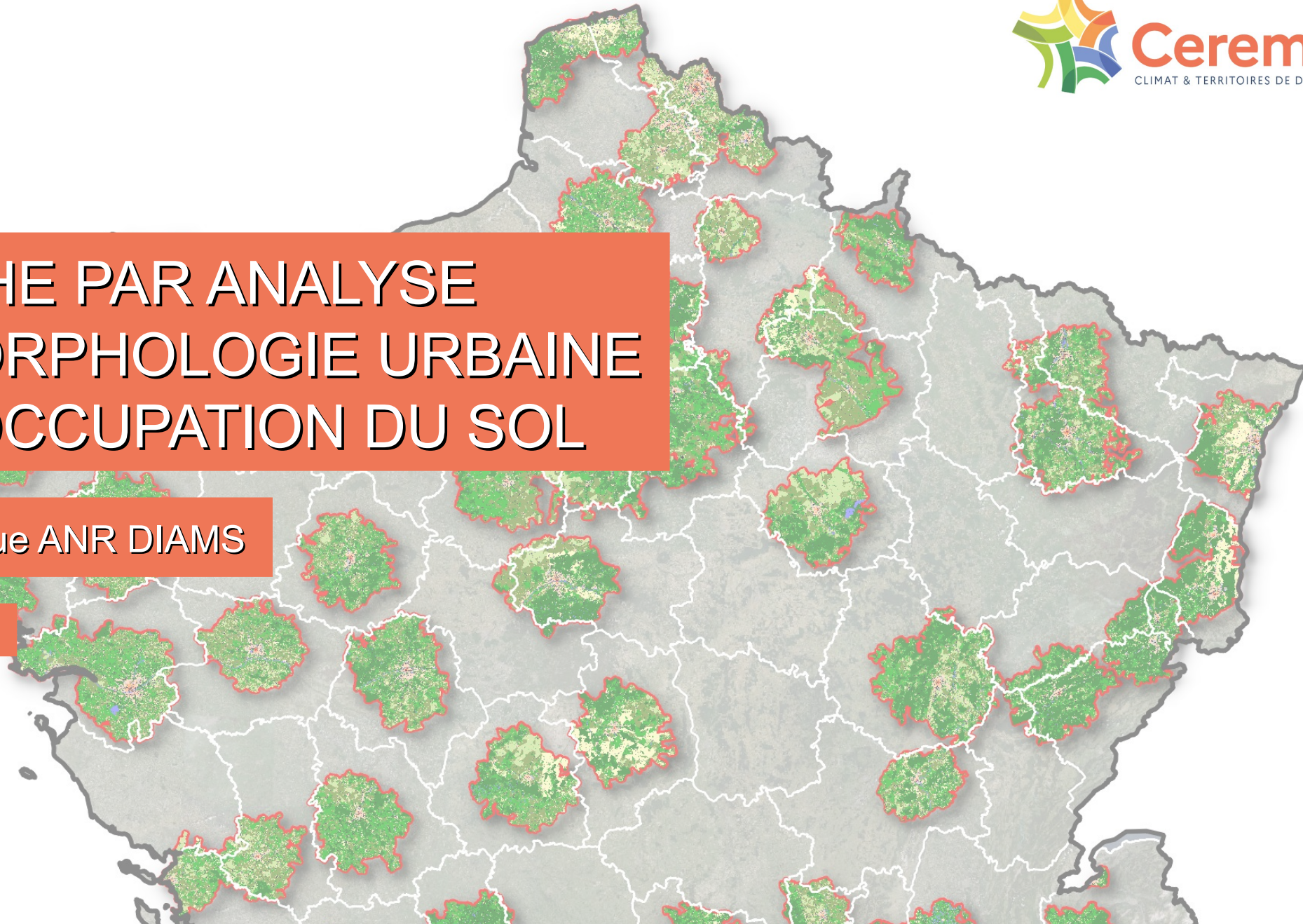


APPROCHE PAR ANALYSE DE LA MORPHOLOGIE URBAINE ET DE L'OCCUPATION DU SOL

Journée technique ANR DIAMS

10 septembre 2024 – Paris



Quelques exemples d'outils morphologiques

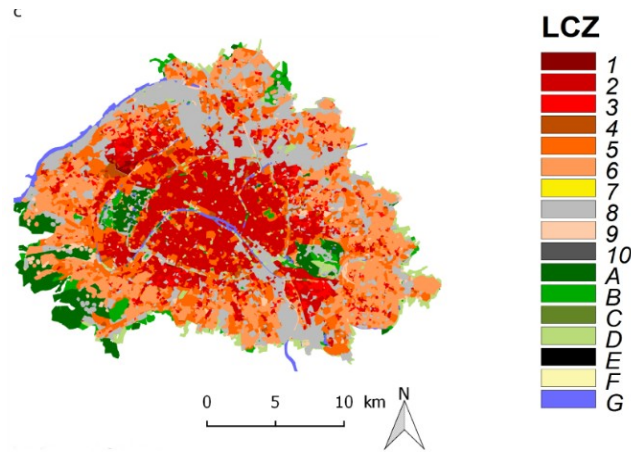


OUTILS MORPHOLOGIQUES

Outil morphologique :

Indication sur l'exposition d'un quartier à la chaleur

→ approche qualitative



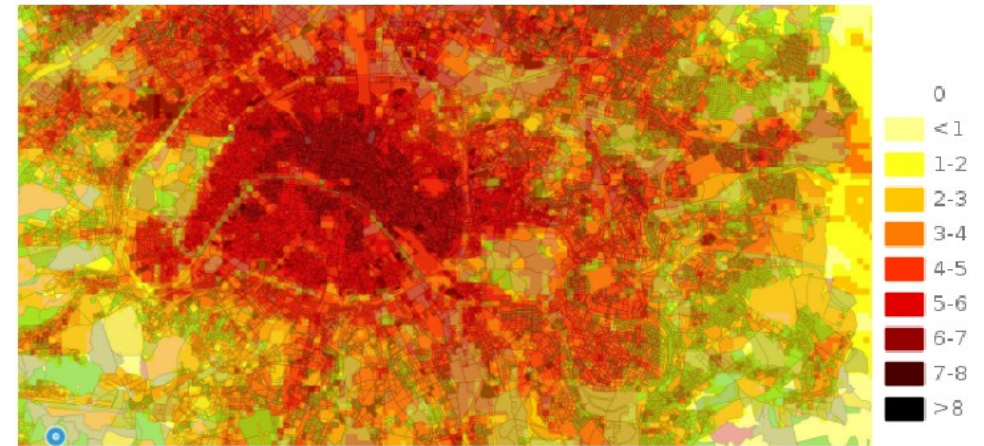
LCZ sur Paris

Projet ANR MAPUCE

Outil physique :

Sortie micro-météorologique

→ approche quantitative



Îlot de Chaleur nocturne estival sur Paris (250 m de résolution)
superposé avec la typologie des bâtiments

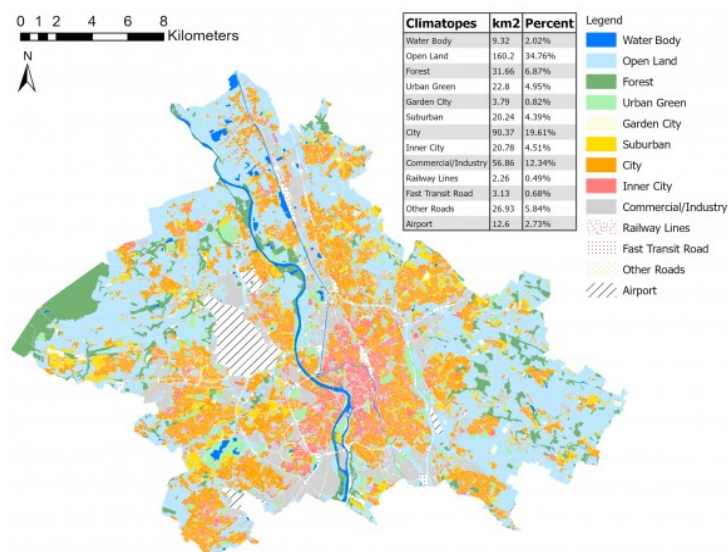
Projet ANR MAPUCE

OUTILS MORPHOLOGIQUES

Exemples de classifications morphologiques : GENIUS/UTRF, Climatope, LCZ

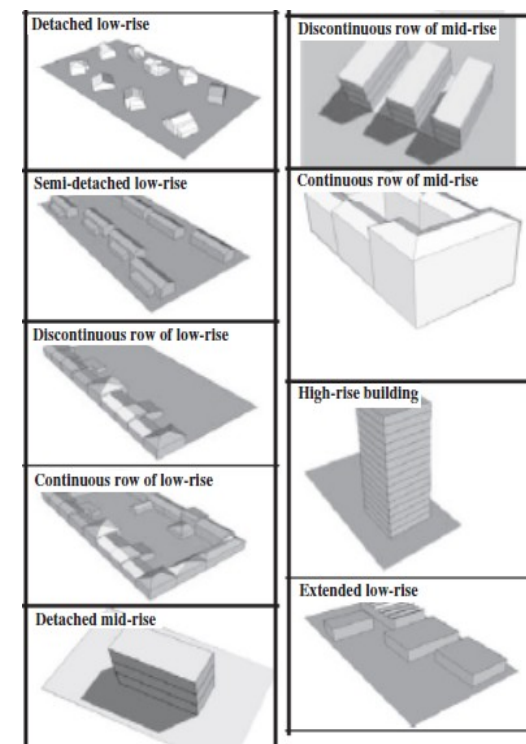
Climatopes of the Urban Climatic Map (UCMap) system

(Edward Ng, Chao Ren and Ren 2015)



GENIUS (GENerator of Interactive Urban blockS) is based on building geometries, envelope materials and surroundings ground covering

(Tornay et al. 2017)



Avantages : calcul rapide (/ outils physiques), reproductible sur d'autres territoires, approches internationales et approuvées




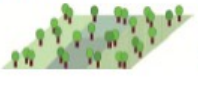
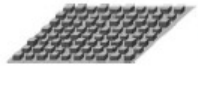
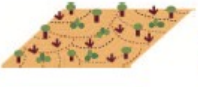






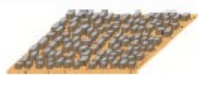
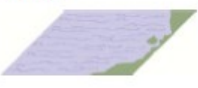




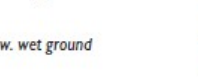
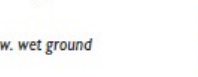
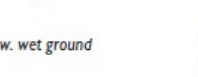
LES LOCAL CLIMATE ZONES

- **Référentiel décrivant le territoire suivant 17 classes** (10 bâties et 7 naturelles), **par croisement de 10 indicateurs** (morphologie urbaine, occupation du sol, propriétés thermo-physiques).

Stewart & Oke, 2012 : <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>

- **Analyse simplifiée par classement géo-climatique :** classification typo-morphologique du territoire, à échelle moyenne (~ 200 m de rayon minimum), pour caractériser des zones climatiquement homogènes
 - ~~mesure physique du phénomène (relevés de températures)~~
 - localiser les formes urbaines les plus sensibles à l'ICU

TABLE 2. Abridged definitions for local climate zones (see electronic supplement for photographs, surface property values, and full definitions). LCZs 1–9 correspond to Oke's (2004) urban climate zones.

Built types	Definition	Land cover types	Definition
1. Compact high-rise 	Dense mix of tall buildings to tens of stories. Few or no trees. Land cover mostly paved. Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	A. Dense trees 	Heavily wooded landscape of deciduous and/or evergreen trees. Land cover mostly pervious (low plants). Zone function is natural forest, tree cultivation, or urban park.
2. Compact midrise 	Dense mix of midrise buildings (3–9 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Stone, brick, tile, and concrete construction materials.	B. Scattered trees 	Lightly wooded landscape of deciduous and/or evergreen trees. Land cover mostly pervious (low plants). Zone function is natural forest, tree cultivation, or urban park.
3. Compact low-rise 	Dense mix of low-rise buildings (1–3 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Stone, brick, tile, and concrete construction materials.	C. Bush, scrub 	Open arrangement of bushes, shrubs, and short, woody trees. Land cover mostly pervious (bare soil or sand). Zone function is natural scrubland or agriculture.
4. Open high-rise 	Open arrangement of tall buildings to tens of stories. Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	D. Low plants 	Featureless landscape of grass or herbaceous plants/crops. Few or no trees. Zone function is natural grassland, agriculture, or urban park.
5. Open midrise 	Open arrangement of midrise buildings (3–9 stories). Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	E. Bare rock or paved 	Featureless landscape of rock or paved cover. Few or no trees or plants. Zone function is natural desert (rock) or urban transportation.
6. Open low-rise 	Open arrangement of low-rise buildings (1–3 stories). Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Wood, brick, stone, tile, and concrete construction materials.	F. Bare soil or sand 	Featureless landscape of soil or sand cover. Few or no trees or plants. Zone function is natural desert or agriculture.
7. Lightweight low-rise 	Dense mix of single-story buildings. Few or no trees. Land cover mostly hard-packed. Lightweight construction materials (e.g., wood, thatch, corrugated metal).	G. Water 	Large, open water bodies such as seas and lakes, or small bodies such as rivers, reservoirs, and lagoons.
8. Large low-rise 	Open arrangement of large low-rise buildings (1–3 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Steel, concrete, metal, and stone construction materials.	VARIABLE LAND COVER PROPERTIES Variable or ephemeral land cover properties that change significantly with synoptic weather patterns, agricultural practices, and/or seasonal cycles.	
9. Sparsely built 	Sparse arrangement of small or medium-sized buildings in a natural setting. Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees).	b. bare trees 	Leafless deciduous trees (e.g., winter). Increased sky view factor. Reduced albedo.
10. Heavy Industry 	Low-rise and midrise industrial structures (towers, tanks, stacks). Few or no trees. Land cover mostly paved or hard-packed. Metal, steel, and concrete construction materials.	s. snow cover 	Snow cover >10 cm in depth. Low admittance. High albedo.
		d. dry ground 	Parched soil. Low admittance. Large Bowen ratio. Increased albedo.
		w. wet ground 	Waterlogged soil. High admittance. Small Bowen ratio. Reduced albedo.

SatLCZ : la méthode LCZ du Cerema



DESCRIPTION DE LA MÉTHODE

Cerema's SatLCZ classification

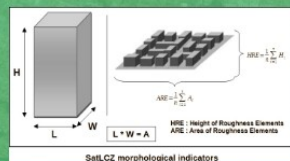
Morphological segmentation

3D buildings

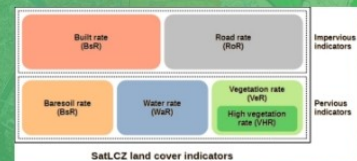
6 land cover classes

Pre-processing of input data

Morphological indicators



Land cover indicators



Decision tree of SatLCZ method

LCZ classification



Les zones climatiques locales (LCZ)

Stewart et Oke (2012) — Traduction Cerema

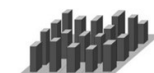
Classes bâties

Définitions

Classes non bâties

Définitions

1. Ensemble compact de tours



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.

2. Ensemble compact d'immeubles



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.

3. Ensemble compact de maisons



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.

4. Ensemble de tours espacées



Tours espacées de plus de 10 étages. Sol perméable végétalisé en abondance (plantes basses, arbres épars). Matériaux de construction : béton, acier, pierre, verre.

5. Ensemble d'immeubles espacés



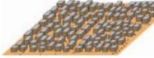
Bâtiments de hauteur moyenne espacés (3 à 9 étages). Sol perméable végétalisé en abondance (plantes basses, arbres épars). Matériaux de construction : béton, acier, pierre, verre.

6. Ensemble de maisons espacées



Bâtiments de faible hauteur espacés (1 à 3 étages). Sol perméable végétalisé en abondance (plantes basses, arbres épars). Matériaux de construction : bois, brique, pierre, tuile, béton.

7. Ensemble dense de maisons ou constructions légères



Mélange dense de bâtiments à un étage. Peu ou pas d'arbres. Sol principalement compacté. Matériaux de construction légers : bois, chaume, tôle ondulée, etc.

8. Bâtiments bas de grande emprise



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.

9. Implantation diffuse et espacée de maisons



Bâtiments de petite ou moyenne hauteur et éloignés dans un cadre naturel ou végétalisé. Sol perméable végétalisé en abondance (plantes basses, arbres épars).

A. Espace densement arboré



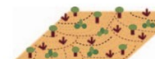
Paysage fortement boisé composé d'arbres à feuilles caduques et/ou à feuilles persistantes. Couverture du sol principalement perméable (plantes basses). Fonction de la zone : forêt, arboriculture, parc urbain.

B. Espace arboré clairsemé



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.

C. Espace végétalisé hétérogène



Buissons, arbustes et ligneux espacés. Couverture du sol principalement perméable (sol nu ou sable). Fonction de la zone : maquis, agriculture.

D. Végétation basse



Paysage plat composé d'herbe ou plantes herbacées, de cultures. Peu ou pas d'arbres. Fonction de la zone : prairie, agriculture, parc urbain.

E. Sol imperméable naturel ou artificiel



Paysage plat rocheux ou revêtu. Peu ou pas d'arbres ou de plantes. Fonction de la zone : désert naturel (roche) ou route.

F. Sol nu



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.

G. Eau



Plans d'eau (mers, lacs, rivières, bassins, lagons).

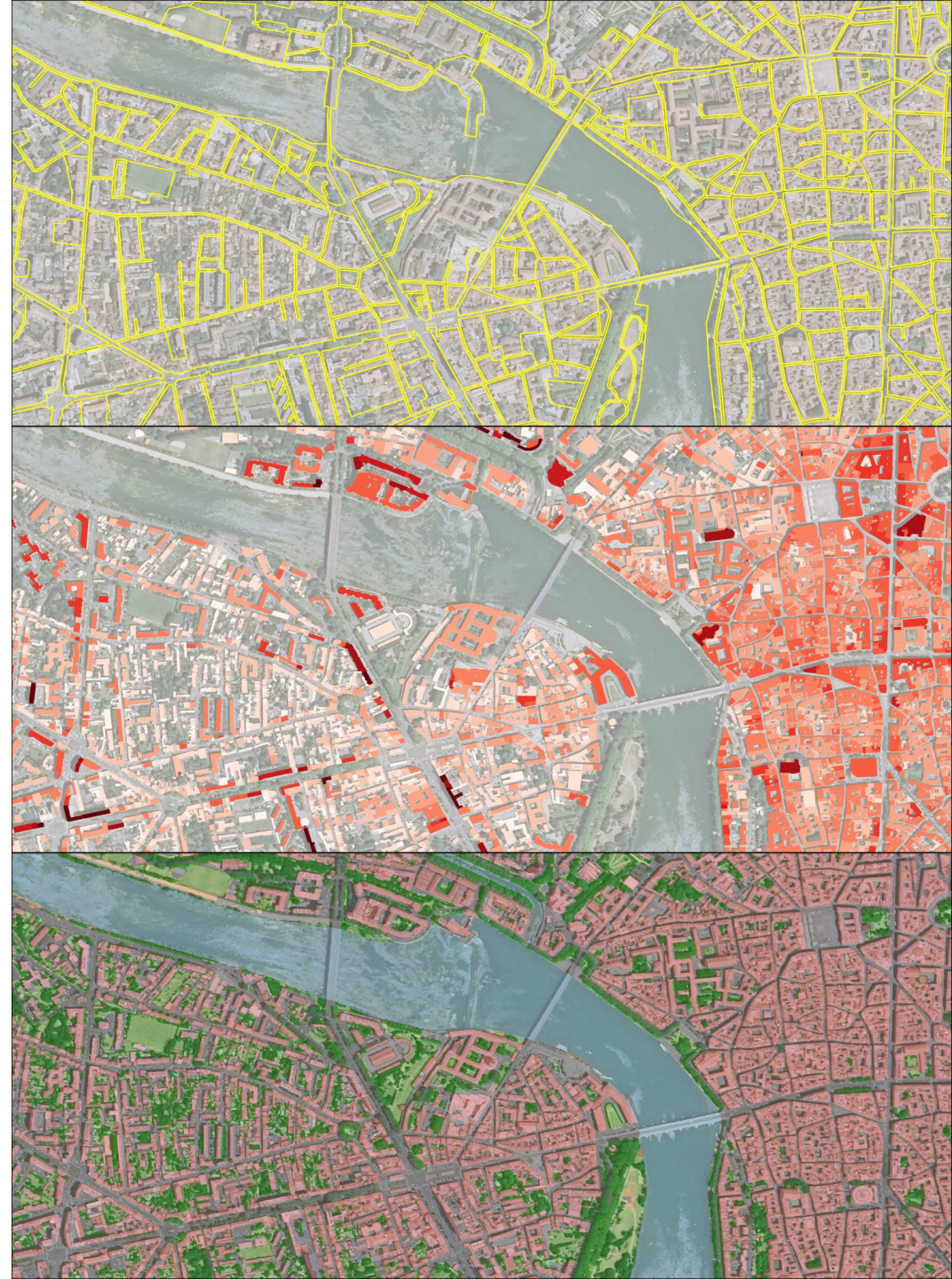
10. Industrie lourde



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.

LES DONNÉES D'ENTRÉE

- **Segmentation morphologique** : donnée vecteur polygones délimitant nos îlots d'étude
→ avoir un découpage avec une homogénéité de typo-morphologie à l'intérieur d'un même îlot
- **Bâti 3D** : donnée vecteur polygones délimitant l'emprise au sol de chaque bâtiment, pour lequel une information attributaire de hauteur est associée
- **OCS 6 classes** : donnée raster décrivant l'occupation du sol en 6 classes (bâti, route et surface imperméable, sol nu perméable, surface en eau, végétation arborée, végétation herbacée)



LES INDICATEURS DÉRIVÉS

➤ Pour chaque entité de la segmentation morpho :

→ calcul de **2 indicateurs de morphologie urbaine** :

- **HRE** = hauteur moyenne du bâti

- **ARE** = surface moyenne du bâti

⇒ croisement avec la donnée bâti 3D

→ calcul de **6 indicateurs d'occupation du sol** :

- **BuR** = taux d'occupation de la classe « bâti »

- **RoR** = taux d'occupation de la classe « route et surface imperméable »

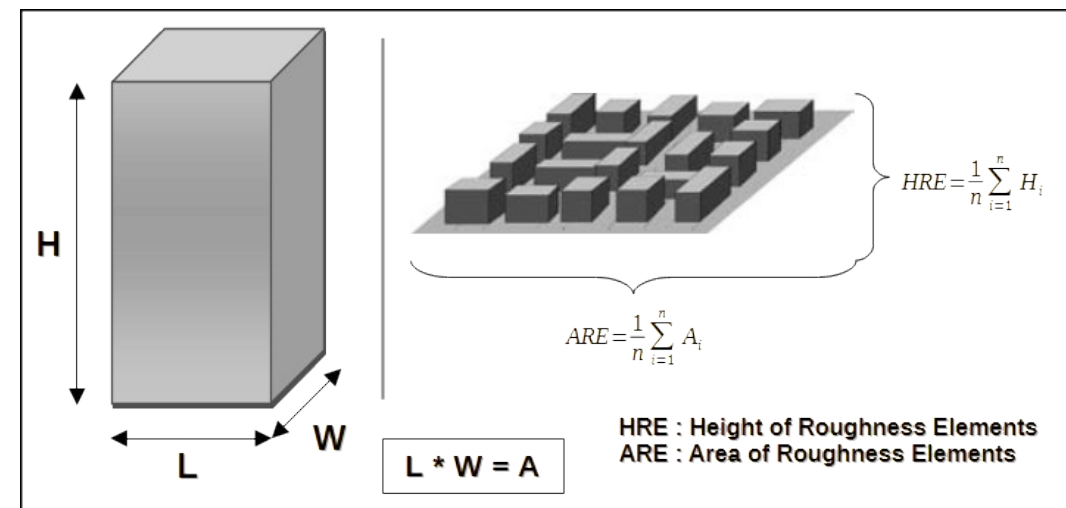
- **BsR** = taux d'occupation de la classe « sol nu perméable »

- **WaR** = taux d'occupation de la classe « surface en eau »

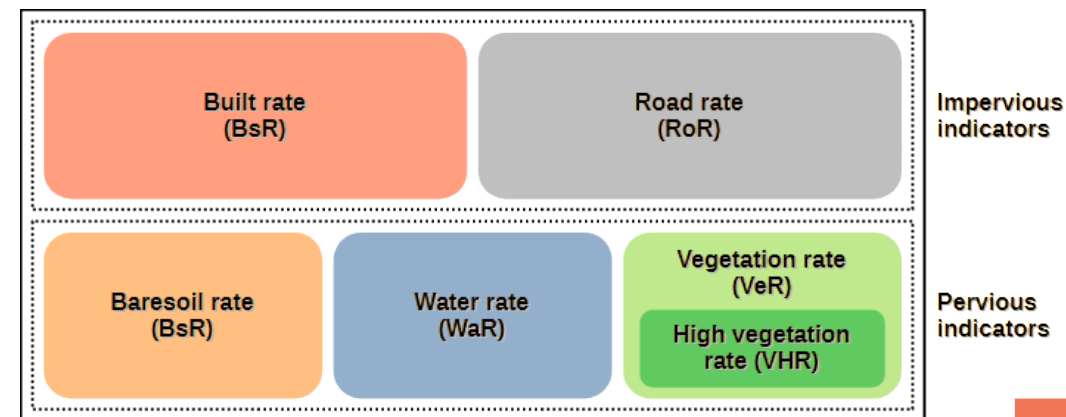
- **VeR** = taux d'occupation des classes « végétations »

- **VHR** = part de végétation arborée sur la végétation globale

⇒ croisement avec la donnée OCS 6 classes



SatLCZ morphological indicators

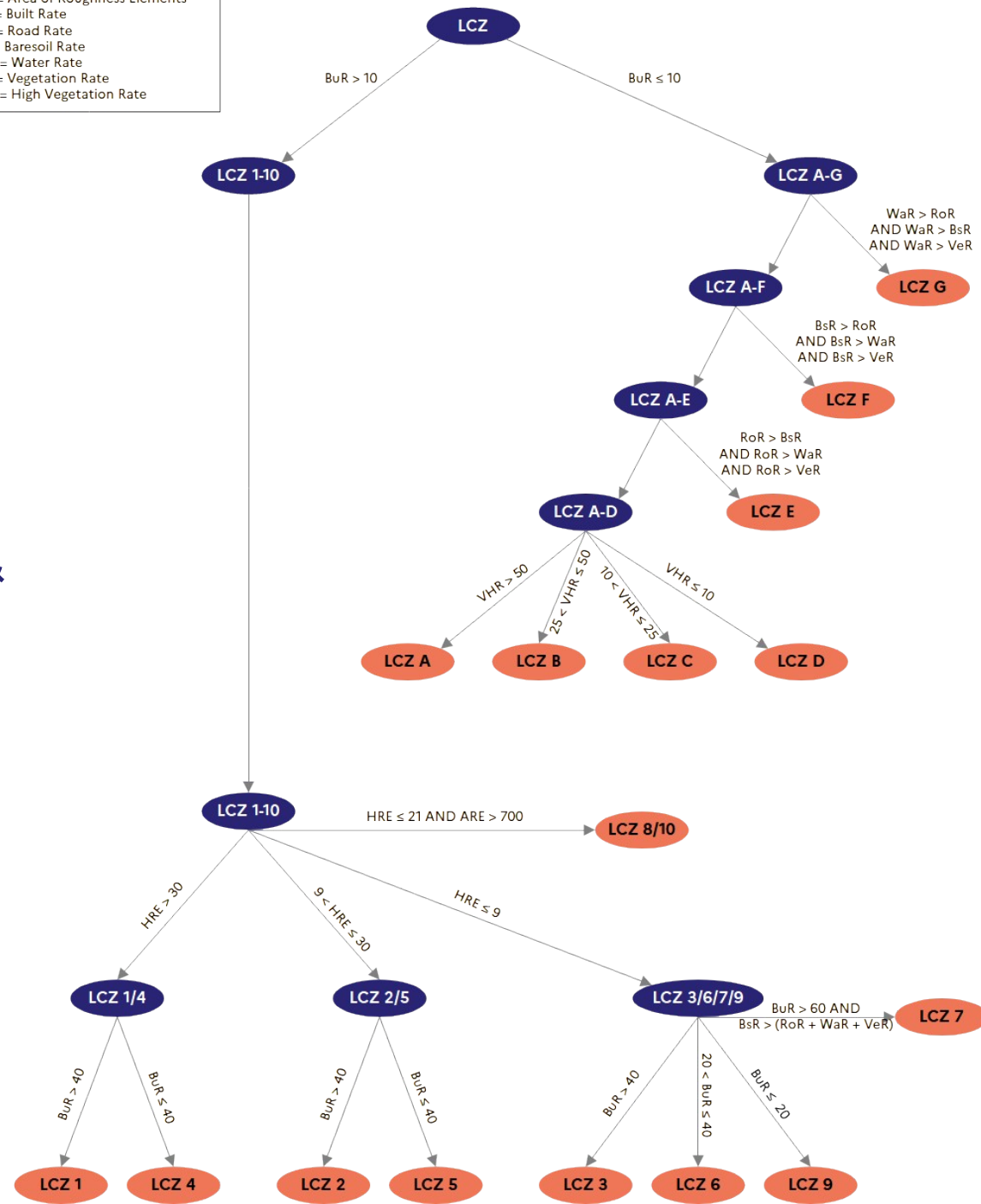


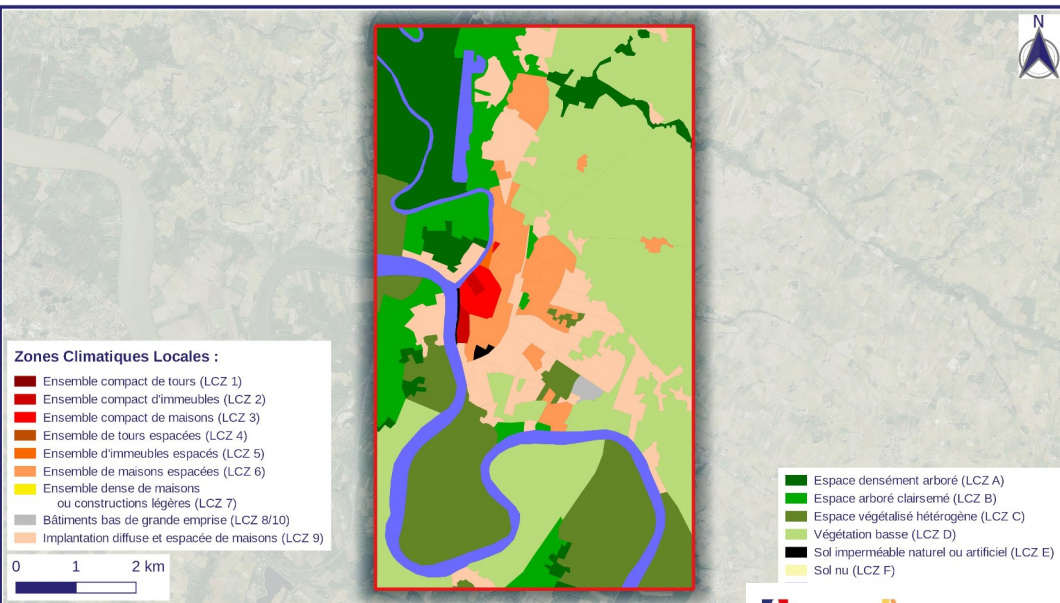
SatLCZ land cover indicators

ABOUTIR À LA CARTE LCZ

- Pour chaque entité de la segmentation morpho :
 - **agrégation des 8 indicateurs** dans le fichier de sortie
 - parcours d'un **arbre de décision pour attribuer une classe LCZ** en fonction des valeurs des indicateurs
- Les seuils des indicateurs du référentiel de Stewart & Oke ont été adaptés pour arriver à un **arbre de décision simplifié** :
 - on regarde les indicateurs les uns après les autres, et non la combinaison de tous
 - les intervalles ont été élargies
 - une branche par typologie LCZ

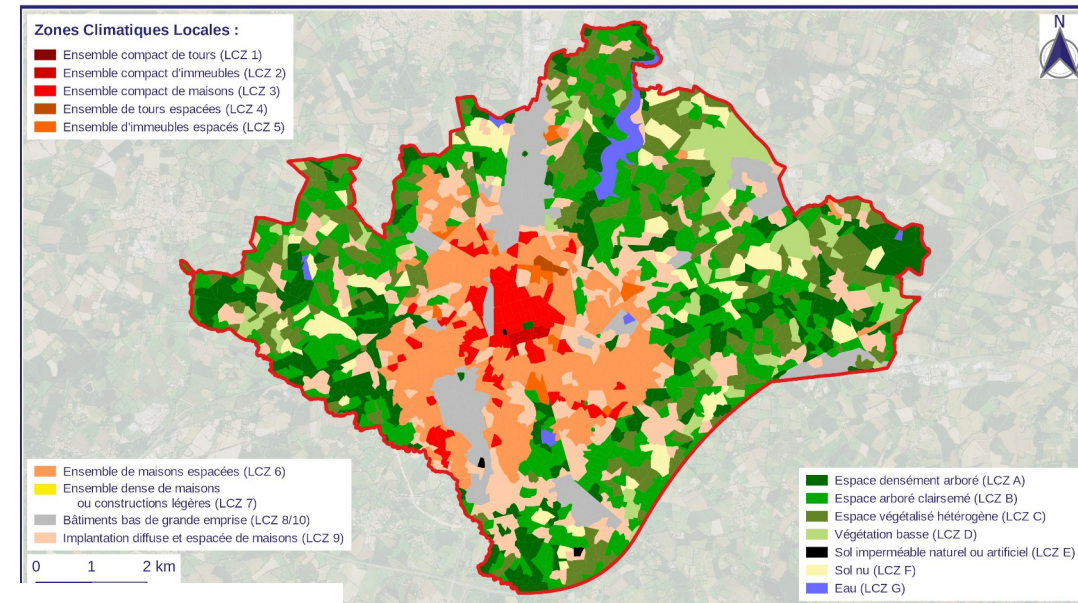
HRE = Height of Roughness Elements
 ARE = Area of Roughness Elements
 BuR = Built Rate
 RoR = Road Rate
 BsR = Baresoil Rate
 WaR = Water Rate
 VeR = Vegetation Rate
 VHR = High Vegetation Rate





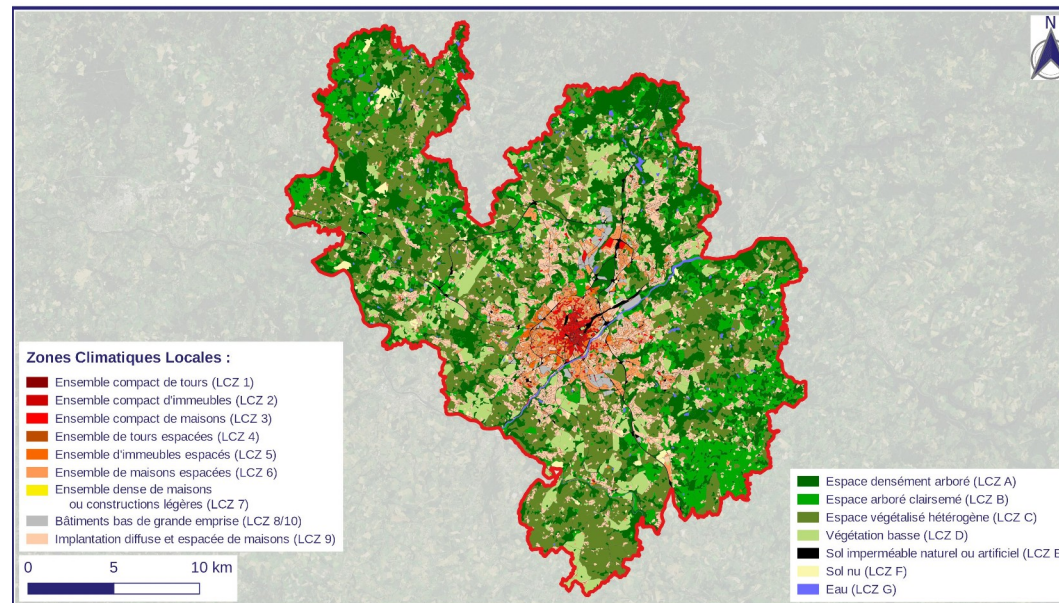
Sources : SPOT © Airbus DS / BD TOPO © IGN / © Cerema

Réalisation : Cerema Occitanie / DT / OSECC (pôle satellite), février 2024



N / © Cerema

(pôle satellite), février 2024



Sources : SPOT © Airbus DS / BD TOPO © IGN / © Cerema

Réalisation : Cerema Occitanie / DT / OSECC (pôle satellite), février 2024

QUELS OUTILS ?

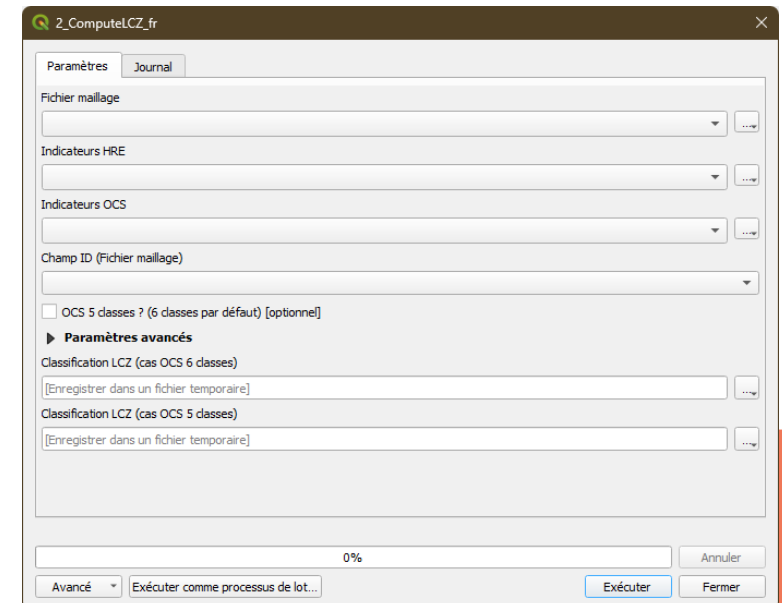
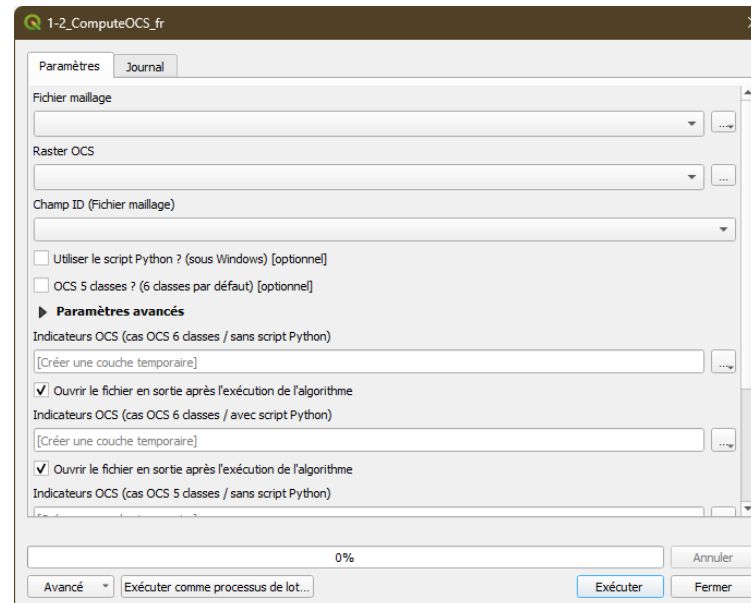
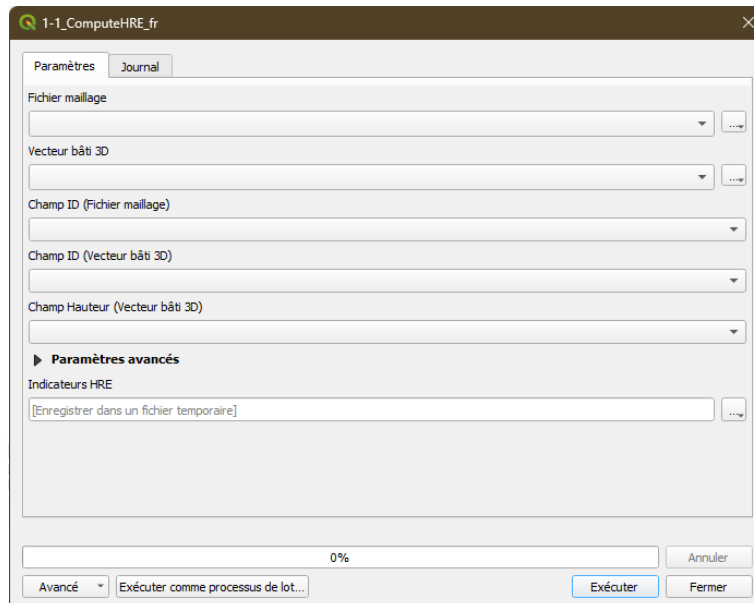


➤ Une chaîne de traitement Python :

- permet le calcul de tous les indicateurs d'origine de Stewart & Oke (hors propriétés thermo-physiques)
- <https://github.com/CEREMA/dterocc.chaineTraitement.traitementImageSatelliteEtIndicateursDerives>

➤ Des modeleurs QGIS :

- développés spécifiquement pour le projet SCO SatLCZ (et basés sur PostGIS)
- <https://github.com/CEREMA/dterocc.modeleursQgis3.classificationLCZ>

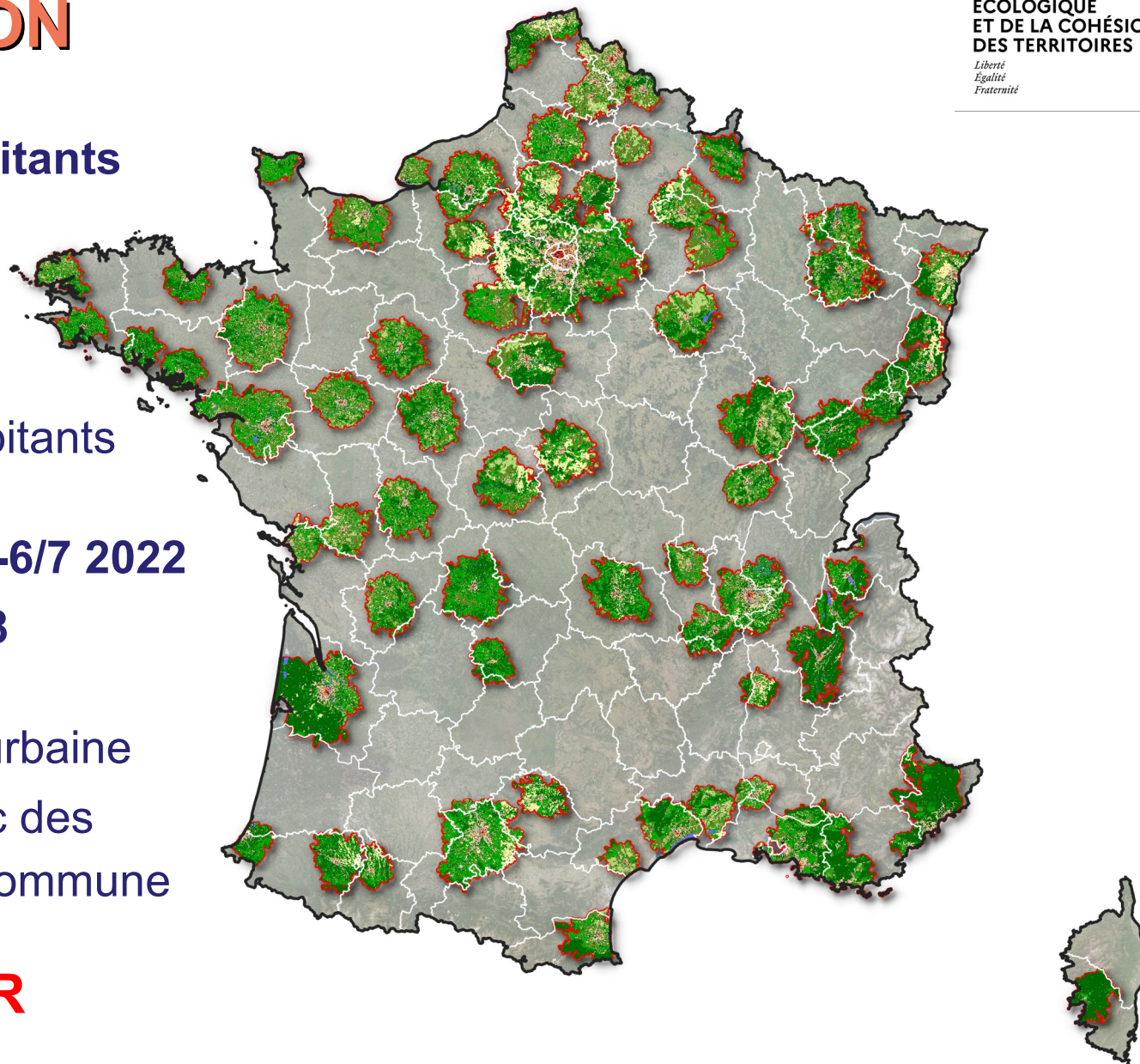


Production nationale de données LCZ



RÉSUMÉ DE LA PRODUCTION

- **83 aires urbaines de plus de 50 000 habitants**
 - = 11 500 communes (/ 34 826)
 - = 151 000 km² (/ 550 000 km²)
 - = 42 M habitants (/ 65 M habitants)dont 114 communes de plus de 50 000 habitants
- Basée sur la **couverture nationale SPOT-6/7 2022**
- Basée sur la **géométrie Urban Atlas 2018**
- Téléchargeable sur data.gouv.fr, par aire urbaine
- Visualisable sur cartagene.cerema.fr, avec des statistiques de répartition surfacique par commune



Classification Local Climate Zones

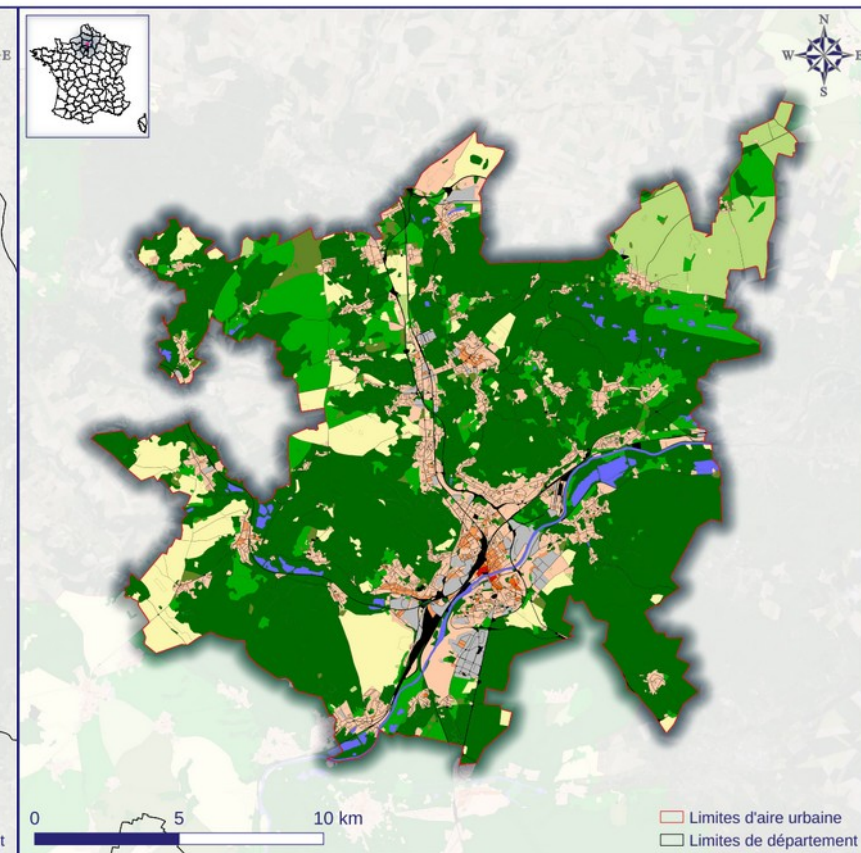
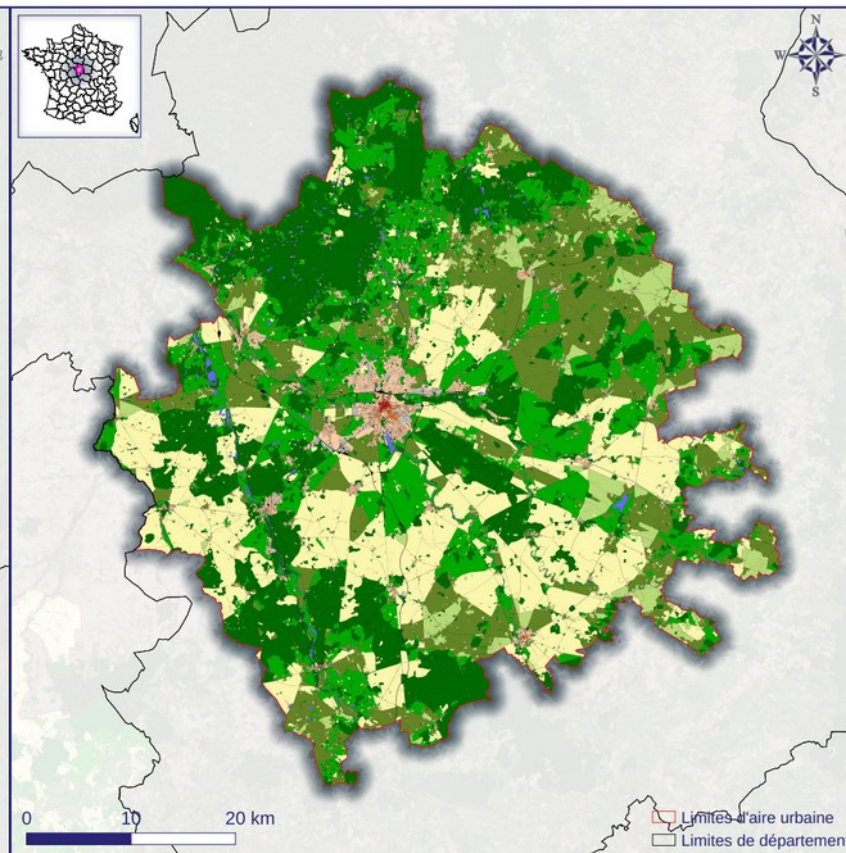
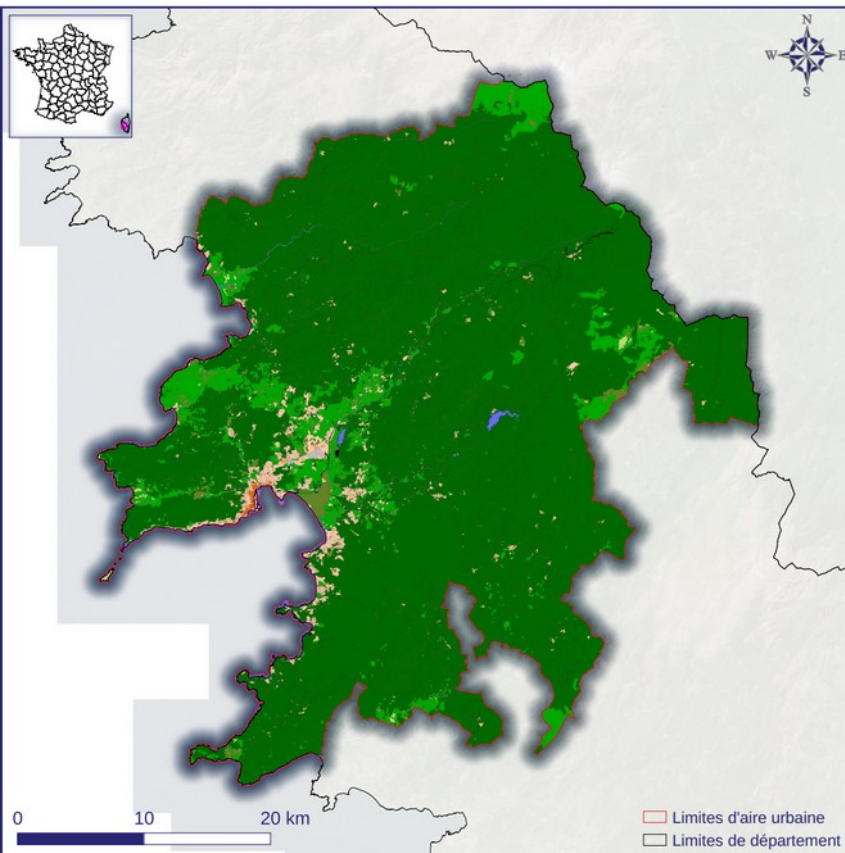
Aire urbaine de Ajaccio

Classification Local Climate Zones

Aire urbaine de Bourges

Classification Local Climate Zones

Aire urbaine de Creil



Typologie LCZ :

- Ensemble compact de tours (LCZ 1)
- Ensemble compact d'immeubles (LCZ 2)
- Ensemble compact de maisons (LCZ 3)
- Ensemble de tours espacées (LCZ 4)
- Ensemble d'immeubles espacés (LCZ 5)
- Ensemble de maisons espacées (LCZ 6)
- Bâtiments bas de grande emprise (LCZ 8)
- Implantation diffuse de maisons (LCZ 9)

- Espace densément arboré (LCZ A)
- Espace arboré clairsemé (LCZ B)
- Espace végétalisé hétérogène (LCZ C)
- Végétation basse (LCZ D)
- Sol imperméable naturel ou artificiel (LCZ E)
- Sol nu perméable (LCZ F)
- Surface en eau (LCZ G)

Sources : SPOT © Airbus DS, BD TOPO © IGN, Urban Atlas © EEA, © Cerema
Réalisation : Cerema Occitanie / DT / OSECC (pôle satellite), juin 2024

Typologie LCZ :

- Ensemble compact de tours (LCZ 1)
- Ensemble compact d'immeubles (LCZ 2)
- Ensemble compact de maisons (LCZ 3)
- Ensemble de tours espacées (LCZ 4)
- Ensemble d'immeubles espacés (LCZ 5)
- Ensemble de maisons espacées (LCZ 6)
- Bâtiments bas de grande emprise (LCZ 8)
- Implantation diffuse de maisons (LCZ 9)

- Espace densément arboré (LCZ A)
- Espace arboré clairsemé (LCZ B)
- Espace végétalisé hétérogène (LCZ C)
- Végétation basse (LCZ D)
- Sol imperméable naturel ou artificiel (LCZ E)
- Sol nu perméable (LCZ F)
- Surface en eau (LCZ G)

Sources : SPOT © Airbus DS, BD TOPO © IGN, Urban Atlas © EEA, © Cerema
Réalisation : Cerema Occitanie / DT / OSECC (pôle satellite), juin 2024

Typologie LCZ :

- Ensemble compact de tours (LCZ 1)
- Ensemble compact d'immeubles (LCZ 2)
- Ensemble compact de maisons (LCZ 3)
- Ensemble de tours espacées (LCZ 4)
- Ensemble d'immeubles espacés (LCZ 5)
- Ensemble de maisons espacées (LCZ 6)
- Bâtiments bas de grande emprise (LCZ 8)
- Implantation diffuse de maisons (LCZ 9)

- Espace densément arboré (LCZ A)
- Espace arboré clairsemé (LCZ B)
- Espace végétalisé hétérogène (LCZ C)
- Végétation basse (LCZ D)
- Sol imperméable naturel ou artificiel (LCZ E)
- Sol nu perméable (LCZ F)
- Surface en eau (LCZ G)

Sources : SPOT © Airbus DS, BD TOPO © IGN, Urban Atlas © EEA, © Cerema
Réalisation : Cerema Occitanie / DT / OSECC (pôle satellite), juin 2024

Classification Local Climate Zones

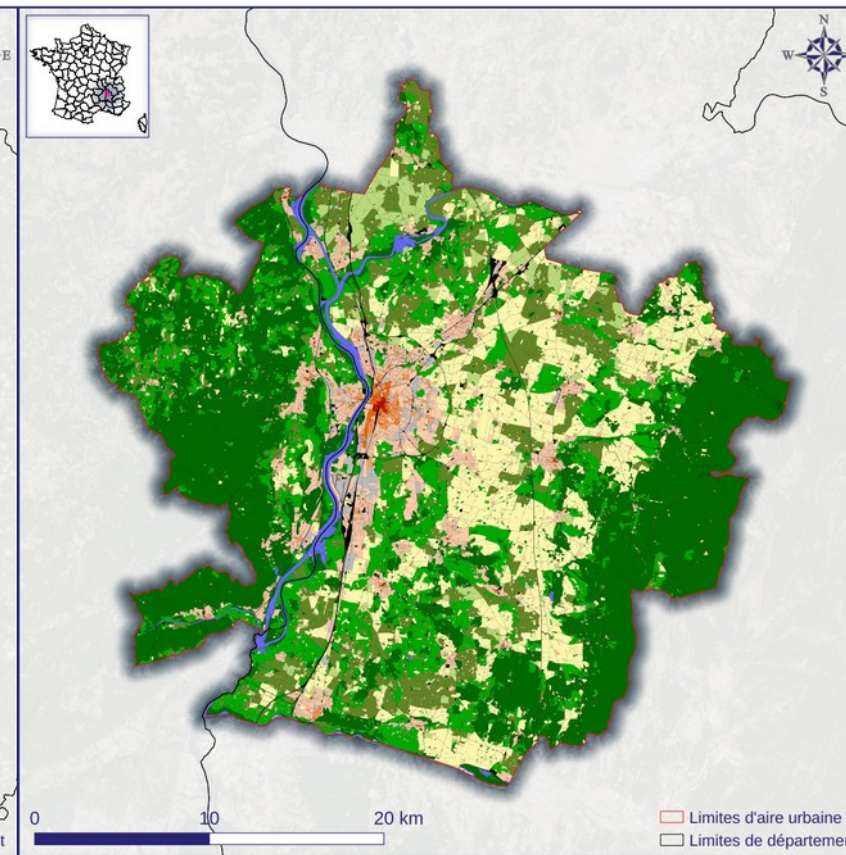
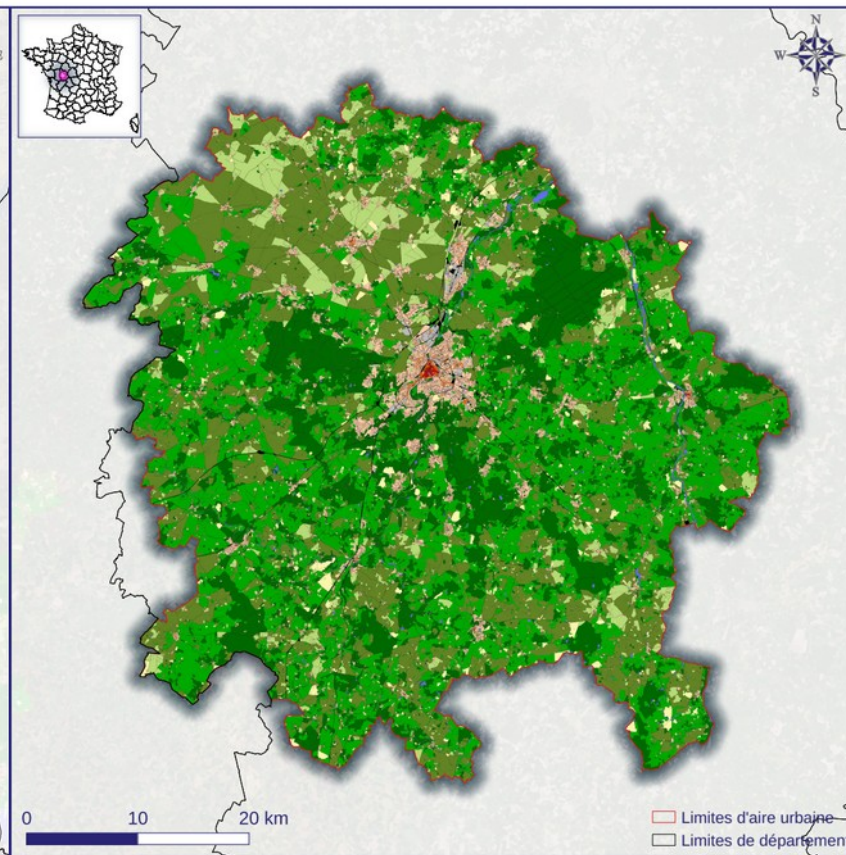
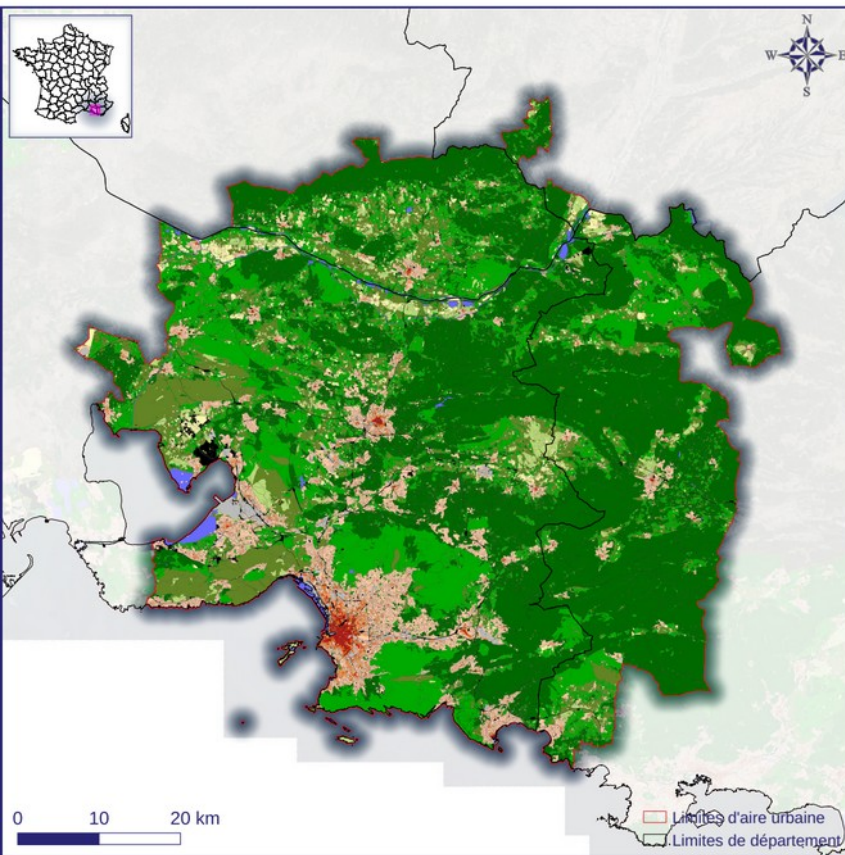
Aire urbaine de Marseille

Classification Local Climate Zones

Aire urbaine de Poitiers

Classification Local Climate Zones

Aire urbaine de Valence



Typologie LCZ :

- Ensemble compact de tours (LCZ 1)
- Ensemble compact d'immeubles (LCZ 2)
- Ensemble compact de maisons (LCZ 3)
- Ensemble de tours espacées (LCZ 4)
- Ensemble d'immeubles espacés (LCZ 5)
- Ensemble de maisons espacées (LCZ 6)
- Bâtiments bas de grande emprise (LCZ 8)
- Implantation diffuse de maisons (LCZ 9)

- Espace densément arboré (LCZ A)
- Espace arboré clairsemé (LCZ B)
- Espace végétalisé hétérogène (LCZ C)
- Végétation basse (LCZ D)
- Sol imperméable naturel ou artificiel (LCZ E)
- Sol nu perméable (LCZ F)
- Surface en eau (LCZ G)

Sources : SPOT © Airbus DS, BD TOPO © IGN, Urban Atlas © EEA, © Cerema
Réalisation : Cerema Occitanie / DT / OSECC (pôle satellite), juin 2024

Typologie LCZ :

- Ensemble compact de tours (LCZ 1)
- Ensemble compact d'immeubles (LCZ 2)
- Ensemble compact de maisons (LCZ 3)
- Ensemble de tours espacées (LCZ 4)
- Ensemble d'immeubles espacés (LCZ 5)
- Ensemble de maisons espacées (LCZ 6)
- Bâtiments bas de grande emprise (LCZ 8)
- Implantation diffuse de maisons (LCZ 9)

- Espace densément arboré (LCZ A)
- Espace arboré clairsemé (LCZ B)
- Espace végétalisé hétérogène (LCZ C)
- Végétation basse (LCZ D)
- Sol imperméable naturel ou artificiel (LCZ E)
- Sol nu perméable (LCZ F)
- Surface en eau (LCZ G)

Sources : SPOT © Airbus DS, BD TOPO © IGN, Urban Atlas © EEA, © Cerema
Réalisation : Cerema Occitanie / DT / OSECC (pôle satellite), juin 2024

Typologie LCZ :

- Ensemble compact de tours (LCZ 1)
- Ensemble compact d'immeubles (LCZ 2)
- Ensemble compact de maisons (LCZ 3)
- Ensemble de tours espacées (LCZ 4)
- Ensemble d'immeubles espacés (LCZ 5)
- Ensemble de maisons espacées (LCZ 6)
- Bâtiments bas de grande emprise (LCZ 8)
- Implantation diffuse de maisons (LCZ 9)

- Espace densément arboré (LCZ A)
- Espace arboré clairsemé (LCZ B)
- Espace végétalisé hétérogène (LCZ C)
- Végétation basse (LCZ D)
- Sol imperméable naturel ou artificiel (LCZ E)
- Sol nu perméable (LCZ F)
- Surface en eau (LCZ G)

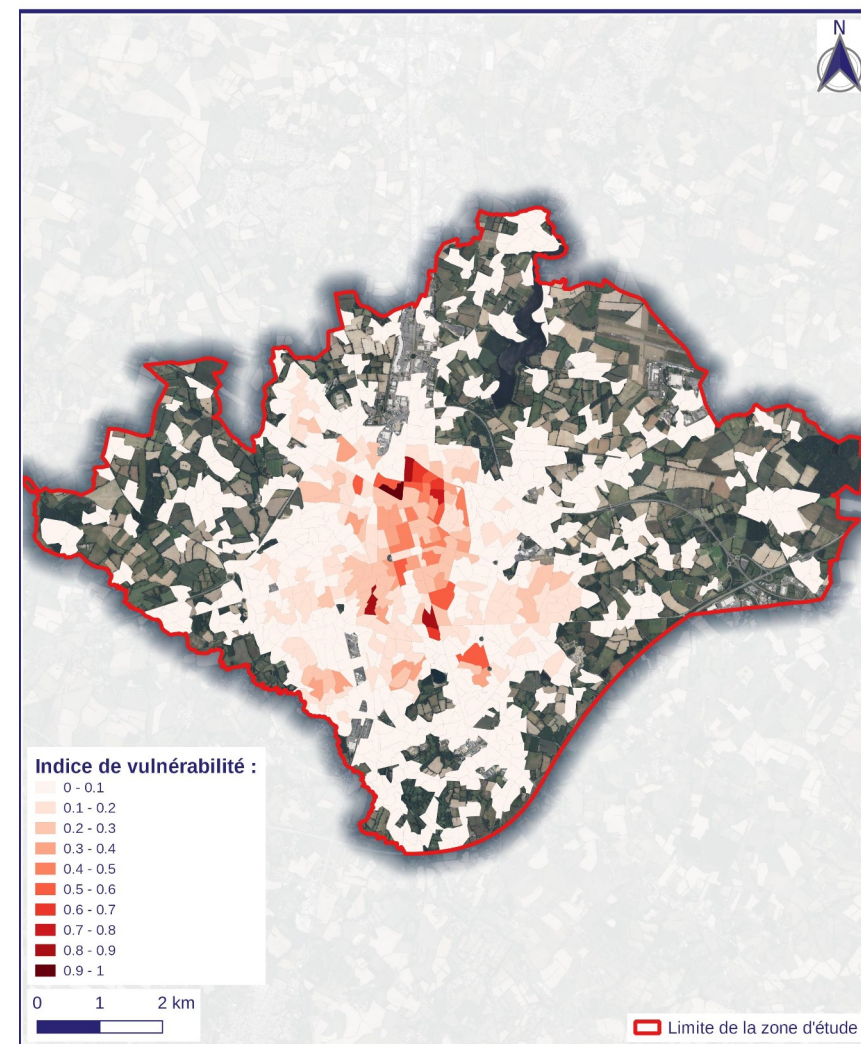
Sources : SPOT © Airbus DS, BD TOPO © IGN, Urban Atlas © EEA, © Cerema
Réalisation : Cerema Occitanie / DT / OSECC (pôle satellite), juin 2024

Pour aller plus loin...



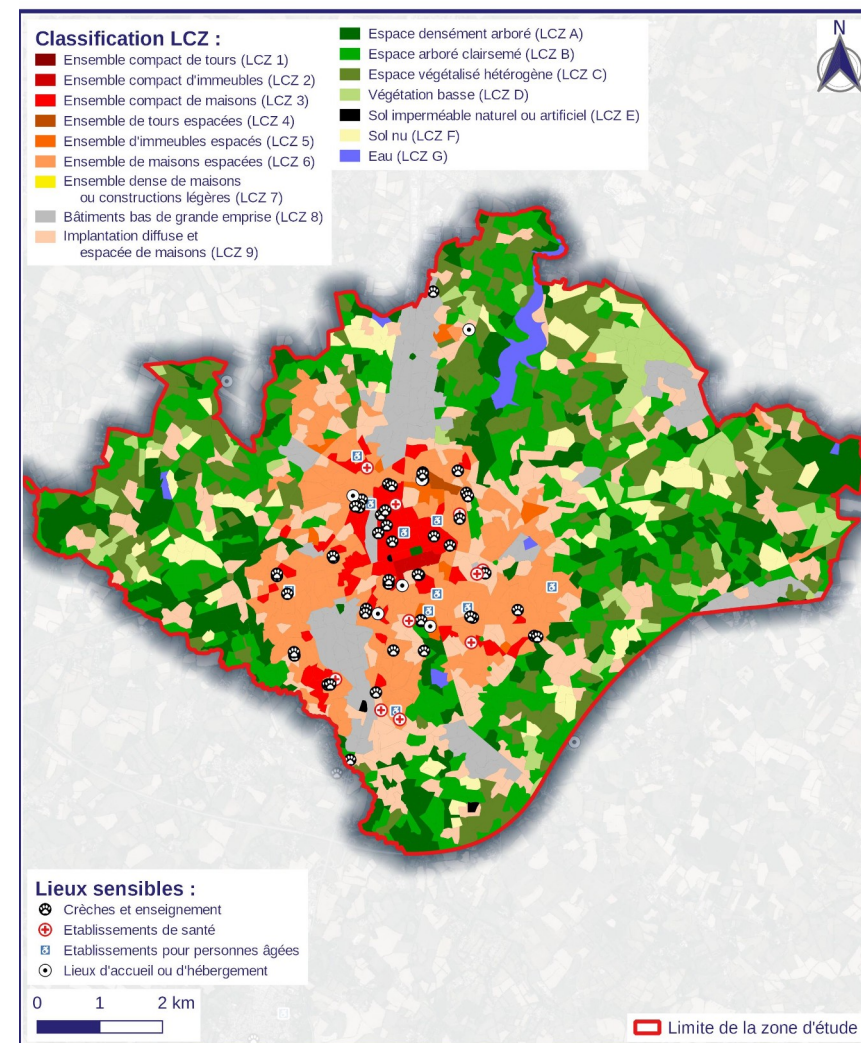
ÉTUDE DE LA VULNÉRABILITÉ SOCIO-ÉCONOMIQUE

- Localiser les secteurs concentrant le plus grand nombre de personnes vulnérables (= enfants de moins de 5 ans + personnes âgées de plus de 65 ans + ménages pauvres)
- Utilisation de la couche FiLoSoFi de l'INSEE : agrégation/désagrégation à l'échelle du bâtiment puis du maillage LCZ, normalisation de la donnée
- Mise en parallèle avec carto LCZ (aléa) pour **mettre en évidence les secteurs les plus à risque** : fort aléa (typologie LCZ sensible) + forte vulnérabilité (valeur de l'indice)



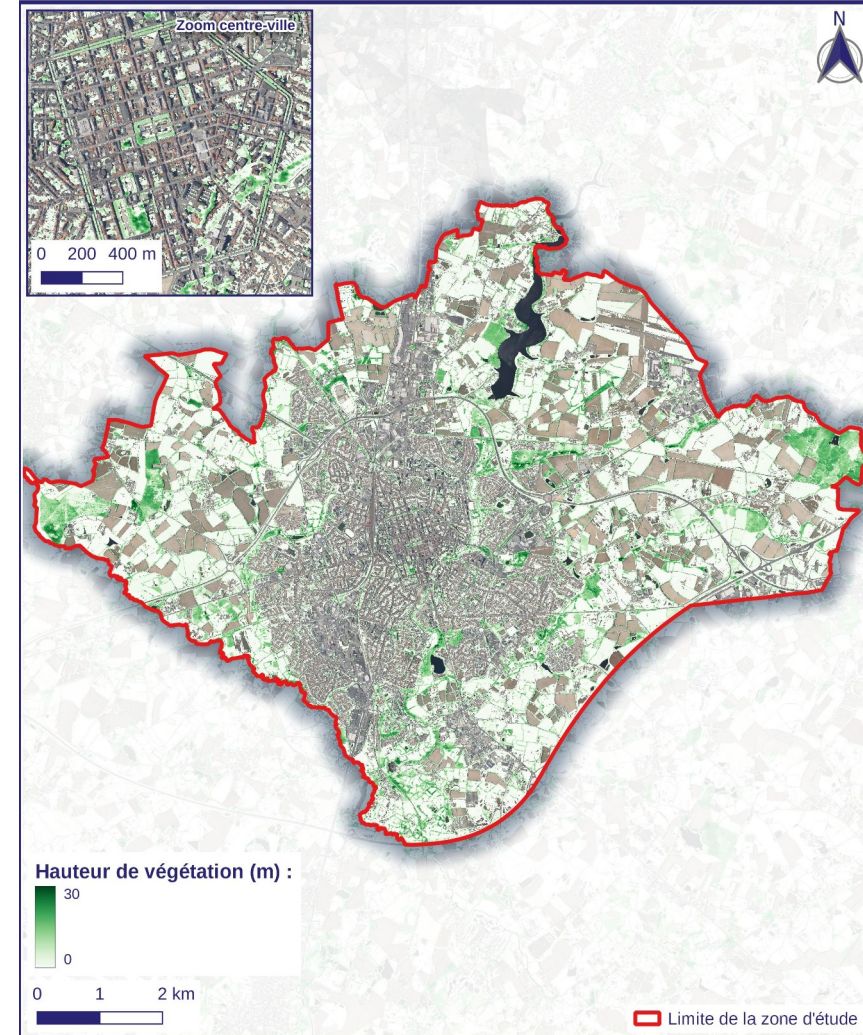
ÉTUDE DE LA VULNÉRABILITÉ DES LIEUX SENSIBLES

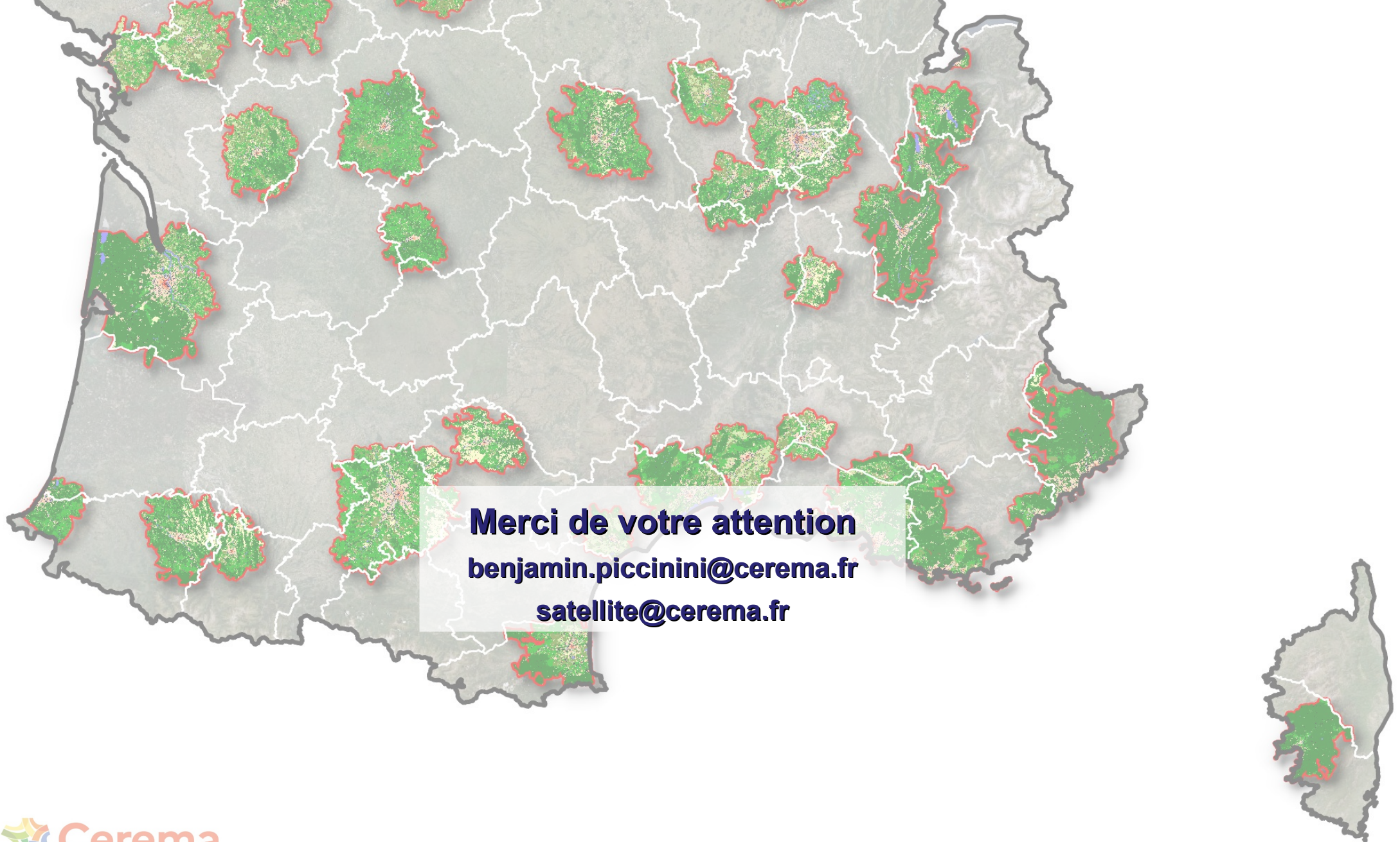
- Localiser les établissements pouvant accueillir un public vulnérable aux canicules (crèches, écoles primaires et secondaires, hôpitaux, EHPAD, centres médico-sociaux...)
- Utilisation de la couche ERP de la BD TOPO
 - ! liste non-exhaustive (notamment écoles) !
 - ! problèmes de géoréférencement !
- Utilisation de données fournies par les collectivités
- Superposition avec la carte LCZ (aléa) pour mettre en évidence les lieux les plus à risque



ÉTUDE DE LA HAUTEUR DE VÉGÉTATION

- **Issue de l'imagerie satellite** (+ donnée 3D pour obtenir l'information de hauteur) :
 - information objective = photographie du territoire
 - information exhaustive = sur tout le territoire
 - mais information à un instant t (possibles évolutions depuis)
- Permet de **détecter de façon relativement fine la végétation**, notamment en milieu urbain (haies, arbres isolés, jardins privés...)
- Permet de **faire un suivi de l'évolution de la végétation**





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