



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Cerema

CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN

LiDAR HD et surchauffe urbaine

Géopitchs CRIGE PACA

Benjamin PICCININI
Responsable d'études
Pôle satellite - Cerema

5 mars 2026

Les Local Climate Zones (LCZ)

Un référentiel international (Stewart & Oke, 2012) de description du territoire à échelle moyenne (îlots de 200 m de rayon minimum), suivant 17 classes, en fonction de 10 indicateurs :

- morphologie urbaine : facteur de vue du ciel, rapport d'aspect, hauteur des éléments de rugosité, classe de rugosité du terrain
- occupation du sol : taux de surface bâtie, taux de surface imperméable, taux de surface perméable
- propriétés thermo-physiques : conductivité thermique de surface, albédo de surface, flux de chaleur anthropique

Utilisation des LCZ en tant qu'outil de diagnostic de l'ICU :

- analyse simplifiée par classement géo-climatique
- localiser les formes urbaines les plus sensibles
- n'est pas une mesure physique du phénomène !

Classes bâties	Définitions	Classes non bâties	Définitions
<p>1. Ensemble compact de tours</p>	Mélange dense de grands immeubles avec des dizaines d'étages. Peu ou pas d'arbres. Sol principalement revêtu. Matériaux de construction : béton, acier, pierre, verre.	<p>A. Espace densément arboré</p>	Paysage fortement boisé composé d'arbres à feuilles caduques et/ou à feuilles persistantes. Couverture du sol principalement perméable (plantes basses). Fonction de la zone : forêt, arboriculture, parc urbain.
<p>2. Ensemble compact d'immeubles</p>	Mélange dense de bâtiments de hauteur moyenne (3 à 9 étages). Peu ou pas d'arbres. Sol principalement revêtu. Matériaux de construction : pierre, brique, tuile, béton.	<p>B. Espace arboré clairsemé</p>	Paysage légèrement boisé composé d'arbres à feuilles caduques et/ou à feuilles persistantes. Couverture du sol principalement perméable (plantes basses). Fonction de la zone : forêt, arboriculture, parc urbain.
<p>3. Ensemble compact de maisons</p>	Mélange dense de bâtiments de faible hauteur (1 à 3 étages). Peu ou pas d'arbres. Sol principalement revêtu. Matériaux de construction : pierre, brique, tuile, béton.	<p>C. Espace végétalisé hétérogène</p>	Buissons, arbustes et ligneux espacés. Couverture du sol principalement perméable (sol nu ou sable). Fonction de la zone : maquis, agriculture.
<p>4. Ensemble de tours espacées</p>	Tours espacées de plus de 10 étages. Sol perméable végétalisé en abondance (plantes basses, arbres éparés). Matériaux de construction : béton, acier, pierre, verre.	<p>D. Végétation basse</p>	Paysage plat composé d'herbe ou plantes herbacées, de cultures. Peu ou pas d'arbres. Fonction de la zone : prairie, agriculture, parc urbain.
<p>5. Ensemble d'immeubles espacés</p>	Bâtiments de hauteur moyenne espacés (3 à 9 étages). Sol perméable végétalisé en abondance (plantes basses, arbres éparés). Matériaux de construction : béton, acier, pierre, verre.	<p>E. Sol imperméable naturel ou artificiel</p>	Paysage plat rocheux ou revêtu. Peu ou pas d'arbres ou de plantes. Fonction de la zone : désert naturel (roche) ou route.
<p>6. Ensemble de maisons espacées</p>	Bâtiments de faible hauteur espacés (1 à 3 étages). Sol perméable végétalisé en abondance (plantes basses, arbres éparés). Matériaux de construction : bois, brique, pierre, tuile, béton.	<p>F. Sol nu</p>	Paysage plat composé de sol nu ou de sable. Peu ou pas d'arbres ou de plantes. Fonction de la zone : désert naturel ou agriculture.
<p>7. Ensemble dense de maisons ou constructions légères</p>	Mélange dense de bâtiments à un étage. Peu ou pas d'arbres. Sol principalement compacté. Matériaux de construction légers : bois, chaume, tôle ondulé, etc.	<p>G. Eau</p>	Plans d'eau (mers, lacs, rivières, bassins, lagunes).
<p>8. Bâtiments bas de grande emprise</p>	Bâtiments bas (1 à 3 étages) de grande emprise, et espacés. Peu ou pas d'arbres. Sol principalement revêtu. Matériaux de construction en acier, béton, métal et pierre.	<p>9. Implantation diffuse et espacée de maisons</p>	Bâtiments de petite ou moyenne hauteur et éloignés dans un cadre naturel ou végétalisé. Sol perméable végétalisé en abondance (plantes basses, arbres éparés).
<p>10. Industrie lourde</p>	Structure industrielle basse ou de hauteur moyenne (tours, réservoirs, cheminées). Peu ou pas d'arbres. Sol principalement revêtu ou compacté. Matériaux de construction : métal, acier, béton.		

Une production nationale DGALN/Cerema

88 aires urbaines de plus de 50 000 habitants en France métropolitaine :

- 12 000 communes (/ 34 826)
- 167 000 km² (/ 544 000)
- 44 M d'habitants (/ 65 M)

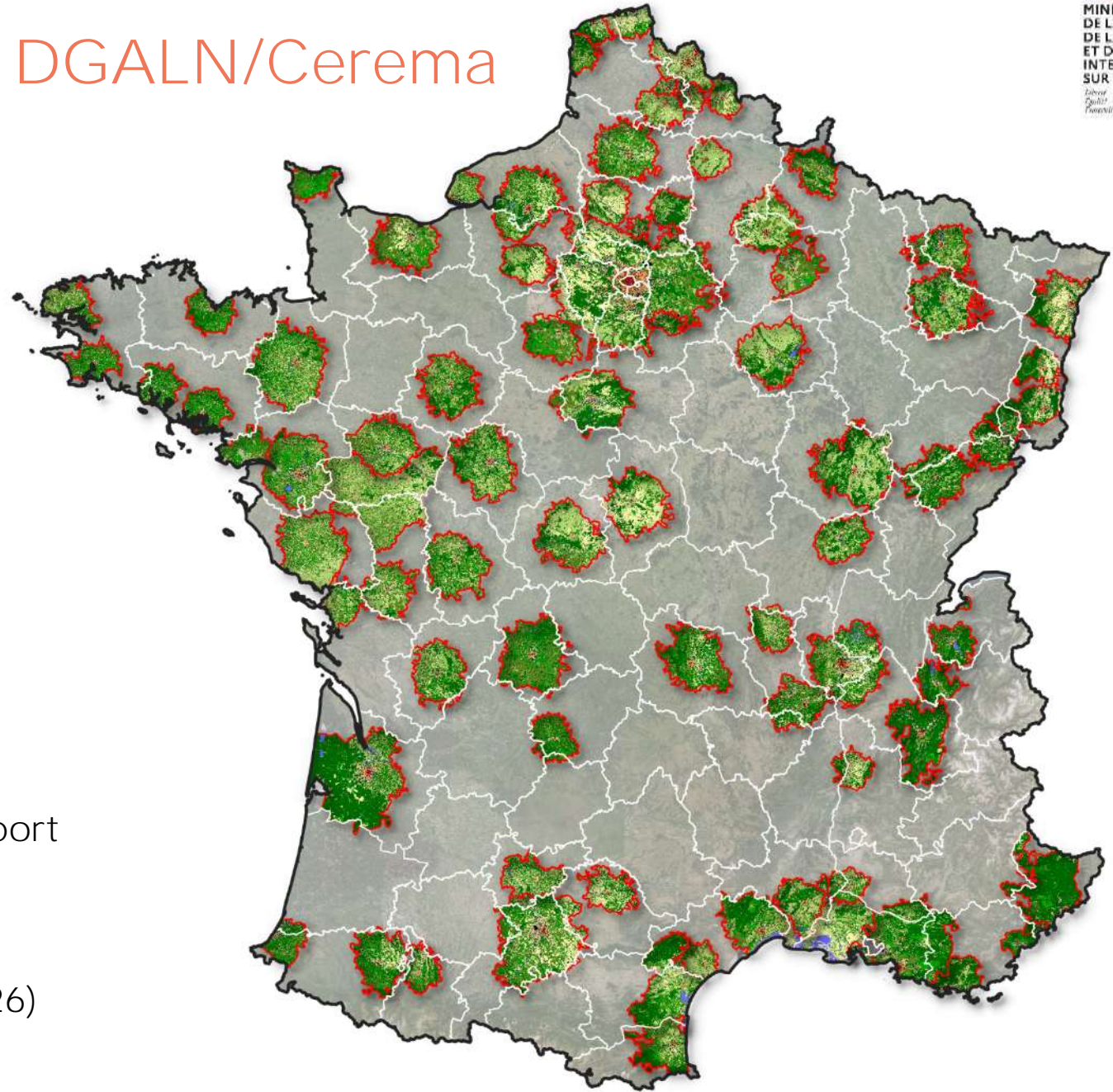
dont 360 communes de plus de 20 000 habitants

Téléchargeable sur data.gouv.fr, par aire urbaine

Visualisable sur cartagene.cerema.fr, avec statistiques communales (surface, population)

Accompagnée d'un guide utilisateur/FAQ et d'un guide technique (méthodologie adaptée par rapport au référentiel défini par Stewart & Oke, 2012)

Production en cours des DROM (livraison juin 2026)

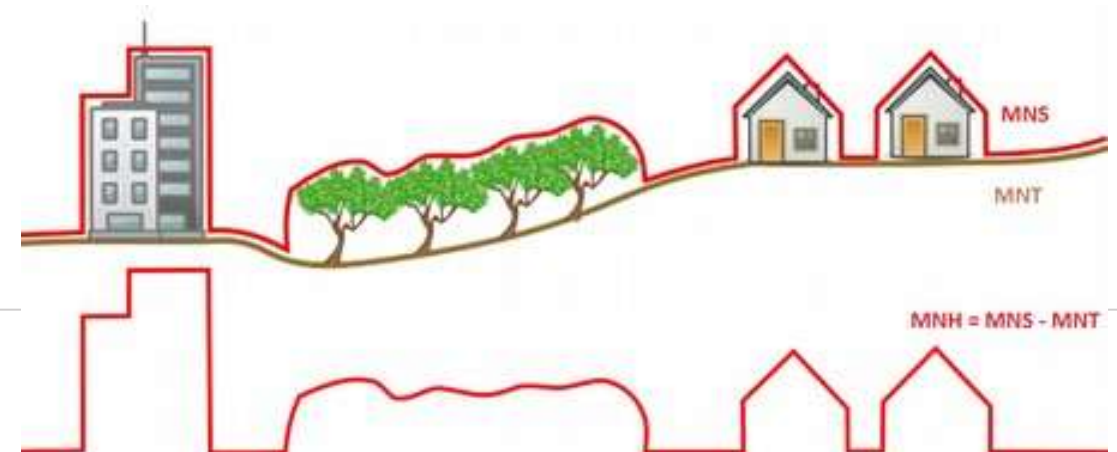


Cartographier l'occupation du sol avec le LiDAR HD

La couche d'occupation du sol (OCS) est la base du calcul des indicateurs LCZ d'occupation du sol.

On définit habituellement 6 classes d'OCS : surface bâtie, surface minérale imperméable (route, parking), sol nu perméable, surface en eau, végétation arborée, végétation herbacée.

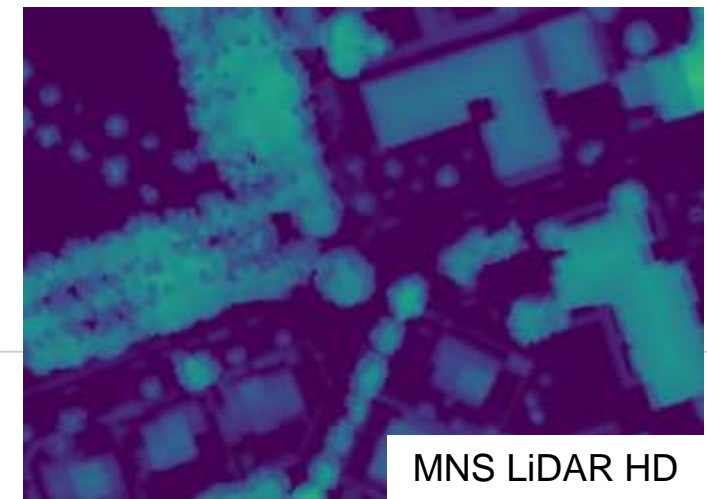
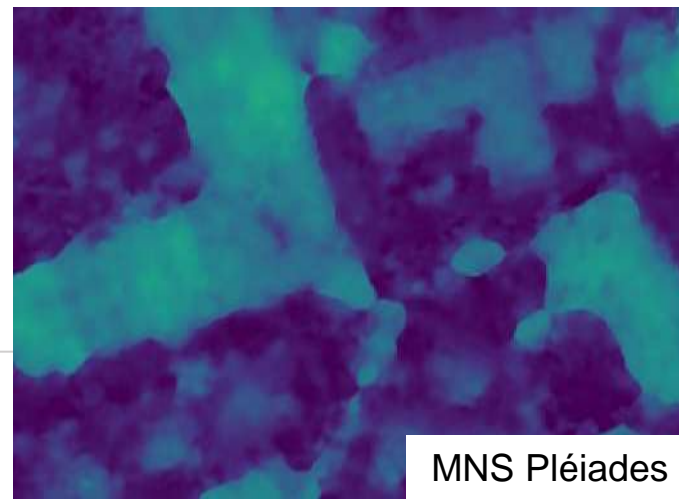
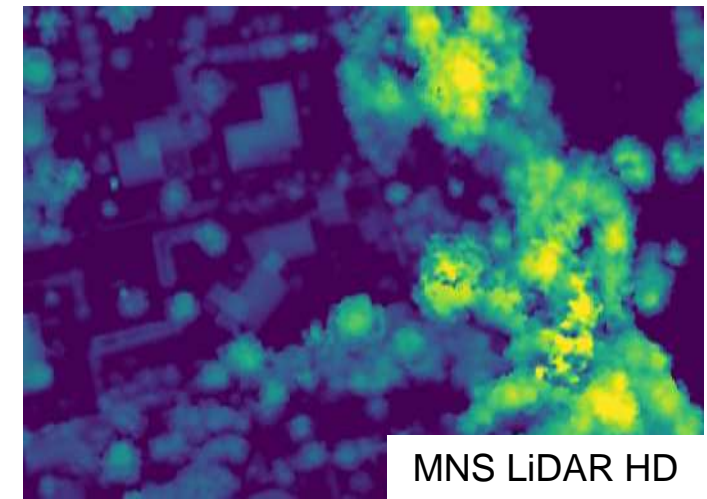
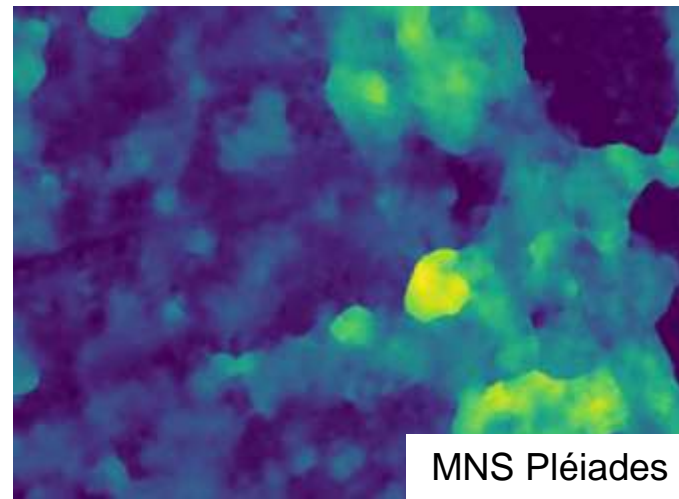
1. On part d'une image satellite très haute résolution spatiale (SPOT 1,5 m ou Pléiades 50 cm) à 4 bandes spectrales (rouge, vert, bleu, proche infrarouge).
2. On l'enrichit d'informations : NDVI et NDWI2 pour mieux caractériser l'eau et la végétation + MNH pour mieux caractériser la 3D du sursol (bâtiments, arbres) → **c'est là qu'intervient le LiDAR HD**
3. On construit nos échantillons d'apprentissage (sur la base de la BD TOPO nettoyée)
4. On entraîne un modèle IA sur la base de l'image enrichie et des échantillons d'apprentissage
5. On classe l'image
6. On post-traite le résultat si besoin



Cartographier l'occupation du sol avec le LiDAR HD

Pourquoi utiliser le LiDAR HD ?

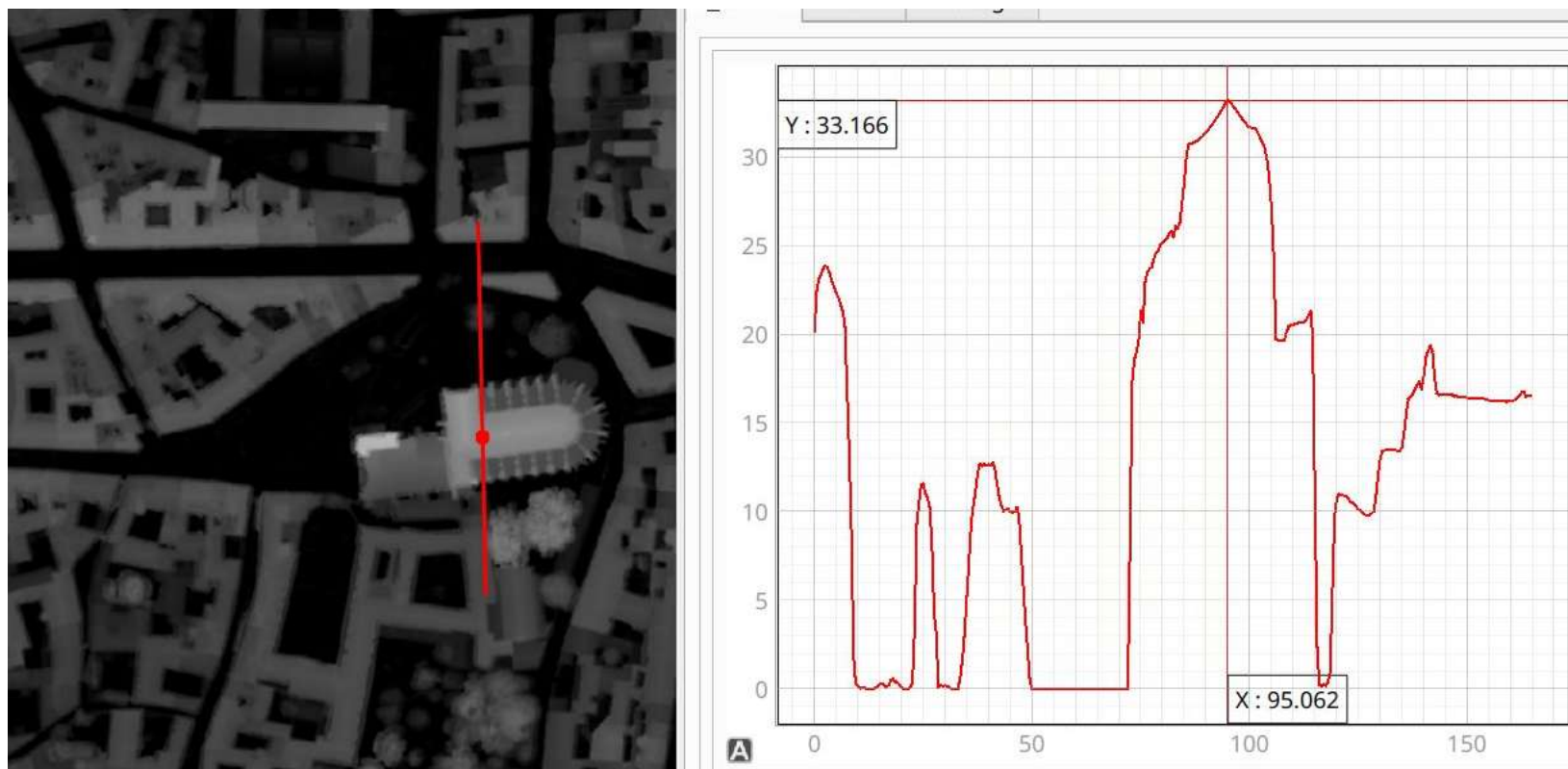
Jusqu'à aujourd'hui, utilisation de MNS dérivée des images sat', mais « bave » sur les bords de bâtiments et les zones arborées



Cartographier l'occupation du sol avec le LiDAR HD

Pourquoi utiliser le LiDAR HD ?

Le LiDAR HD suit parfaitement les structures verticales



Cartographier l'occupation du sol avec le LiDAR HD

Résultat :

Meilleure définition d'objets et de leurs contours (surtout les bâtiments)

Modèle IA plus robuste



Focus sur un indicateur LCZ : le *Sky View Factor*

« Facteur de vue du ciel » = part de ciel visible depuis le sol, sur une demi-sphère.

Le ciel peut être partiellement ou totalement obstrué par des bâtiments ou des arbres (mais aussi le relief).

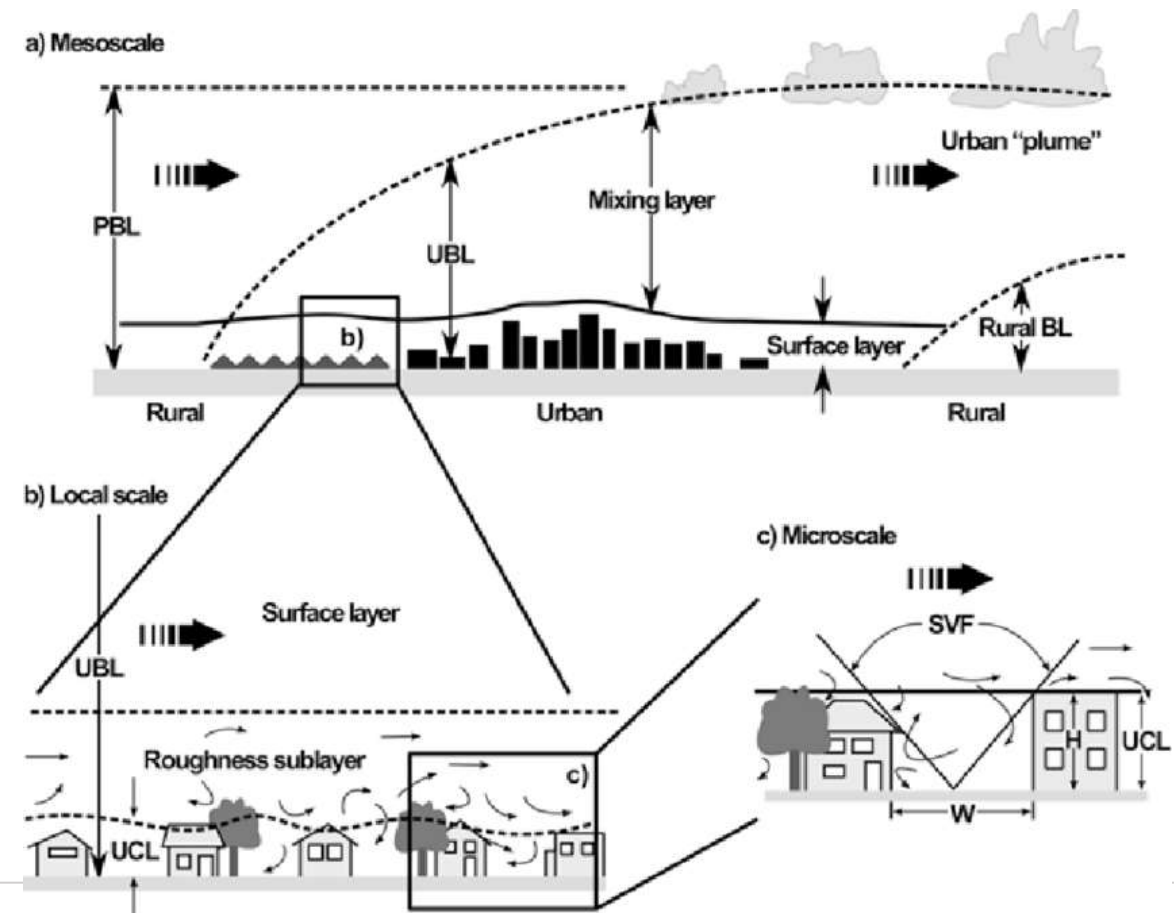
Valeur comprise en 0 et 1 :

- 0 = ciel totalement obstrué
- 1 = ciel pas du tout obstrué

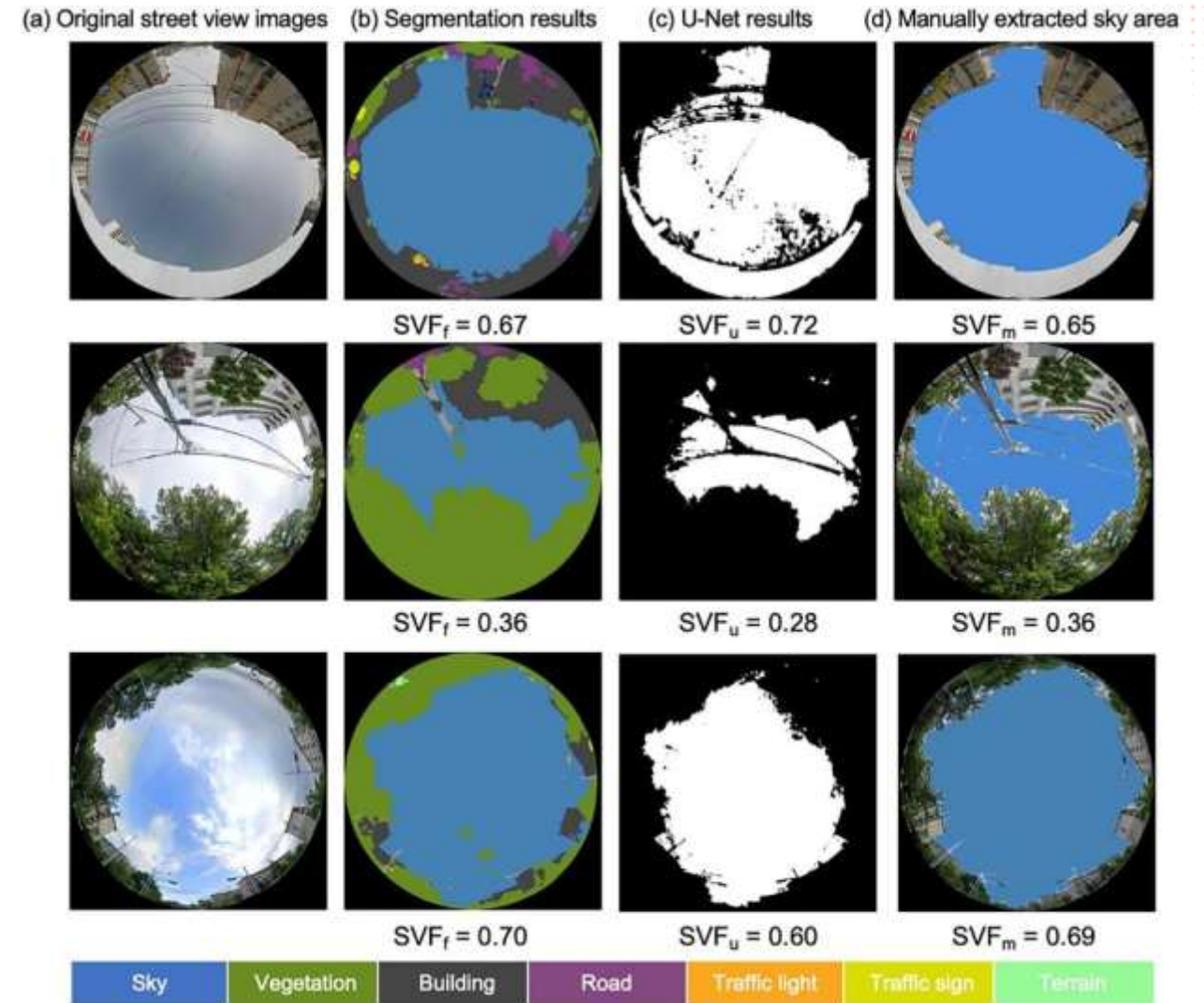
L'obstruction peut empêcher l'air chaud d'être évacué efficacement par les vents, et donc limiter le rafraîchissement nocturne (→ ICU accentué)

Peut aussi réduire le stockage de chaleur en journée (moins de rayonnement arrive au niveau du piéton)

Pour quantifier ce SVF, besoin de disposer d'un MNS



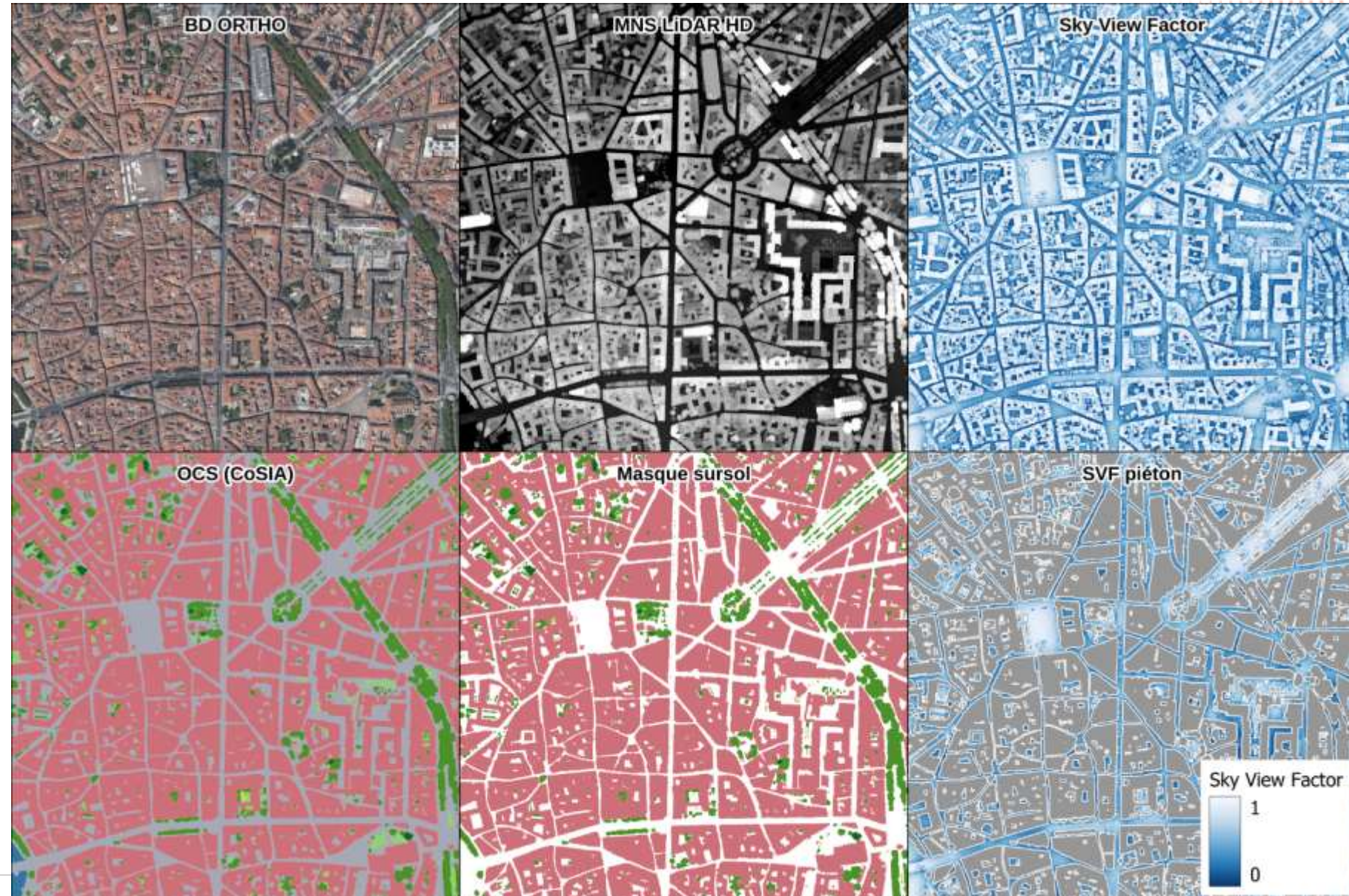
Focus sur un indicateur LCZ : le *Sky View Factor*



Focus sur un indicateur LCZ : le *Sky View Factor*

Calcul :

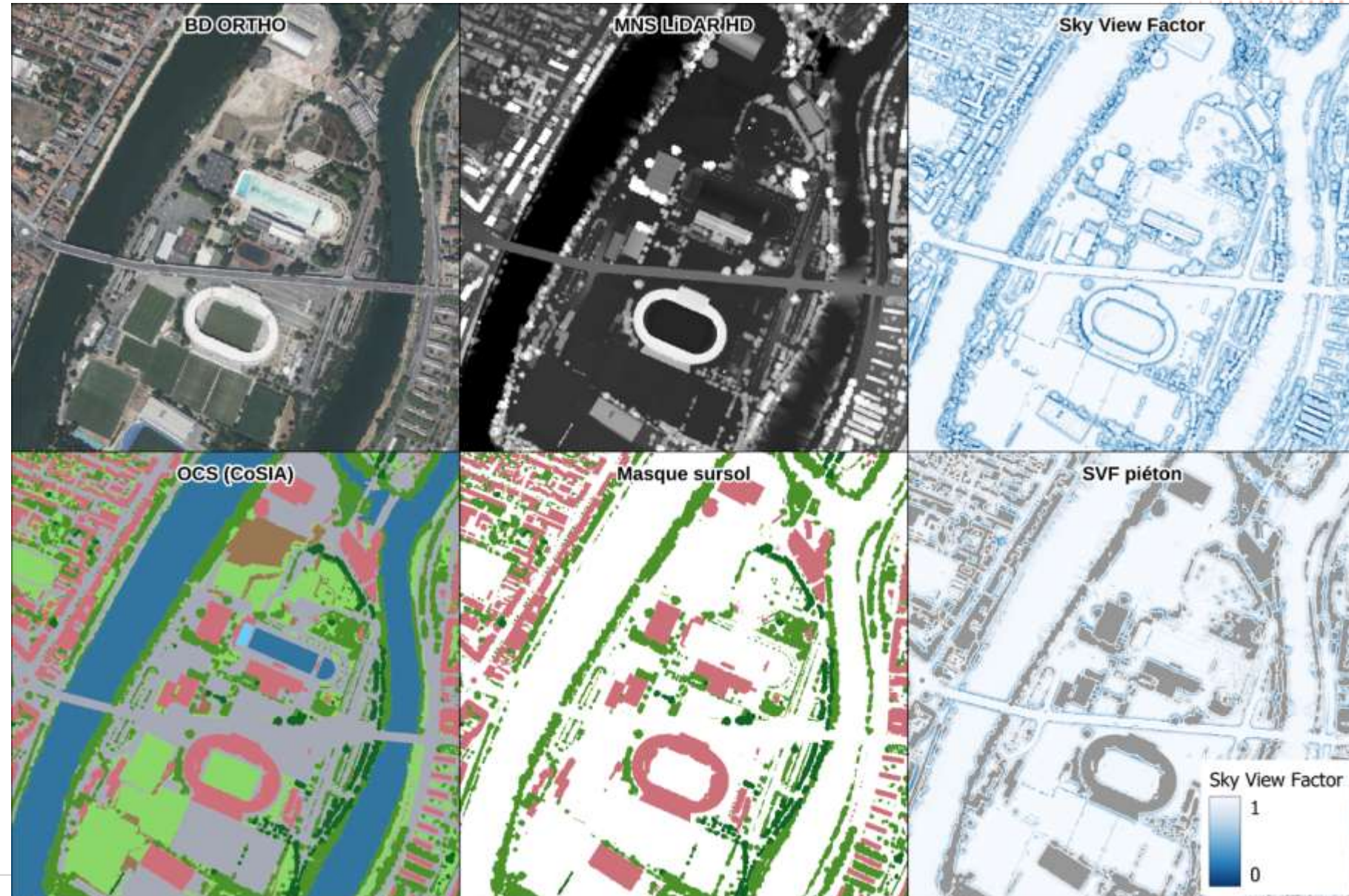
1. On part d'un MNS (LiDAR HD)
2. On calcule le *Sky View Factor* (par exemple, algorithme SAGA inclus dans QGIS)
3. On récupère une OCS et on filtre les classes sursol (bâtiments, arbres)
4. On applique ce « masque sursol » sur le SVF pour supprimer ces valeurs (faussées car calculées sur le haut de l'objet et non au sol)



Focus sur un indicateur LCZ : le *Sky View Factor*

Calcul :

1. On part d'un MNS (LiDAR HD)
2. On calcule le *Sky View Factor* (par exemple, algorithme SAGA inclus dans QGIS)
3. On récupère une OCS et on filtre les classes sursol (bâtiments, arbres)
4. On applique ce « masque sursol » sur le SVF pour supprimer ces valeurs (faussées car calculées sur le haut de l'objet et non au sol)



Merci pour votre attention
benjamin.piccinini@cerema.fr
satellite@cerema.fr

www.cerema.fr

