UNIVERSITÉ PARIS 8 DES CRÉATIONS

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

1.1 Problème environnemental — Grigny (91)

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**

Photo aérienne © ESRI World Imagery — Grande Borne (gauche) + Grigny 2 (droite)

1.2 Objectif — pourquoi le LiDAR ?

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)

1.3 Public cible — recherche & pratique

RECHERCHE

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

COLLECTIVITÉ

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

BAILLEURS SOCIAUX

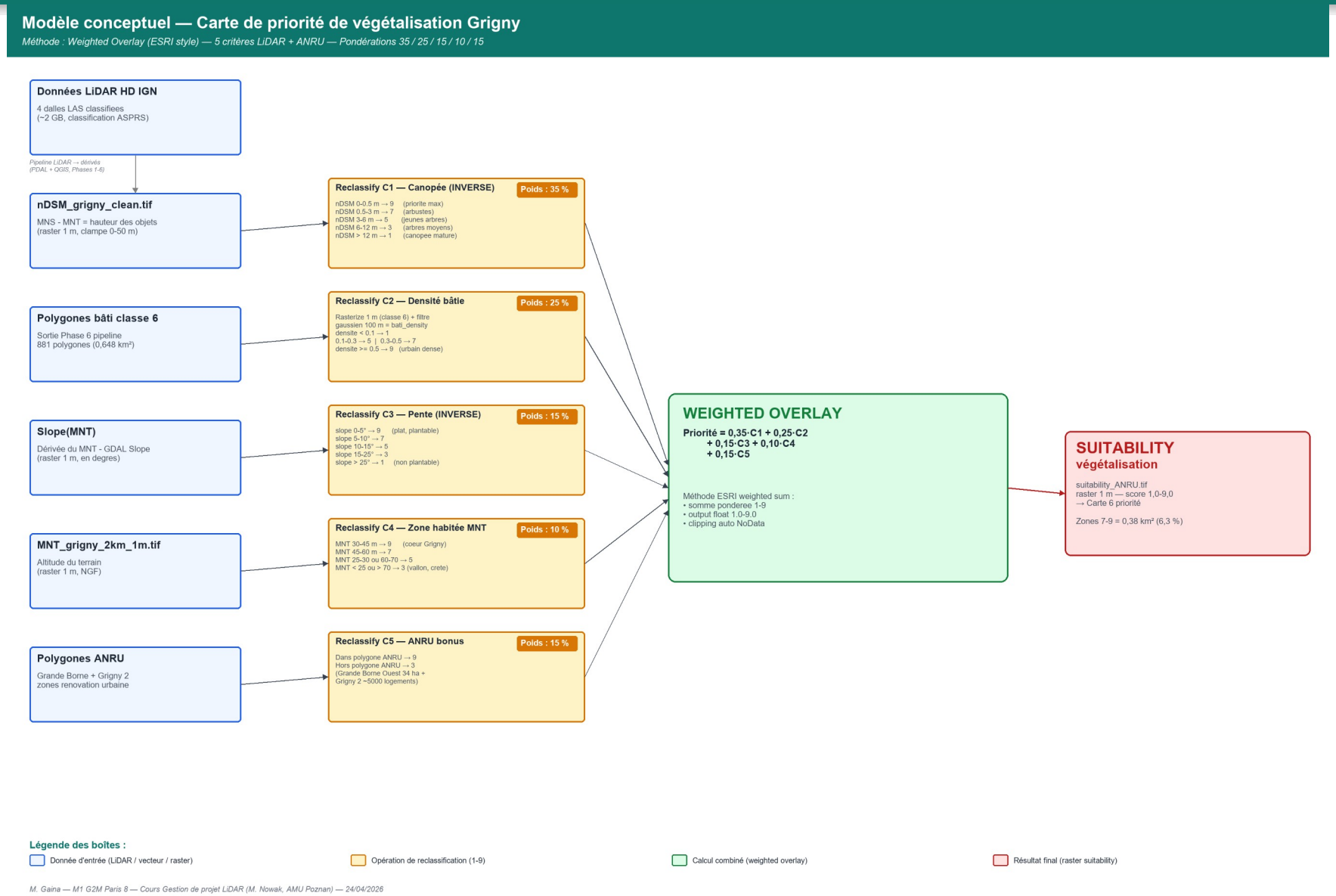
Gestionnaires Grande Borne + Grigny 2 · Baseline rénovation · Suivi végétalisation

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



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

2.2 Données input — LiDAR + auxiliaires

LiDAR HD IGN (input principal)

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

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)

🔗 Données auxiliaires

- **BDTOPO IGN** — 3 369 polygones bâti — **Comparaison méthode**
- **Polygones ANRU** — Grande Borne + Grigny 2 — **Bonus scoring V**
- **nDSM dérivé** — MNS − MNT, raster 1 m — **Hauteur des objets**
- **Slope MNT** — GDAL slope, ° — **Critère pente carte priorité**
- **Zone habitée** — Polygone tissu urbain — **Critère 4 priorité**

2.3 Géotraitements — paramètres & couches de sortie

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)

3.1 Implémentation — script global run_pipeline.py

```
# 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)

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**

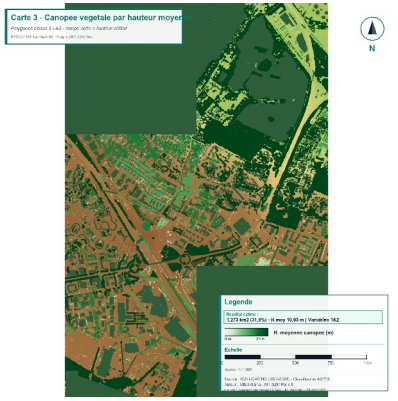
Logs détaillés à chaque phase + skip auto si output existe → re-run sans risque

3.3 Résultats — 8 variables structurelles estimées

#	Variable	Valeur	Unité
1	Superficie canopée	**1 273 000**	m² (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**	m² (16.2%)
7	Hauteur moy. bâti	**4.92**	m
8	Altitude moy.	**34.63**	m NGF

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

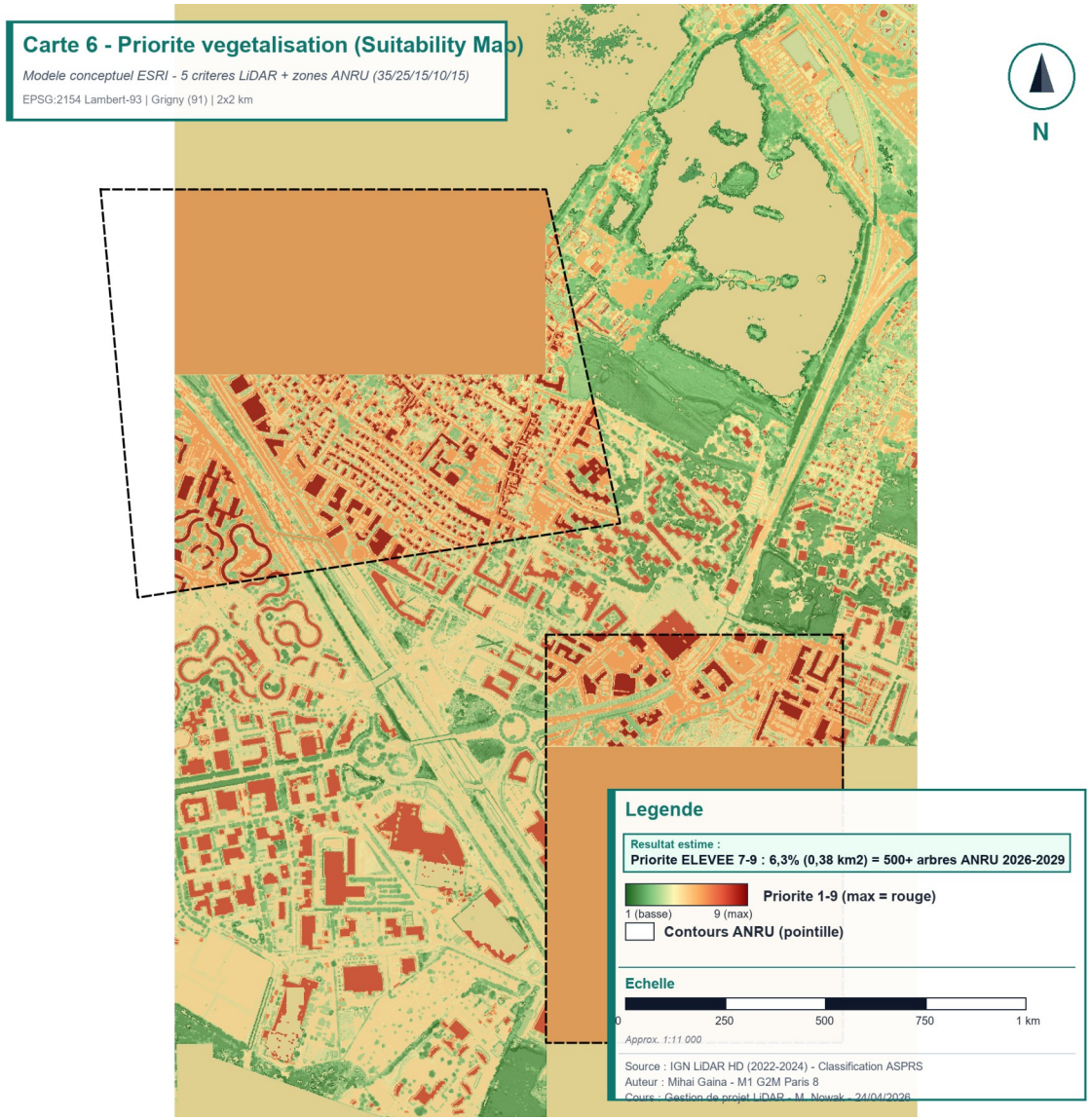
Comparaison BDTOPO : 881 (LiDAR) vs 3 369 polygones — méthode fusionne toits mitoyens, suffisant pour stat structurelle globale



Canopée — hauteur moyenne (nDSM)

Bâti — hauteur moyenne (nDSM)

3.3 Résultats — carte de priorité végétalisation ANRU



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

4.1 Synthèse — avantages & limites du modèle

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 BDTOPO
- Pas de PISR / rayonnement solaire intégré

4.2 Perspectives — boucler la boucle Nowak

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 !

Sources & Références bibliographiques

ANNEXE

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 (cliquable) :

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