatique, Géodécisionnel, Géomarketing et Multimédia (G2M)

Cours Gestion de projet — Prof. dr hab. Maciej M. Nowak (AMU Poznań · BioGIS)

4 mai 2026

Une commune en double tension thermique et urbaine

- 30 800 habitants en grande couronne Sud parisienne
- **Vulnérabilité thermique forte (canicules récurrentes)**
 - – Barres HLM mal ventilées (Grande Borne, Grigny 2)
 - – Effet d'îlot de chaleur urbain (ICU) aggravé
- **Carence canopée → manque d'ombrage urbain**
- **2 grands ensembles ANRU en rénovation active**
 - – La Grande Borne (~5 000 logements)
 - – Grigny 2 (~5 000 logements)
- **AUCUN état des lieux structurel chiffré à l'échelle communale**



LiDAR HD IGN — open data

- Couverture nationale (2021-2027)
- ≥ 10 pts/m² zone urbaine (Std 2)
- Classification ASPRS pré-calculée
- Téléchargeable gratuitement
- Lambert-93, format LAS 1.2

Méthode Nowak et al. (2022)

- Caractérisation 3D haies bocagères
- Voxelisation 1 m³ → porosité
- Données ISOK polonais (~4 pts/m²)
- Ecological Indicators 142, 109243
- GAP : pas de transposition urbaine

TRANSPOSITION du bocage rural au tissu urbain dense

Voxelisation 3D (Nowak haies) → projection 2.5D (raster 1 m + nDSM)

→ *adaptée au découpage urbain hétérogène (bâti anguleux + végétation fragmentée)*

RECHERCHE

Méthode reproductible · Transposition urbaine inédite · Pipeline open-source publiable

COLLECTIVITÉ

Mairie de Grigny · Diagnostic structurel ANRU · Aide à la décision plantation

BAILLEURS SOCIAUX

Gestionnaires Grande Borne + Grigny 2 · Baseline rénovation · Suivi végétalisation

BUREAUX D'ÉTUDES

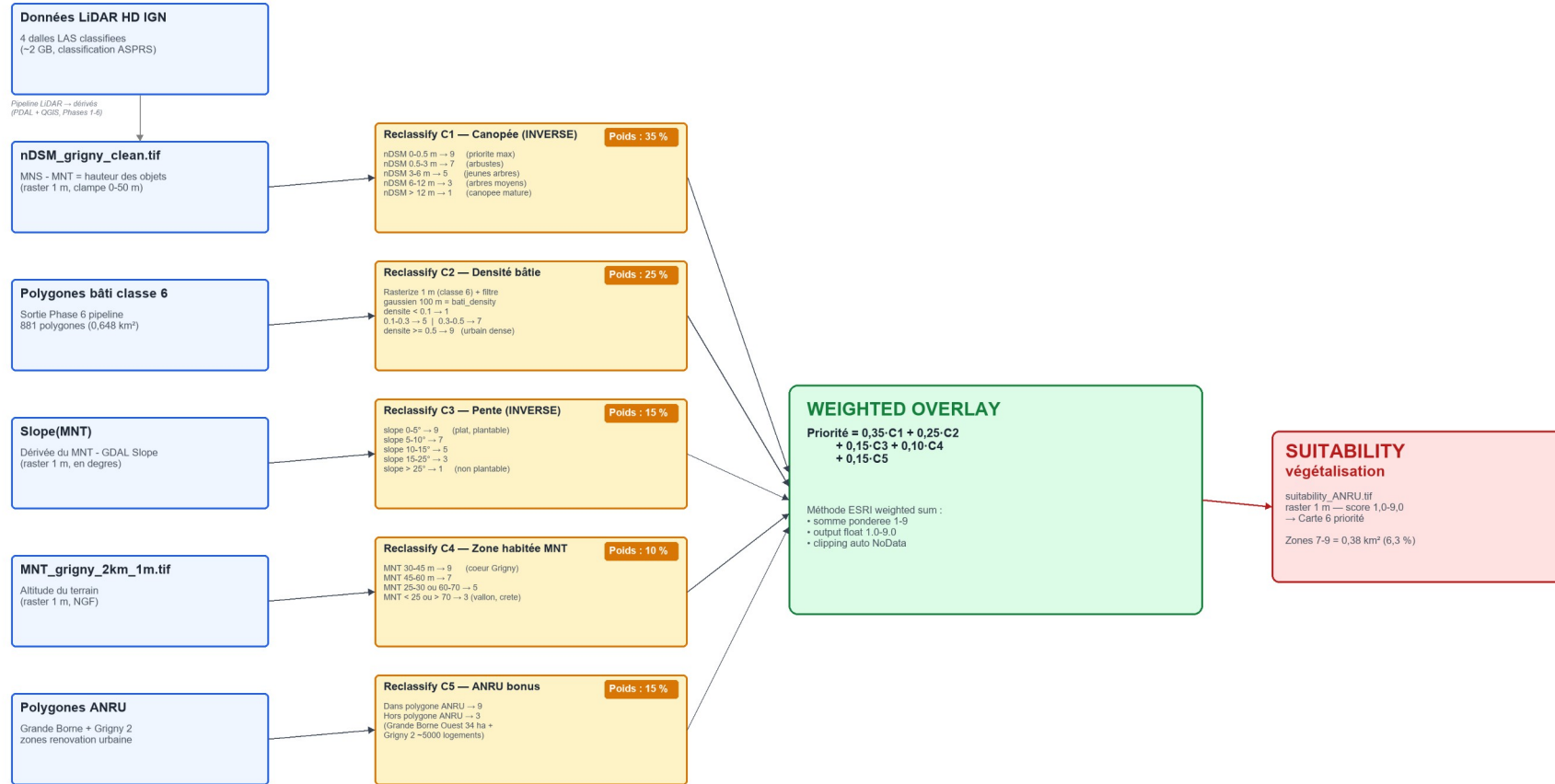
Pré-études aménagement · Diagnostic VRD · Reproductibilité multi-communes

+ étudiants : pipeline Python portable, applicable à tout commune française

2.1 Modèle conceptuel — diagramme étape par étape

Modèle conceptuel — Carte de priorité de végétalisation Grigny

Méthode : Weighted Overlay (ESRI style) — 5 critères LIDAR + ANRU — Pondérations 35 / 25 / 15 / 10 / 15



Légende des boîtes :

Donnée d'entrée (LIDAR / vecteur / raster)

Opération de reclassification (1-9)

Calcul combiné (weighted overlay)

Résultat final (raster suitability)

M. Gaina — M1 G2M Paris 8 — Cours Gestion de projet LIDAR (M. Nowak, AMU Poznan) — 24/04/2026

5 critères pondérés : Canopée 35% · Bâti 25% · Pente 15% · Zone habitée 10% · Bonus ANRU 15% — Weighted Overlay

LiDAR HD IGN (input principal)

Dalle LAS	Taille	Surface
LHD_FXX_0654_6839	495 MB	1 km ²
LHD_FXX_0654_6840	504 MB	1 km ²
LHD_FXX_0655_6840	623 MB	1 km ²
LHD_FXX_0655_6841	378 MB	1 km ²
Total	~ 2 GB	4 km²

Données auxiliaires

- **BDTOPO IGN** 3 369 polygones bâti
- **Polygones ANRU** Grande Borne + Grigny 2
- **nDSM dérivé** MNS – MNT, raster 1 m
- **Slope MNT** GDAL slope, °
- **Zone habitée** Polygone tissu urbain

Classification ASPRS (IGN)

- Classe 2 — Sol → MNT
- **Classe 5 — Haute végétation → canopée**
- **Classe 6 — Bâtiments → bâti**
- Classe 9 — Eau (marginal Grigny)
- **≥ 10 pts/m² (Std 2 urbain)**

Comparaison méthode

Bonus scoring V

Hauteur des objets

Critère pente carte priorité

Critère 4 priorité

Pipeline 8 niveaux — algorithmes, paramètres, sorties

# / Étape	Algorithme	Paramètres clés	Sortie
1 / MNT	PDAL+SAGA First-value	classe 2, res 1m	MNT_grigny.tif
2 / MNS	PDAL+SAGA First-value	classes 2-6+9, res 1m	MNS_grigny.tif
3 / nDSM	raster calculator	MNS – MNT, clamp 0-50m	nDSM_grigny_clean.tif
4 / Vectorize	sagang:vectorizingrasterclasses	CLASS_ID=5 ou 6, SPLIT=1	*_polygones.shp
5 / Fix géom.	native:fixgeometries	METHOD=1 Structure	*_polygones_fixed.shp
6 / Zonal stats	native:zonalstatisticsfb	STATS=mean nDSM	*_stats.shp (hauteurs)
7 / Reclassify 1-9	QGIS raster calculator	5 critères × règles	c1..c5_score.tif
8 / Weighted Overlay	ESRI-style weighted sum	35-25-15-10-15 %	suitability_ANRU.tif

Tous les outputs en GeoTIFF (raster) ou ESRI Shapefile (vecteur) — projection Lambert-93 (EPSG:2154)

```
# run_pipeline.py – orchestrateur global
# Combine TOUTES les phases : MNT, MNS, nDSM, vectorisation,
#                               zonal stats, weighted overlay
PHASES = [
    ("MNT",      build_mnt),      # classes 2 -> raster
    ("MNS",      build_mns),      # classes 2-6 -> raster
    ("nDSM",     compute_ndsm),   # MNS - MNT
    ("Vegetation", extract_class(5)), # canopée
    ("Buildings", extract_class(6)), # bâti
    ("Suitability", weighted_overlay), # 5 critères pondérés
]

for phase_name, phase_func in PHASES:
    t0 = time.time()
    phase_func() # idempotent, skip si output existe
    print(f" [{phase_name}] {time.time()-t0:.1f}s")

    # Total : ~ 2 min 40 s sur 4 dalles LAS (~2 GB)
```

Caractéristiques

Auto-contenu	OUI
Idempotent	OUI
Logs verbeux	OUI
Re-run safe	OUI
Paths param.	OUI
Multi-OS portable	NON

Stack

QGIS 3.40 + PDAL 2.9 CLI
+ SAGA NG 9.5 + Python 3.12
(PyQGIS) + GDAL 3.9

Un seul point d'entrée → tout le pipeline LiDAR → carte de priorité ANRU

3.2 Déroulement exécution & contournement (bug QGIS) SECTION 3 — IMPLÉMENTATION

Performances par phase

Phase	Durée	Volume / Sortie
1 — MNT (classe 2)	~ 30 s	MNT_1m.tif
2 — MNS (classes 2-6+9)	~ 35 s	MNS_1m.tif
3 — nDSM = MNS-MNT	< 5 s	nDSM_clean.tif
4 — Végétation classe 5	52 s	2 996 polygones SHP
5 — Bâti classe 6	27 s	881 polygones SHP
6 — Reclassify + W. overlay	~ 10 s	suitability_ANRU.tif
TOTAL pipeline complet	≈ 2 min 40 s	8 variables + carte

Bug QGIS contourné

Issue #61556 — auto-indexation LAZ→COPC

- Symptôme : output PDAL → dossier vide
- Présent depuis QGIS 3.36+
- **Workaround : pdal.exe en CLI direct**
- via subprocess.run depuis Python
- **Plus rapide ET fiable**

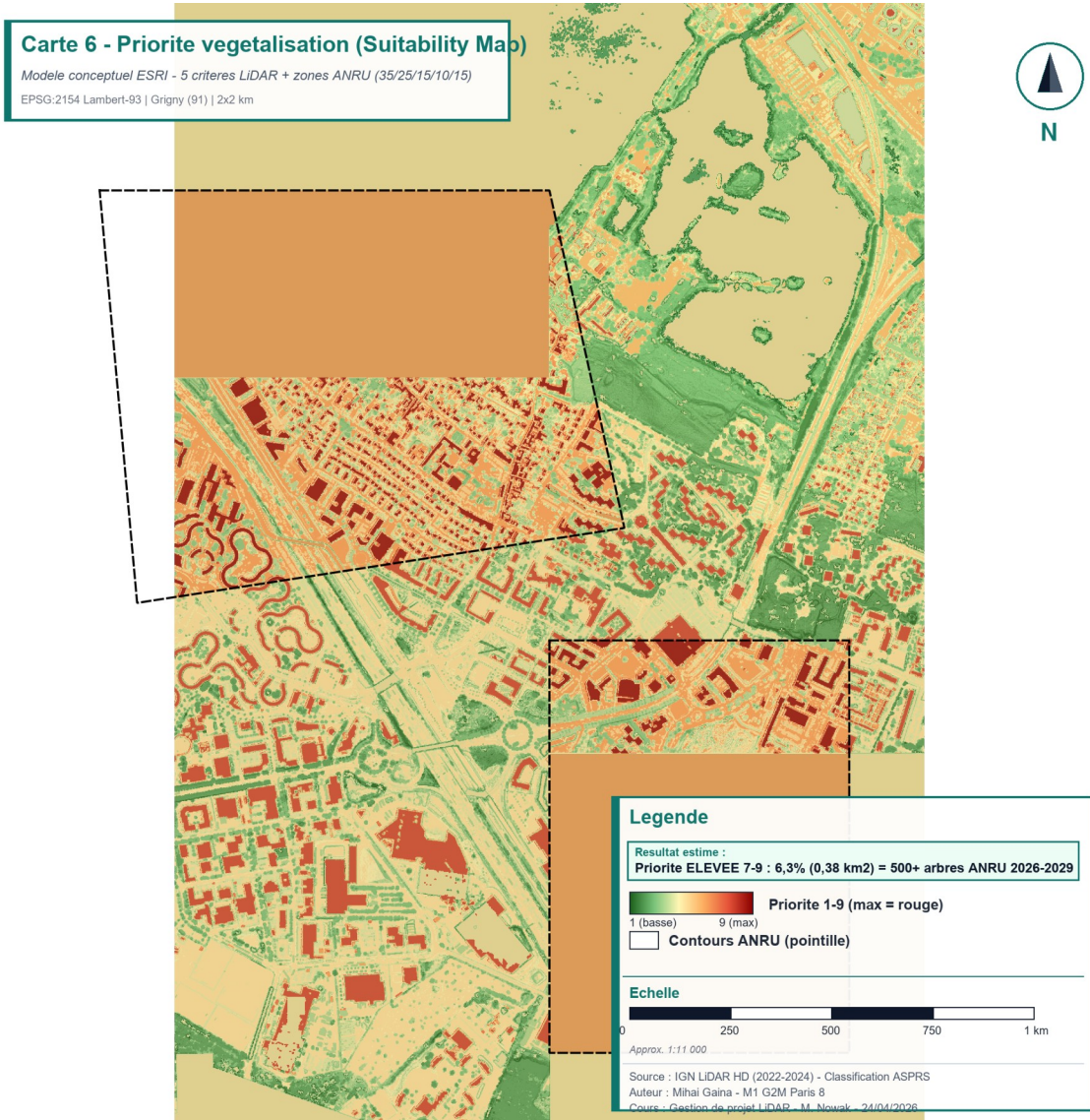
Logs détaillés à chaque phase + skip auto si output existe → re-run sans risque

#	Variable	Valeur	Unité
1	Superficie canopée	1 273 000	m ² (31.8%)
2	Hauteur moy. canopée	10.93	m
3	Cimes ≥ 5 m (ITD)	~ 19 884	estim.
4	Pente moy. terrain	7.47	°
5	Nb bâtiments	881	polygones
6	Superficie bâti	648 000	m ² (16.2%)
7	Hauteur moy. bâti	4.92	m
8	Altitude moy.	34.63	m NGF

Règle Nowak : on ESTIME, on ne compte pas (télédetection)

Comparaison BDTOPO : 881 (LiDAR) vs 3 369 polygones — méthode fusionne toits mitoyens, suffisant pour stat structurelle globale





Pondérations Weighted Overlay

Canopée (inverse)	35 %
Densité bâti	25 %
Pente (inverse)	15 %
Zone habitée	10 %
Bonus ANRU	15 %

Surface à végétaliser
36.7 ha
= 0.379 km² (6.3 % territoire)
→ 42 % en périmètres ANRU
97 % sans canopée mature

AVANTAGES

- 100 % open-source (QGIS · PDAL · SAGA · Py)
- Données IGN gratuites & open data
- ≈ 2 min 40 s de calcul total sur 4 km²
- 8 variables structurelles + 1 indice composite (5 critères)
- Multi-géotraitements (pipeline 8 niveaux)
- Reproductible & idempotent
- Carte décisionnelle directement actionnable
- Bug QGIS #61556 contourné (PDAL CLI)

LIMITES

- Mono-date — pas d'évolution temporelle
- Critère 1 inversé : nDSM ne distingue pas canopée végétale de bâti
- Classification IGN : seuil végétation 1 m (≠ ASPRS 2 m)
- Classe 6 fusionne pavillons + barres HLM
- Pondérations expertes V1 (non-AHP/Saaty)
- Pas de validation terrain (V1)
- 881 polygones bâti vs 3 369 BDTPOPO
- Pas de PISR / rayonnement solaire intégré

Cinq perspectives concrètes

Multi-communes

Profil structurel comparé Grande Couronne (Évry, Corbeil, Épinay, Massy...)

Multi-temporel

2e mission LiDAR IGN (~ 2027-2028) → diachronique avant/après ANRU

Voxelisation 3D Nowak originale

Estimation biomasse + porosité verticale canopée urbaine — boucle méthode

AHP / Saaty

Robustifier les pondérations via méthode multi-critères formalisée

PISR + ICU

Rayonnement solaire potentiel → quantifier l'effet ombrage scénarios plantation

Merci pour votre attention !

Bibliographie scientifique

Référence transposée :

Nowak M.M., Pędziwiatr K., Bogawski P. (2022). Hidden gaps under the canopy: LiDAR-based detection and quantification of porosity in tree belts. *Ecological Indicators* 142, 109243.

Méthode multi-critères :

Saaty T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York. — pondération critères AHP V2.

Îlot de chaleur urbain (ICU) :

Oke T.R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly J. Royal Meteorological Society* 108(455), 1-24.

Bourbia F., Boucheriba F. (2010). Impact of street design on urban microclimate for semi arid climate (Constantine). *Renewable Energy* 35(2), 343-347.

Stewart I.D., Oke T.R. (2012). Local Climate Zones for urban temperature studies. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 93(12), 1879-1900.

Données utilisées

- IGN LiDAR HD — geoservices.ign.fr/lidarhd
- BDTOPO IGN — geoservices.ign.fr/bdtopo
- ESRI World Imagery (orthophoto fond)
- ANRU.fr — zones programmes urbains
- ASPRS LAS Spec 1.4 R15 (classification)

Logiciels open-source

- QGIS 3.40 LTR Bratislava — qgis.org
- PDAL 2.9 — pdal.io
- SAGA GIS Next Generation 9.5
- GDAL 3.9 — gdal.org
- Python 3.12 + PyQGIS
- python-pptx 1.0.2 (cette présentation)

Bug QGIS contourné

Issue #61556 — github.com/qgis/QGIS/issues/61556 (auto-indexation LAZ→COPC cassée depuis QGIS 3.36+)

Code source — GitHub

Repository (clicable) :

github.com/7gMi/grigny-lidar-nowak

Script orchestrateur :

[run_pipeline.py \(8 phases\)](#)

Scripts livrés :

- `run_pipeline.py`
- `phase5_vegetation_classe5.py`
- `phase6_batiments_classe6.py`
- Licence MIT

Cadre académique

Université Paris 8
Master Géomatique, Géodécisionnel,
Géomarketing et Multimédia (G2M)
Cours Gestion de projet — outil LiDAR
Prof. dr hab. M.M. Nowak
AMU Poznań — Lab. BioGIS