

THERMOCITY

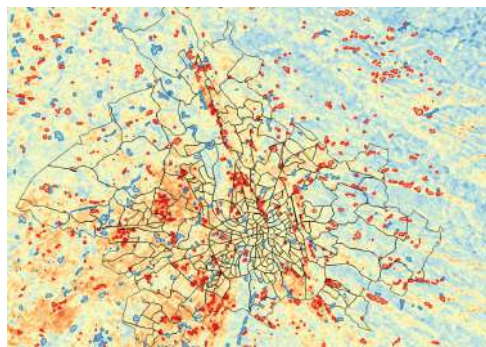
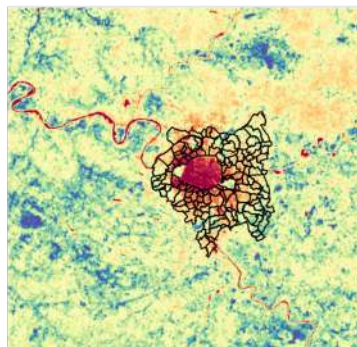
LA THERMIQUE DE LA VILLE DEPUIS L'ESPACE



13/06/2023

Séminaire OpenIG

Vincent Lonjou, CNES



LesEchos

Canicule : comment les villes innovent face aux vagues de chaleur

Eyon, Paris, Nantes, Bordeaux, Nice... les agglomérations françaises multiplient les initiatives pour lutter contre les vagues de chaleur de plus en plus fréquentes.

Les températures d'affût et les vagues de chaleur. En cause : les fortes vagues de chaleur, les bâtiments qui emprisonnent la chaleur et les canicules estivales, souvent les...

La France a connu une surmortalité en juillet, "vraisemblablement" due à la vague de chaleur, selon l'Insee

D'après des données provisoires, le nombre de décès moyen par jour atteint 2 750 en juillet, après 2 550 en juin, écrit l'institut.

Equipements, process, temps de travail... Comment les entreprises comptent relever le défi de la sobriété énergétique

La Première ministre Elisabeth Borne a appelé toutes les entreprises à se doter d'un plan de sobriété d'ici à la fin du mois de septembre. Les industriels se mettent en ordre de bataille, avec des pressions plus ou moins pressées pour économiser l'électricité et le gaz.

6 septembre 2022 à 14h19
Durée de lecture : 1 minute

En bref - Climat

La canicule a causé « vraisemblablement » 11 000 morts en France

LE FIGARO MAGAZINE

SPECIAL HOMME 20 PAGES ON-STYLE

RECHAUFFEMENT COMMENT VIVRONS-NOUS DANS DIX ANS

FOOD COURT, SOCIÉTÉ, FORTUNE, BYOB & QUI VA CHANGER

En juillet et août, les températures de Toulouse ont été les mêmes qu'à Athènes !

Toulouse

Publié le 04/09/2022 à 11:00... lire le 04/09/2022 à 11:00

Les températures ont atteint des records cet été. Selon le premier bilan des relevés météorologiques, les conditions climatiques ont été les mêmes à Toulouse et à Athènes, en Grèce. Explications avec le météorologue Pascal Bourou.

Courrier International

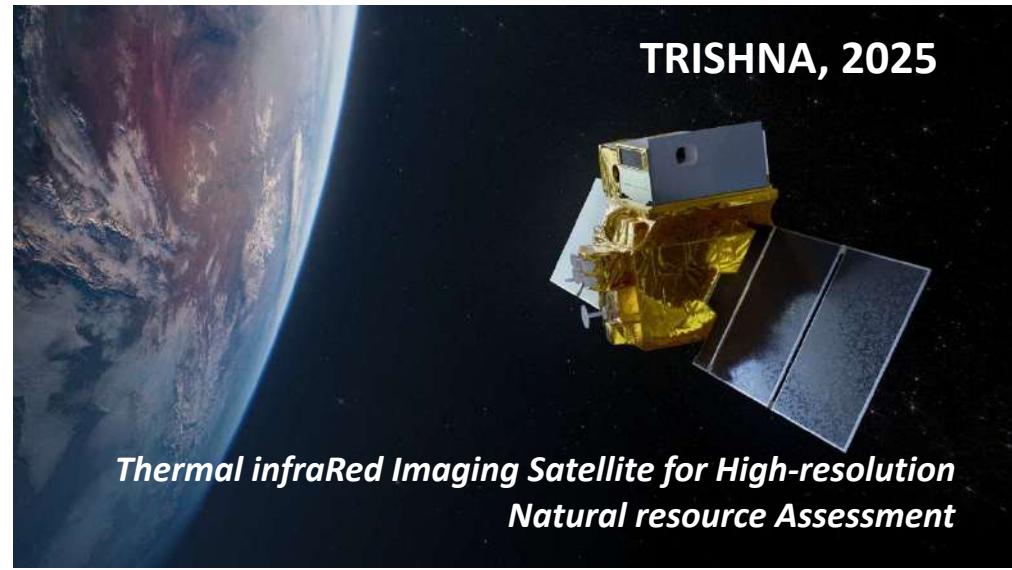
SCIENCE ET ENVIRONNEMENT • CHUÈRE • CANICULE

Verbatim. La vague de chaleur que subit la Chine est la pire jamais enregistrée dans le monde

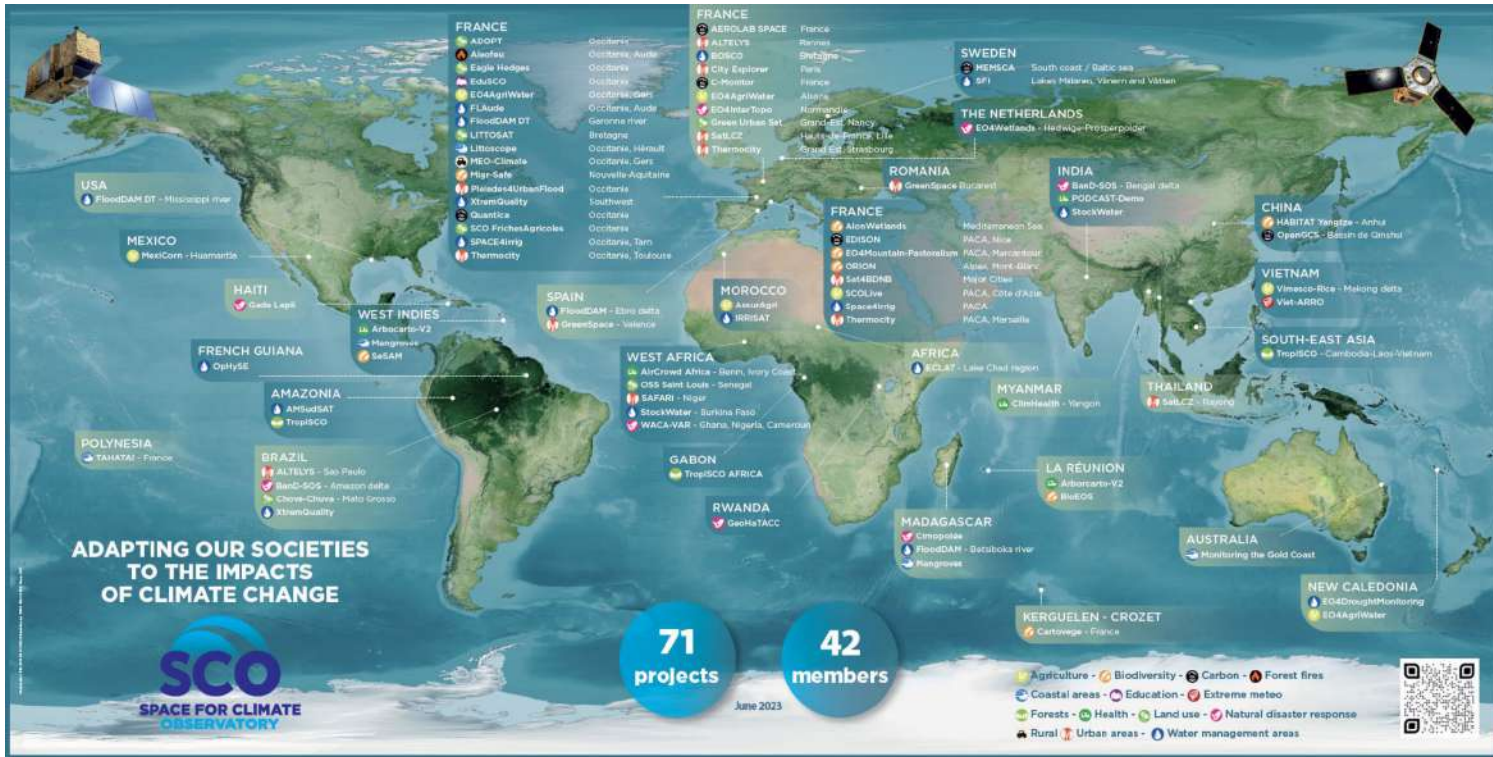
Des températures extrêmes touchent une grande partie du pays depuis des semaines. Du jamais vu, a expliqué au magazine "New Scientist" Maximiliano Herrera, historien qui suit les températures extrêmes dans le monde.

Les plus lus

- 1 **Corruption** : De Turquie, les républiques d'un milliard plongent le parti d' Erdogan dans la tourmente
- 2 **Haïtiano de zombis** : CRÉ-gec, une identité en perdition
- 3 **Diplomatie** : Le Maroc conçoit un accord sur le dossier du Sahara occidental
- 4 **Intelligence** : Peut-il parvenir un véritable transfert de substitution ?

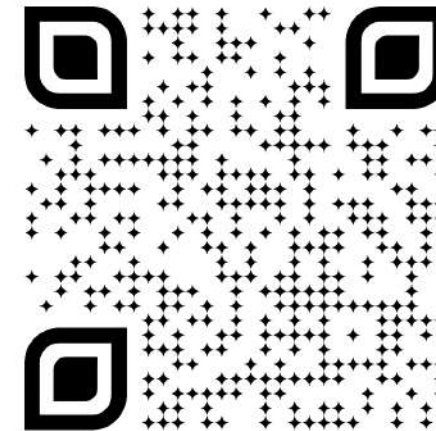


Space for Climate Observatory



Space for Climate Observatory in a nutshell

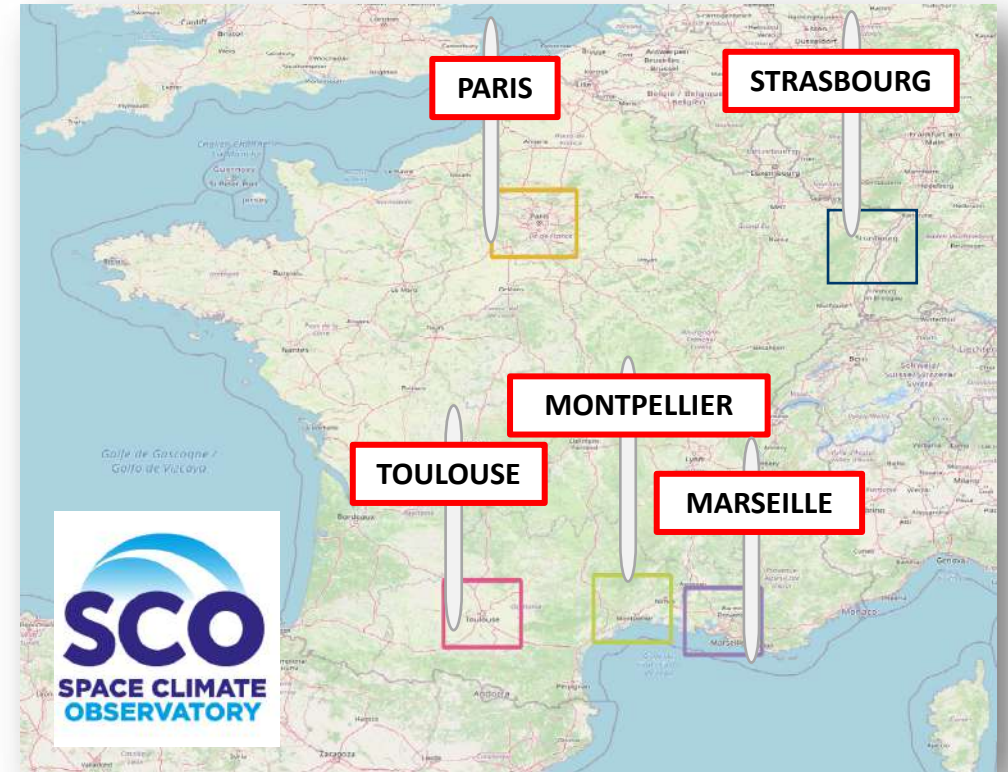
- Programme CNES visant à promouvoir les données spatiales dans la lutte et l'adaptation au changement climatique
- Premiers projets lancés en 2020, 1 AAP / an
- 71 projets terminés ou en cours



<https://www.spaceclimateobservatory.org/fr>

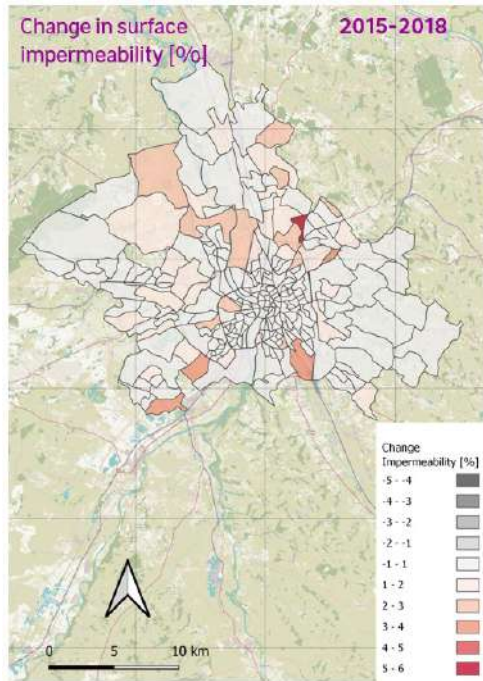
THERMOCITY (2020-2022)

- Répondre à la problématique de l'adaptation des villes dans un contexte de changement climatique
- Mesure directe de température de surface en ville
- Simulation de climat urbain
- Consultation des utilisateurs
- Produits dérivés et rapport d'étude en libre accès

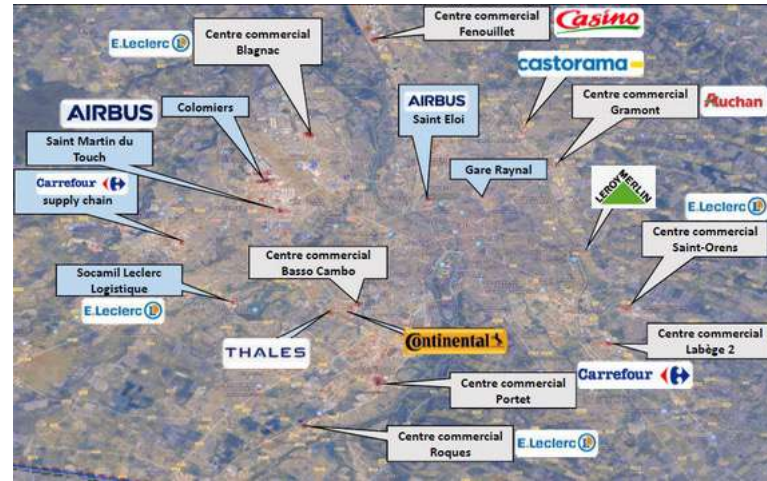


THERMOCITY : 3 axes de travail définis avec les métropoles

Evolution imperméabilité artificialisation
caractérisation de la végétation en ville

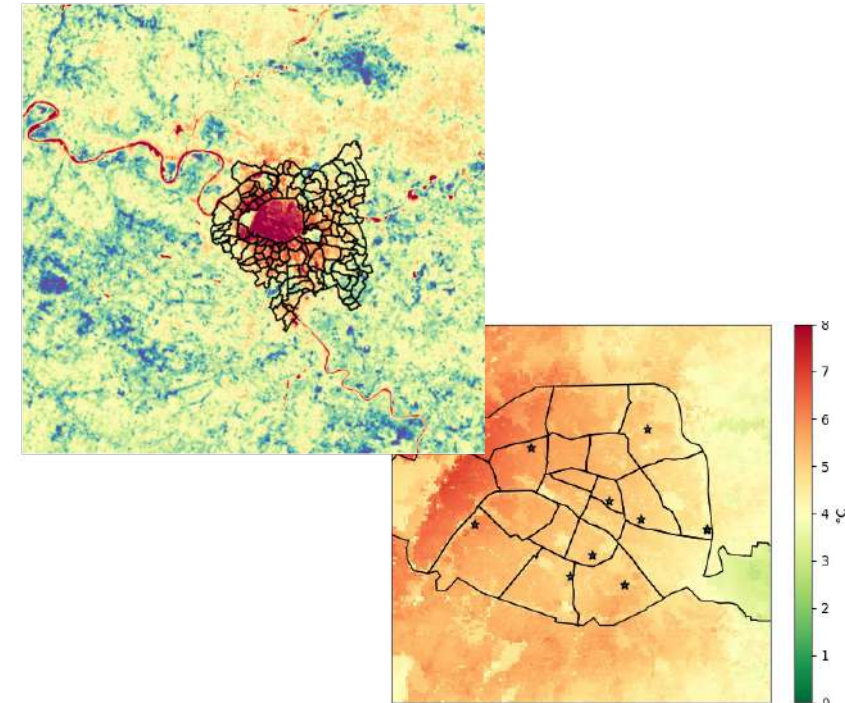


Anomalies thermiques



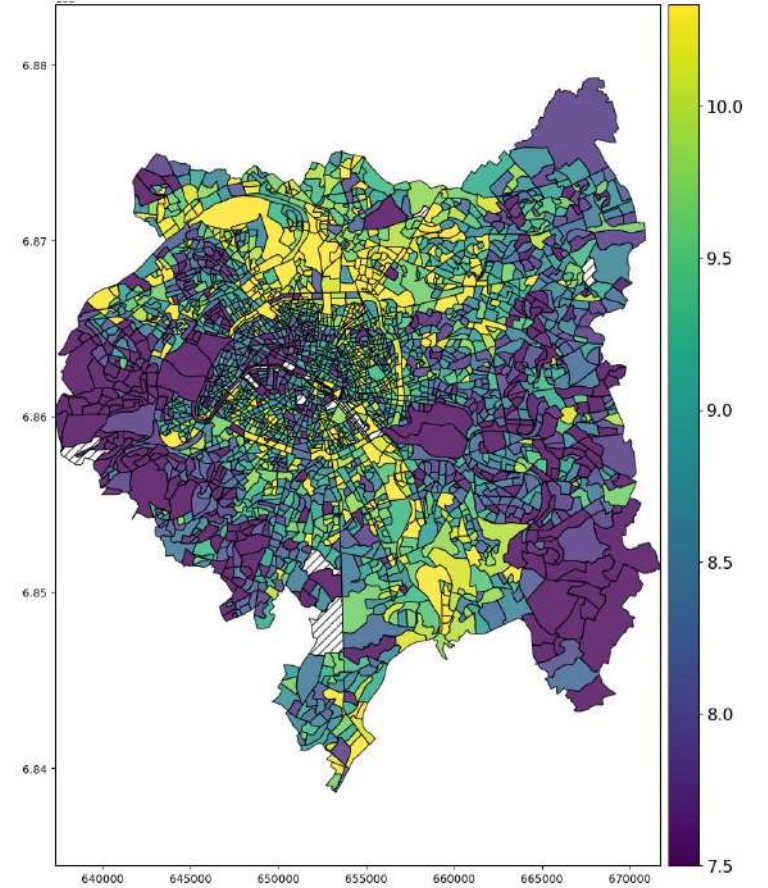
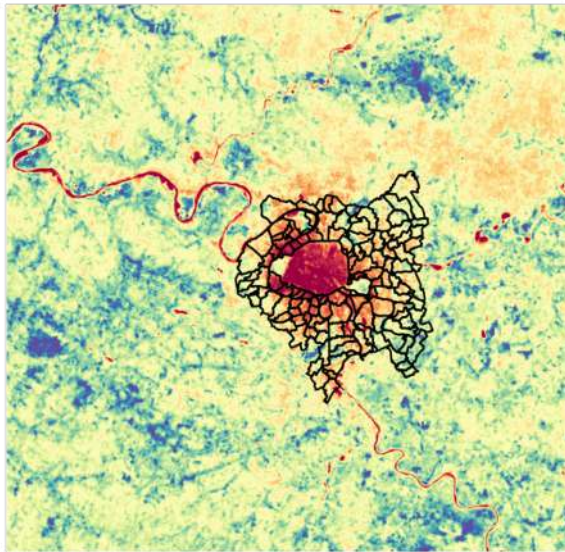
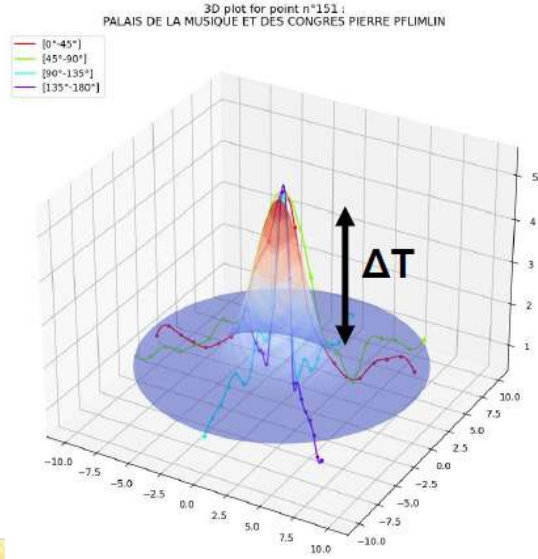
Ilots de chaleur urbains (de surface)

Température de surface vue par ECOSTRESS à Paris le 2019-07-15 à 23h

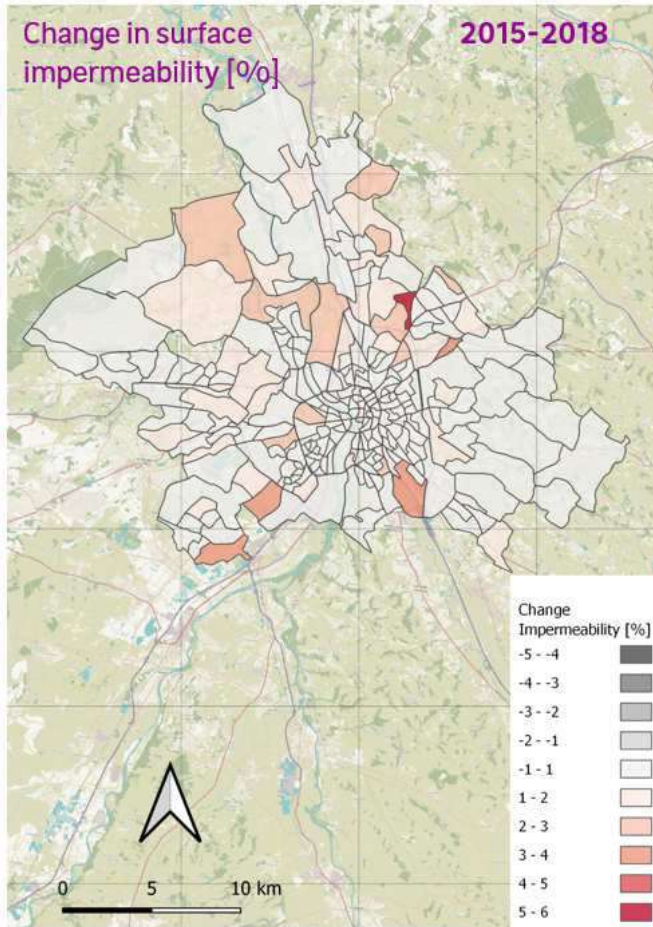


ICU Paris le 19/06/2019 à 1h
Modélisation climatique

THERMOCITY : principaux résultats



Evolution imperméabilité/artificialisation, caractérisation de la végétation en ville



Suivi plus régulier à la demande
Focus végétation

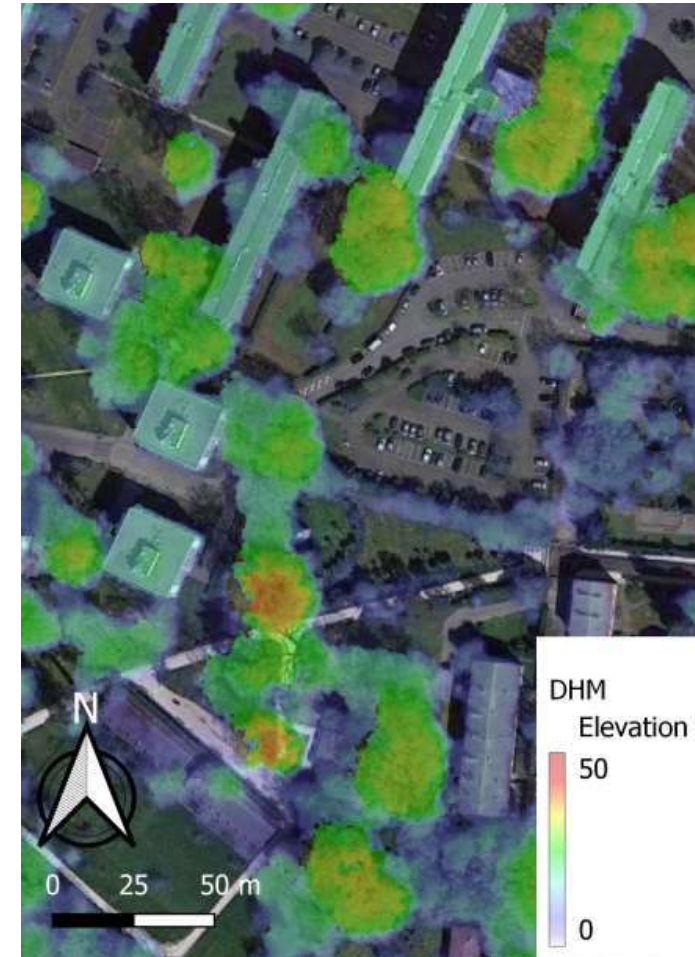


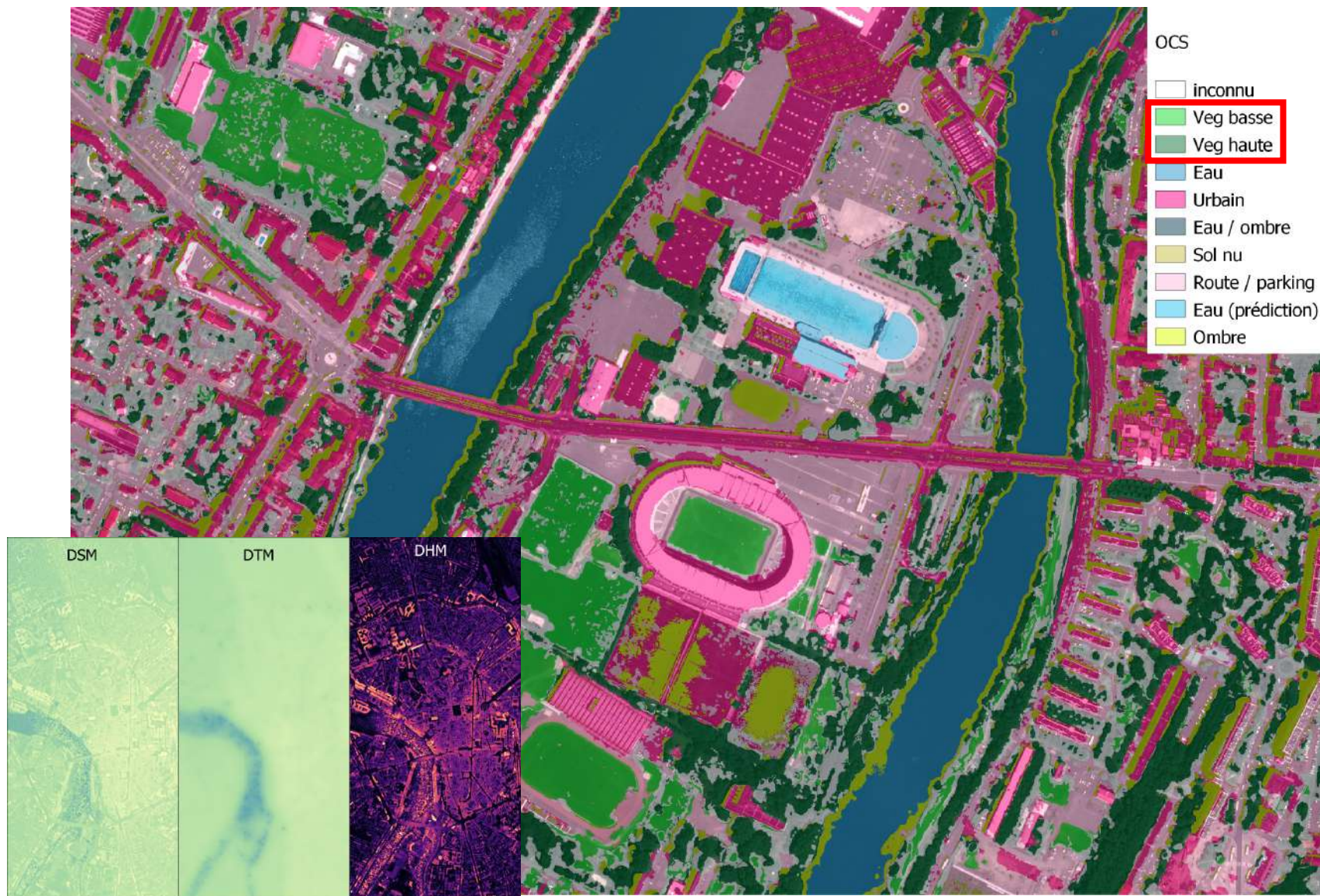
Tableau de bord « variation d'imperméabilité »
Basé sur Copernicus Imperviousness (10m)

Solution basée sur des images très haute résolution / stéréo

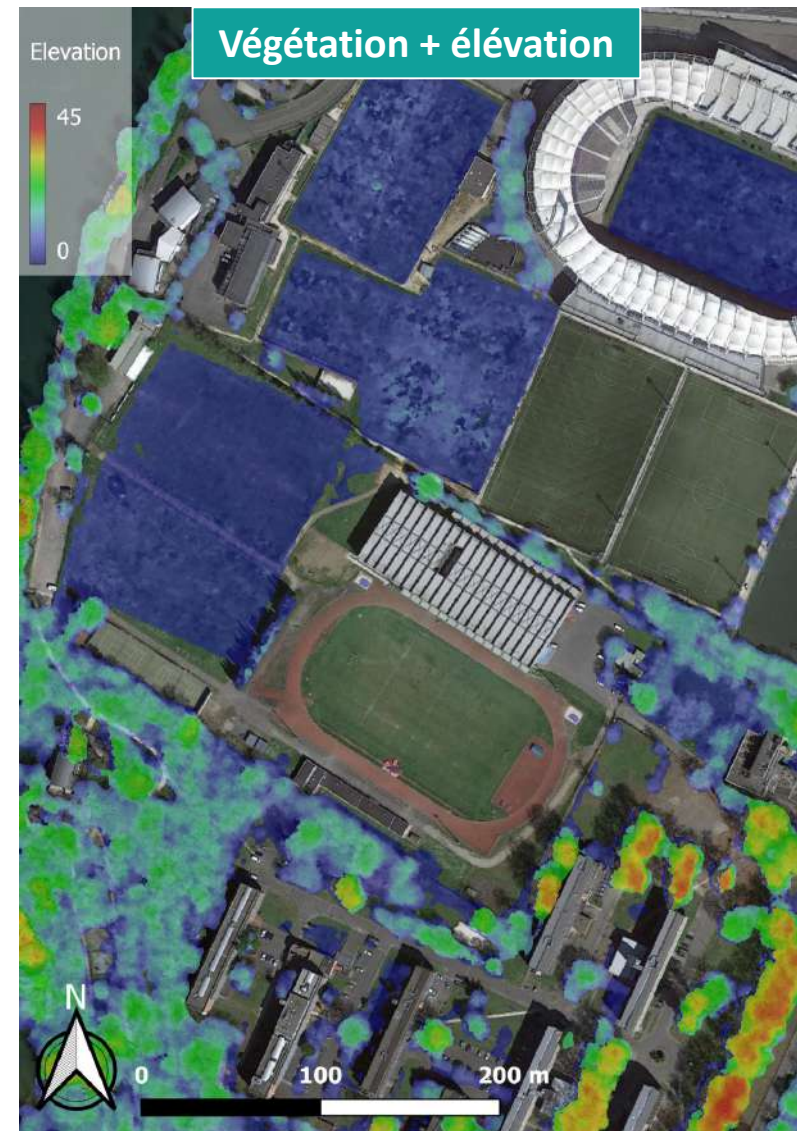
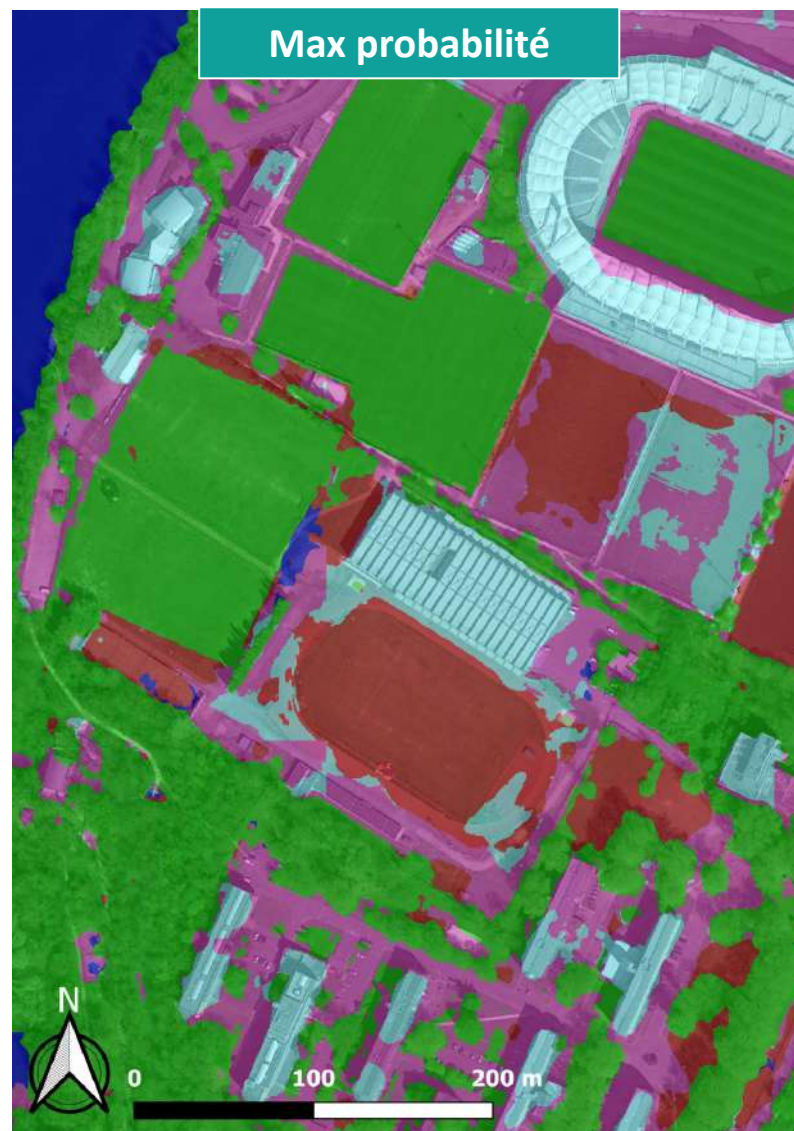
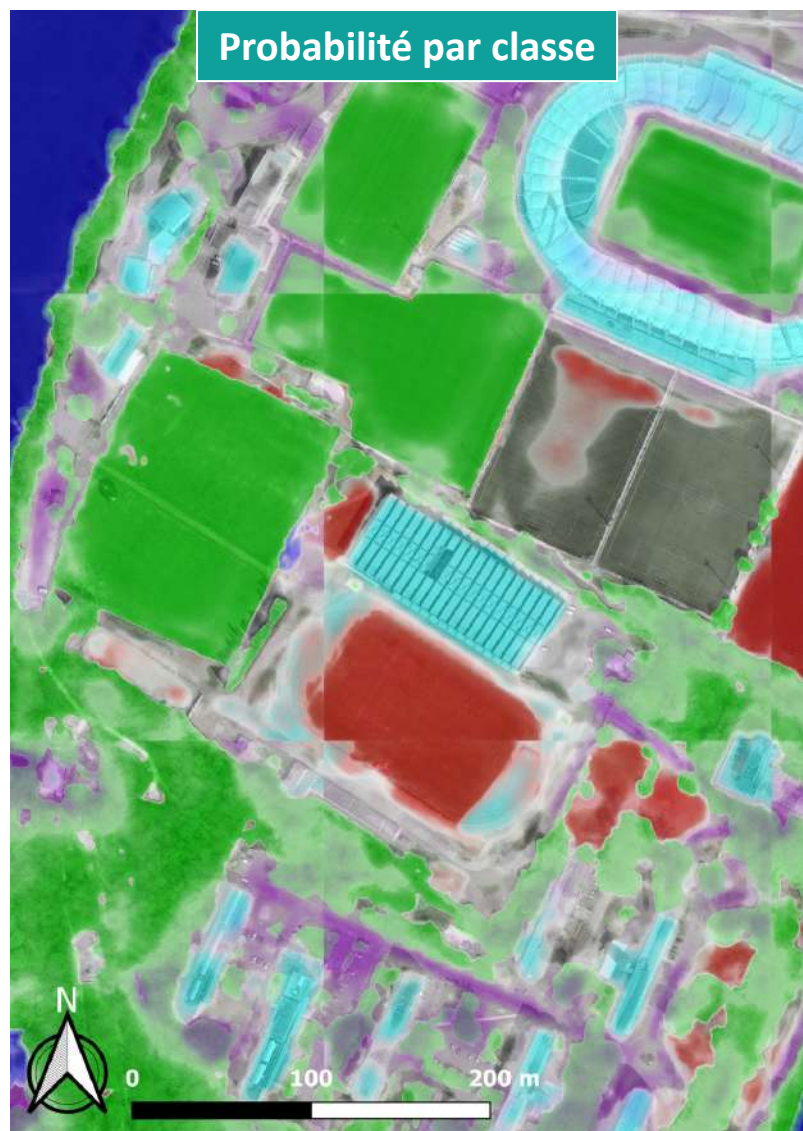
Produit Très Haute Résolution

Classification, avec un approche Deep-Learning et une approche physique

3D (stéréo) => végétation basse et haute



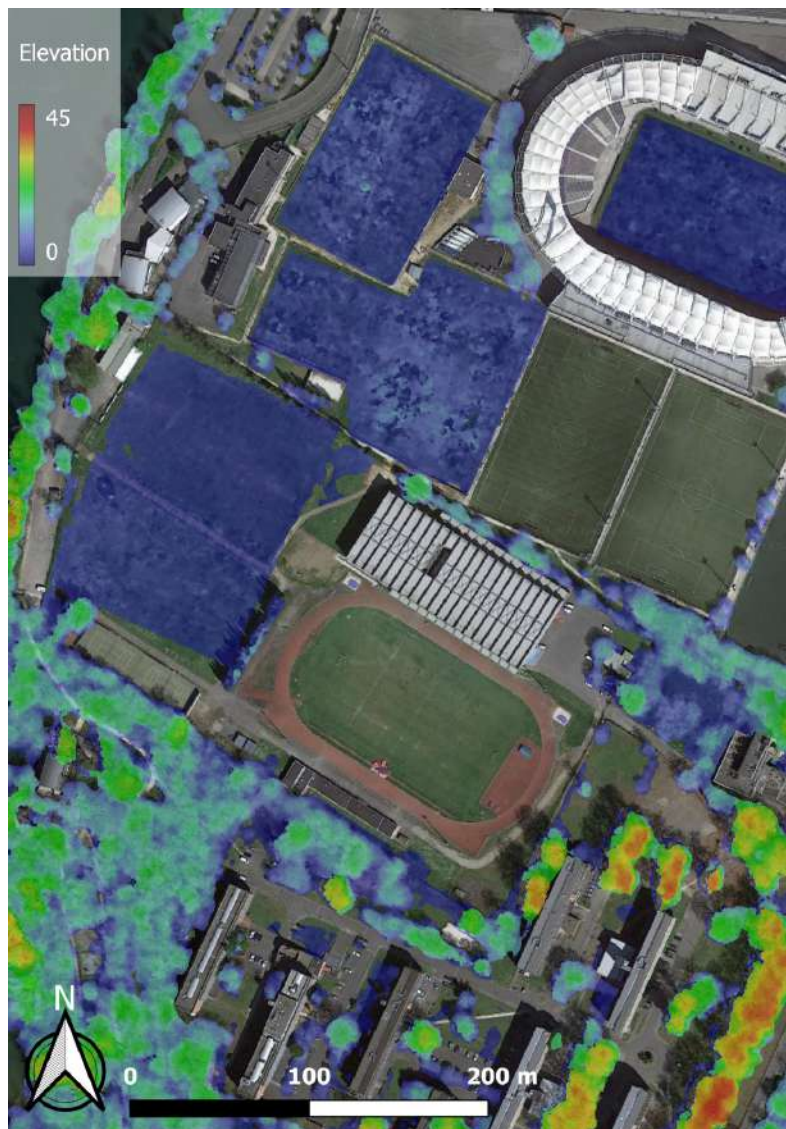
Classification URBANTOOLS (CNES)



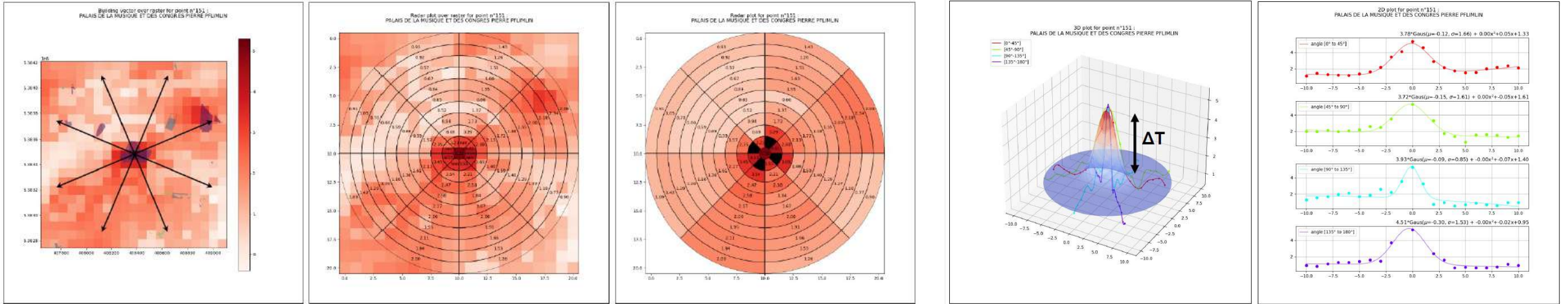
Classification URBANTOOLS (CNES)

Pour les modèles météorologiques de Toulouse Métropole, l'entrée est la végétation **basse** ou **haute**.

On couple donc le modèle 3D dérivé de l'imagerie pléiades avec CARS et la classification d'Urbantools.



Analyse de bâtiments connus sur Strasbourg

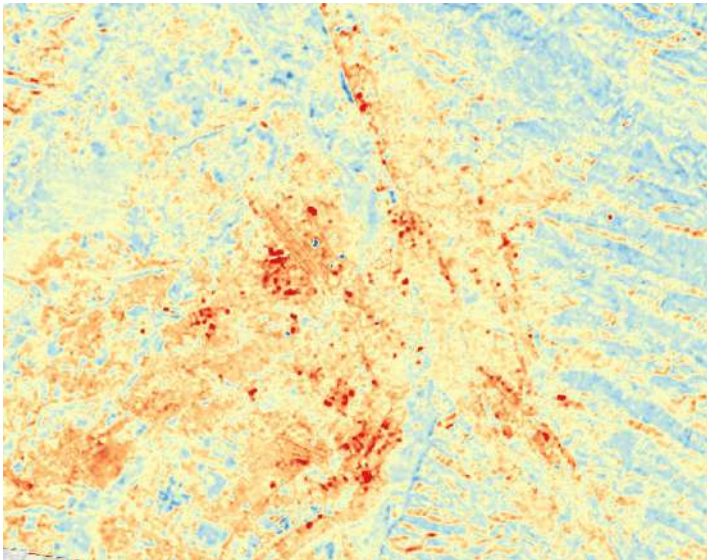


Un outil fonctionnel... mais des données thermiques de qualité trop faible à cause de la résolution spatiale

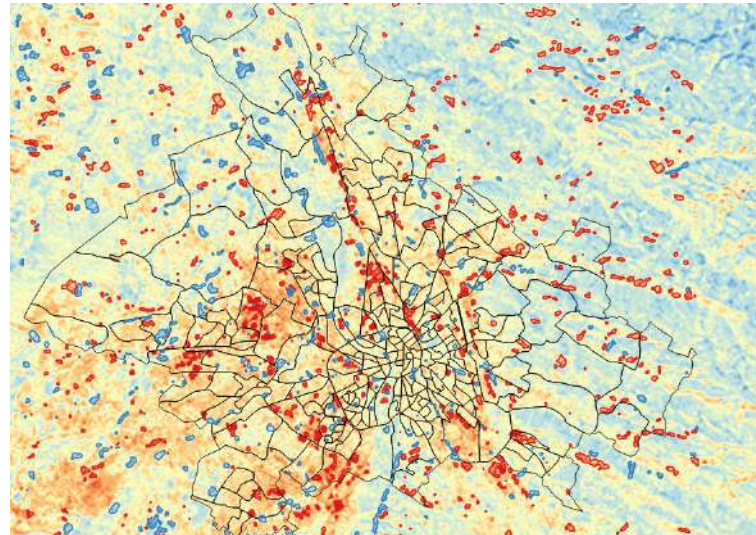
- ~10-20 bâtiments sortent en anomalie sur ~1000 fournis
- Pixel ~70=>100m
- Le processus de désagrégation n'apporte rien ici car il améliore la résolution sur la base d'une relation générale entre NDVI et température. Or, l'anomalie thermique est un cas particulier.

THERMOCITY : détection et caractérisation des anomalies thermiques

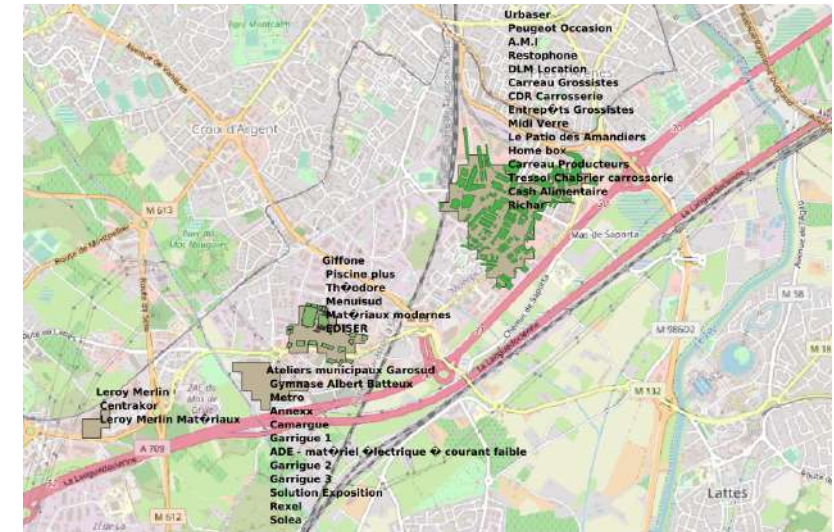
Température de surface, Toulouse



Points chauds et froids géolocalisés



Contextualisation
Identification avec Open Street Map



Résultats = f (été/hiver, jour/nuit, +/-,...)

Limitation majeure : la résolution spatiale des images !

Synthèse anomalies thermiques sur Toulouse



Anomalies positives dérivées de tous les produits THERMOCITY sur Toulouse

Des grosses anomalies \sim constantes :

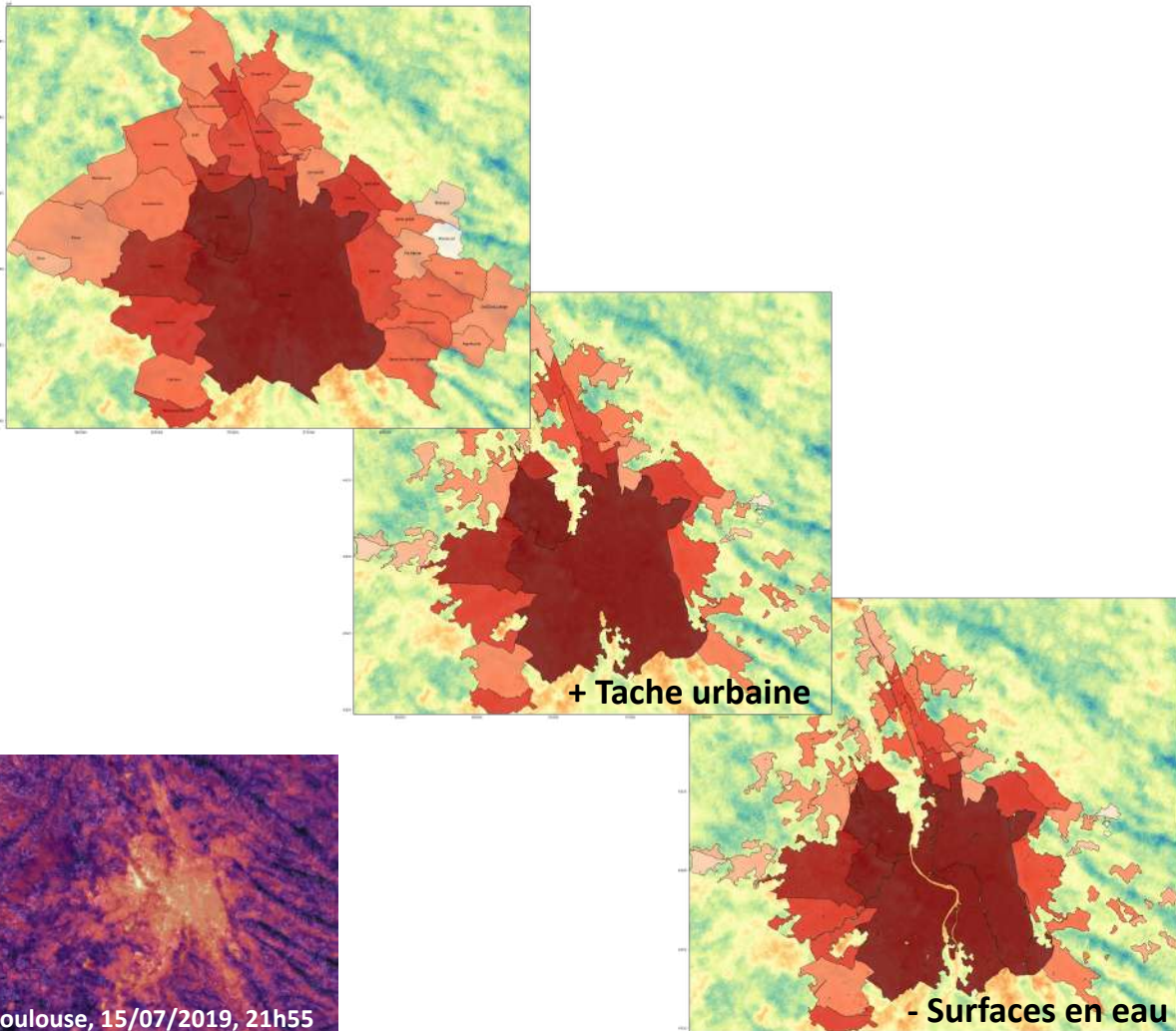
- Zones industrielles et commerciales

Quelques anomalies transitoires, plus ou moins réelles :

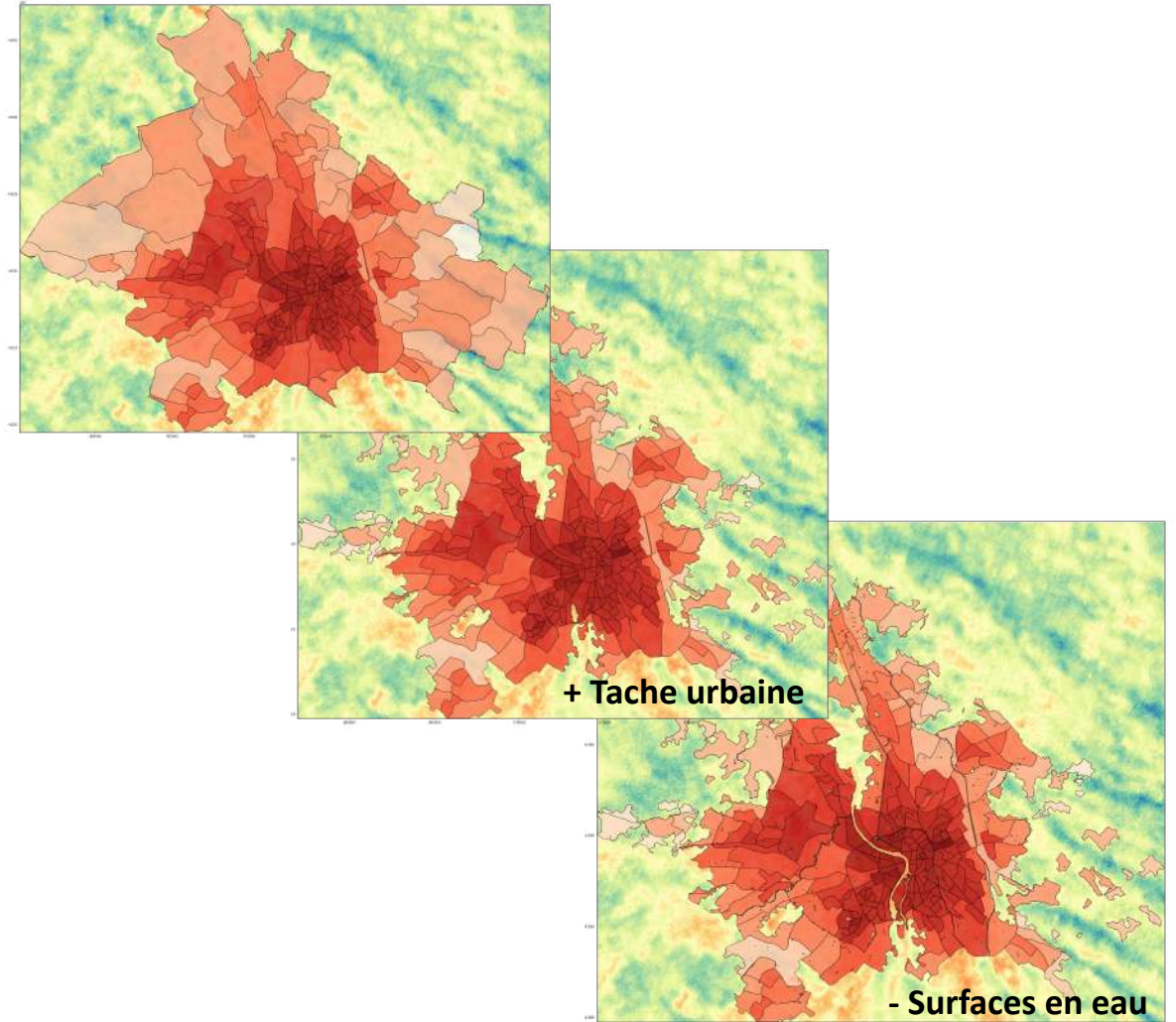
- Sol nu, effet d'orientation des surfaces
- Cimetière de la Gloire en été de nuit ?
- Des artefacts de traitement, certains liés à la qualité de l'image source

THERMOCITY : diagnostic multi-échelle à partir d'images thermiques

Géométrie communale



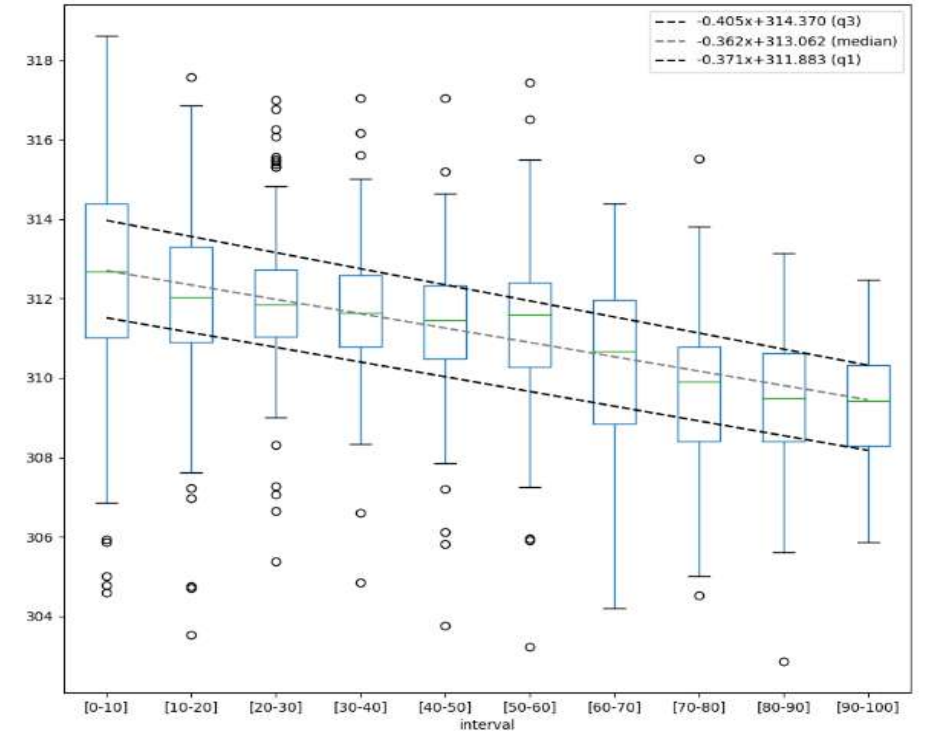
Géométrie IRIS



Performances thermiques de la végétation



LST vs. vegetal fraction



Antigone district in Montpellier : LST in background, on top: high resolution vegetated land use classes derived from Pleiades (green < 3m, dark green > 3m)

Aménagements urbains : les parcs



Vegetated park influence on LST

During day :

- Vegetation fraction +10% => LST -0.3 to -0.5 K
- High vegetation fraction +10% => LST -0.4 to -0.6 K

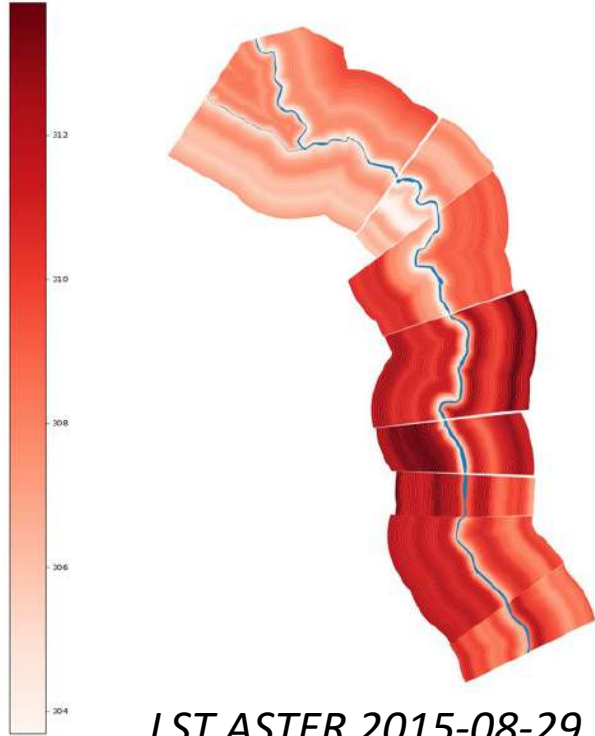
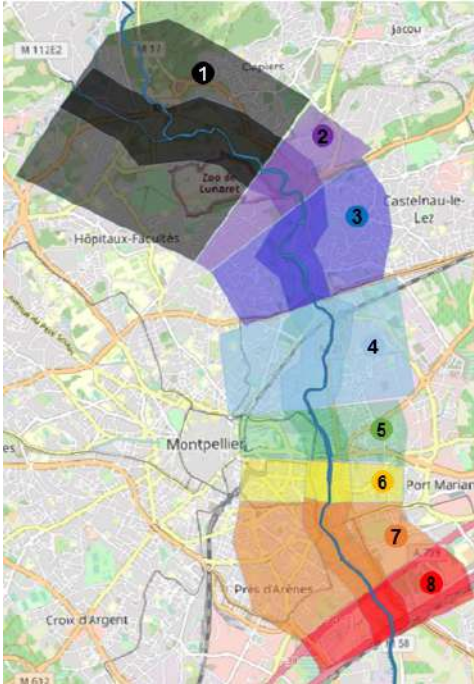
During night :

- Vegetation fraction +10% => LST \sim -0.1 K
- High vegetation fraction +10% => LST \sim -0.1 K

Vegetated park influence :

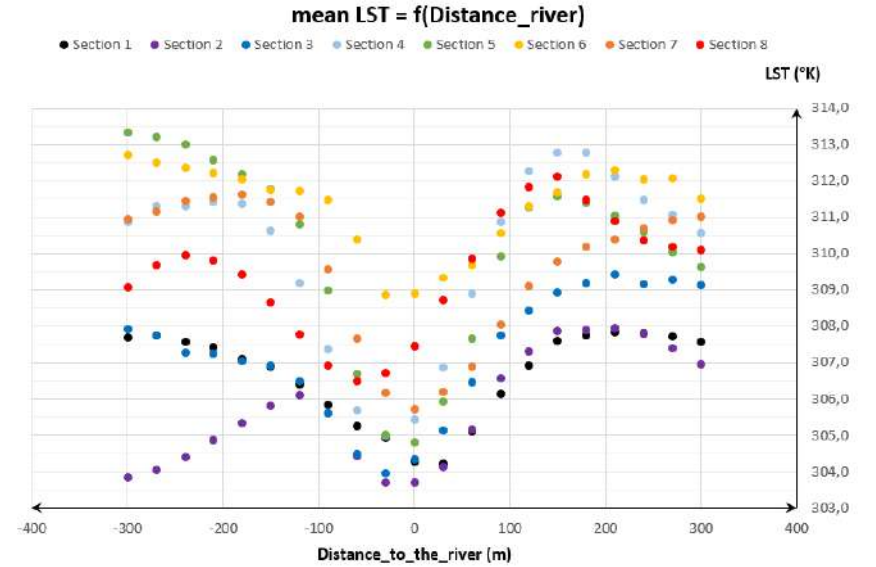
- Marginal : negative LST signature \sim 50m beyond the park edge

Aménagements urbains : les rivières et leurs aménagements



LST ASTER 2015-08-29 10:42:08

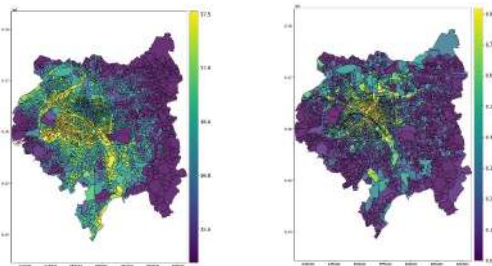
Lez river has been split in segments that corresponds to different urban organizations around the river. A negative LST signature, with a width of between 200 and 300m, is clearly visible while the river width varies between 25 and 50m in this area.



THERMOCITY : croisement avec des données sociaux-économiques

Indicateurs d'entrée

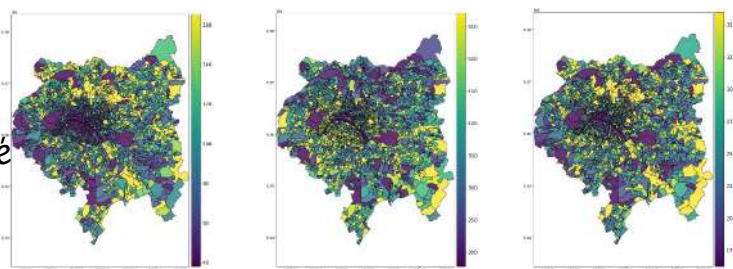
Exposition



Température de surface de nuit

Non-végétalisation

Sensibilité

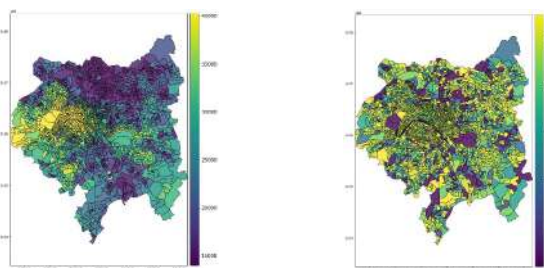


Population 0-2 ans

Population > 65 ans

Population totale

Capacité d'adaptation



Revenu médian

Fraction logement performant

Normalisation / Pondération

Poids

1/2

Indicateurs d'entrée => Z-Score

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

μ = Mean
 σ = Standard Deviation



Z-Score => Score

Range of Z-Score	HVI Component Score
-2 or lower	1
-2 to -1	2
-1 to 0	3
0 to 1	4
1 to 2	5
2 or higher	6

Reid et al. (2009)

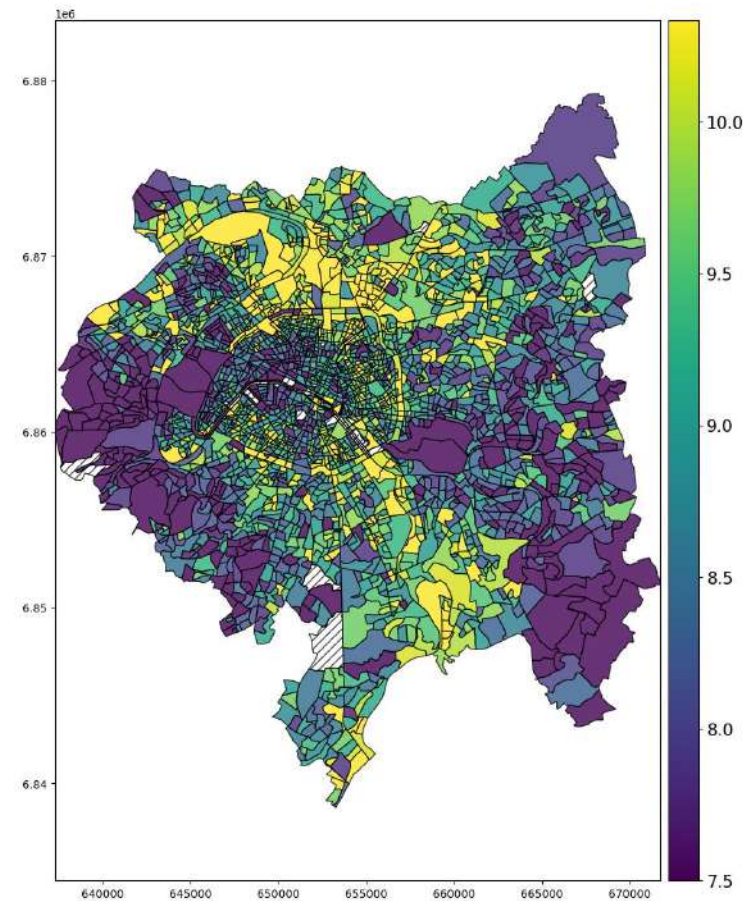


Score => Score pondéré

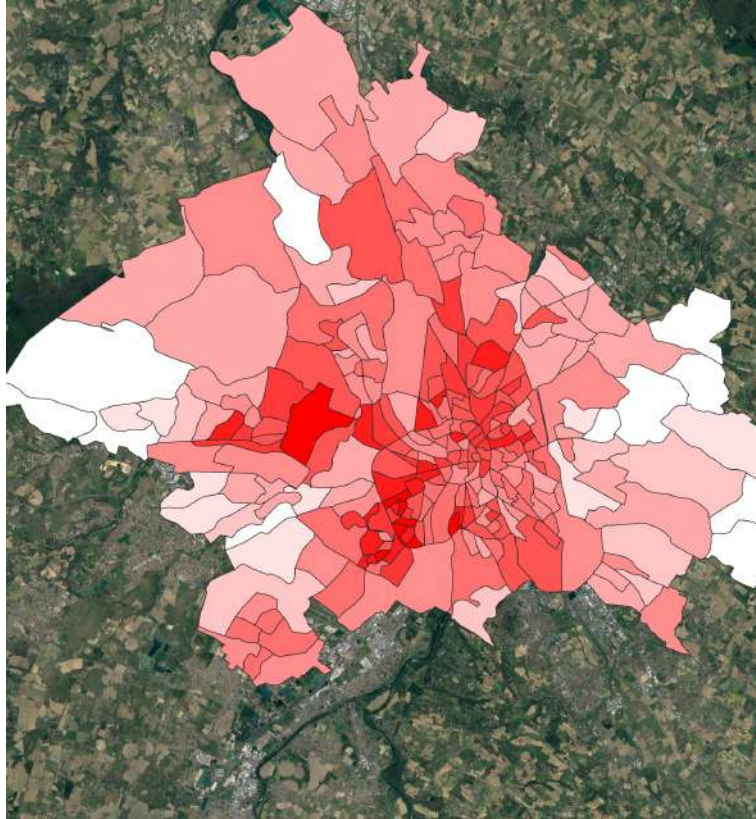
1/2

Indice de vulnérabilité à la chaleur

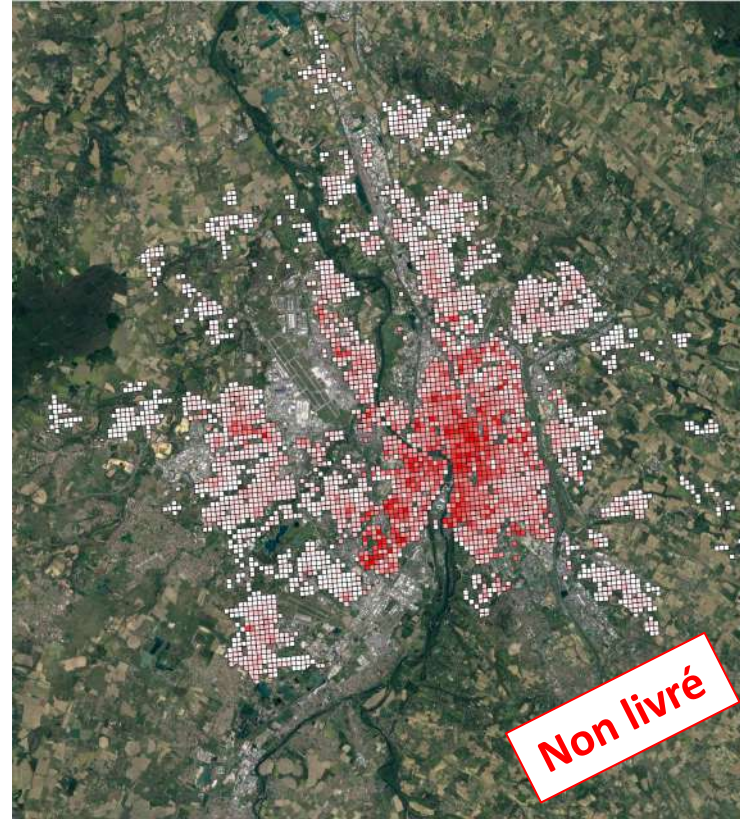
3-ECOSTRESS_PARIS_20190715T23XXXX
HVIw



Vulnérabilité : la difficulté de faire parler les données socio-économiques !



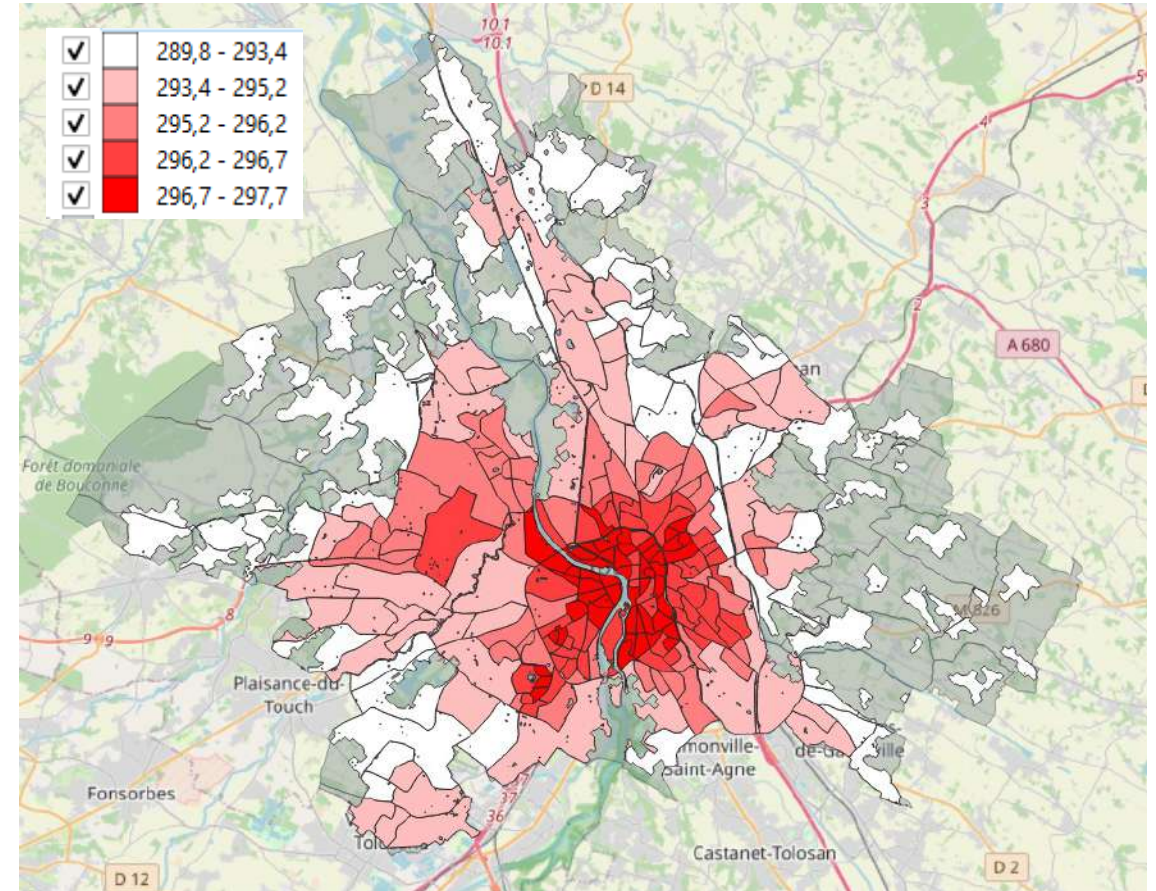
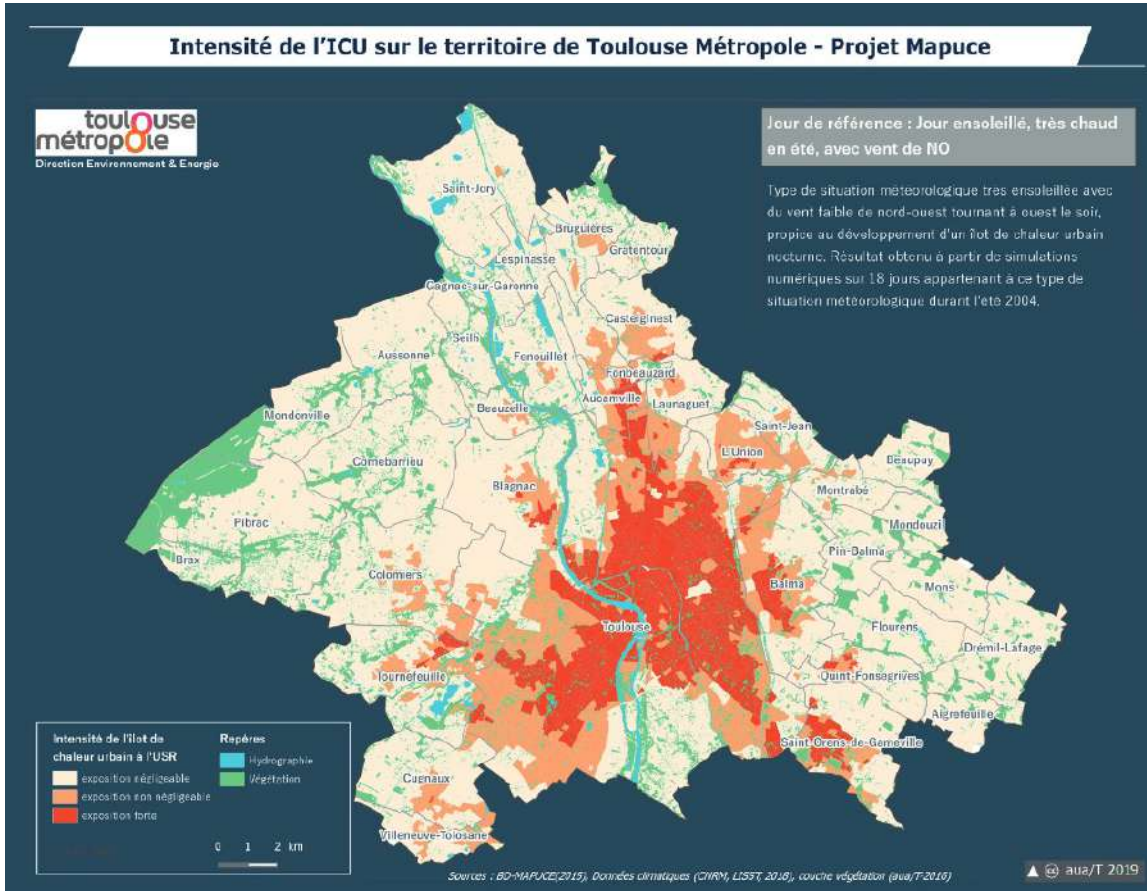
Echelle IRIS / tache urbaine



Carroyage à 200m

Les tendances observées changent en fonction de la géométrie des données socio-économiques : attention à l'interprétation

Modélisation climatique (T°_{air}) vs. Mesure directe par satellite ($T^{\circ}_{surface}$)



La répartition spatiale des températures de surface de nuit suit bien l'ICU mesuré/modélisé en température de l'air

THERMOCITY : le climat futur en ville

Etude

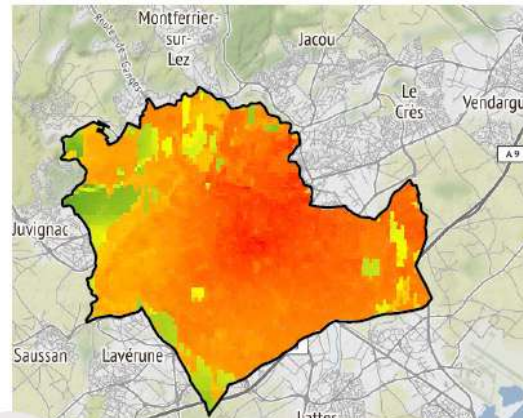
- Mise en place d'une approche originale pour simuler l'ICU futur : étude de la distribution des temps sensibles en climat futur
- Projection climatique fine échelle avec le modèle AROME-Climat

Principaux résultats

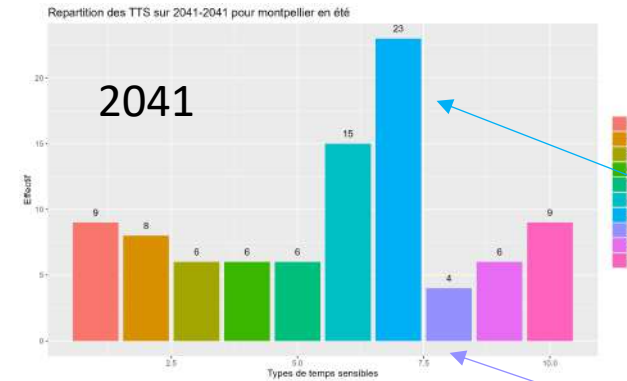
- L'étude n'a pas mis en évidence de modification de la morphologie de l'ICU dominant car le temps sensible le plus probable en climat futur sur Montpellier reste inchangé
- L'étude permet de quantifier les variations de fréquence des temps sensibles

Voies d'amélioration identifiées

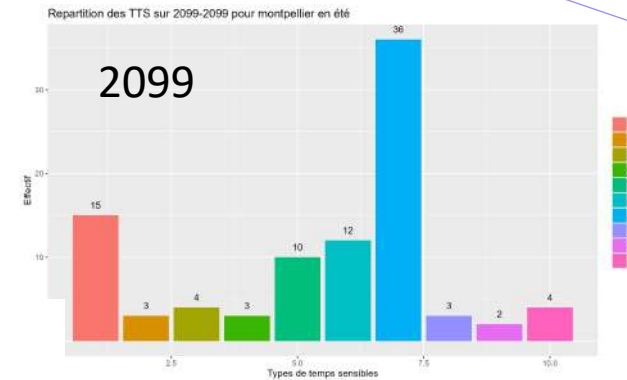
- ICU moyen sur tous les temps sensibles
- projection d'évolution urbaine
- projection d'indice de confort thermique



Montpellier : ICU simulé le plus probable à 23h



Ciel clair, vent fiable [0-4m/s], pas de précipitation



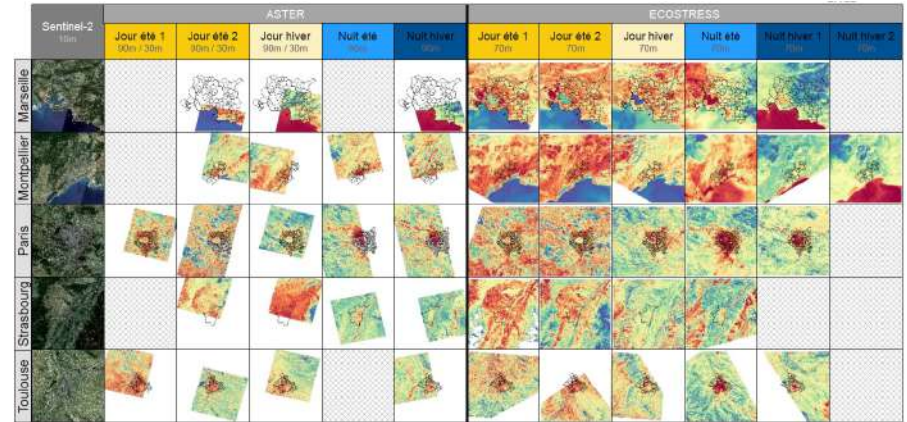
Ciel couvert, vent fiable [0-4m/s], précipitation 10mm

Distribution des temps sensibles sur Montpellier en climat futur en juin, juillet, aout, Scénario RCP8.5. Le temps sensible 7 sera 50% plus probable en 2099 par rapport à 2041.

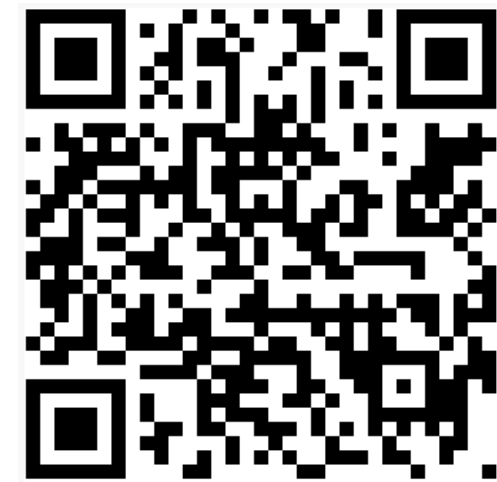
THERMOCITY : ressources



<https://www.spaceclimateobservatory.org/fr/thermocity-toulouse>



<https://www.theia-land.fr/product/thermocity/>



THERMOCITY, et après ?

Recherche

Preuve de concept

Services

TRL



Thèse (2023-2026)

Development of high spatial resolution comfort indices in urban areas



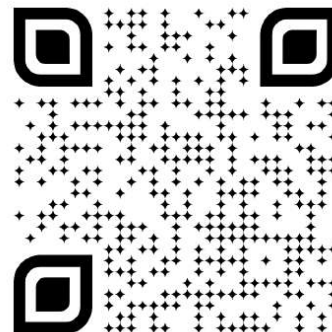
2 nouveaux projets SCO

- **Sat4BDNB** : échelle France
- **ALTELYS** : confort intérieur



Besoins du secteur public en données spatiales et services associés

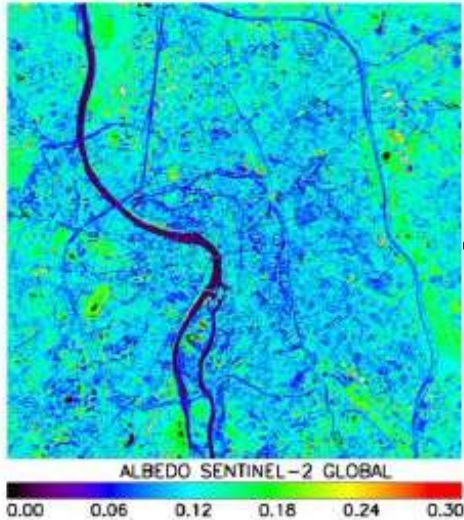
Interdisciplinarité



Sat4BDNB : Les satellites pour la base de données nationale des bâtiments (2022-2024)

Pourquoi des données spatiales pour modéliser la surchauffe de villes ?

Albédo



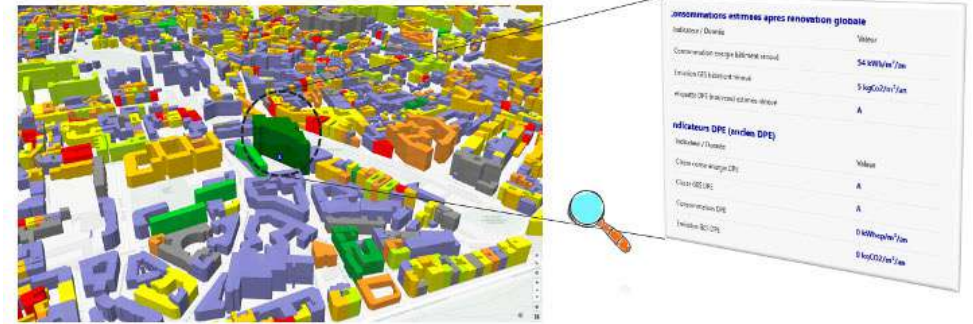
Occupation du sol
(végétation)



+

~ 50% ICU

BDNB : la carte d'identité de 20 millions de bâtiments résidentiels et tertiaires, *Accès Libre*



Sat4BDNB



Amélioration de la BDNB, aide à la décision

- Indicateur de sensibilité à l'îlot de chaleur urbain
- Morbidité (stress thermique) des citoyens
- Indicateurs associés à l'atténuation de l'effet et le coût correspondant

THERMOCITY : Conclusion et perspectives

Principales réalisations

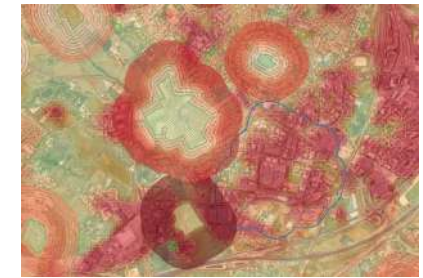
- Collecte des besoins des gestionnaires du territoire
- Collection d'images thermiques de qualité améliorée et contrôlée : Analysis-Ready-Dataset en open-access
- Plusieurs outils développés pour traiter un large panel de données
- Prototypage de services pour l'adaptation des villes
 - **Suivi de l'occupation du sol / végétalisation en ville**
 - **Anomalies thermiques : zones de surchauffe, passoires thermiques**
 - **Ilots de chaleur de surface, vulnérabilité**
- Préparation à de futures missions spatiales (TRISHNA, CO3D...)

Principales limitations / actions

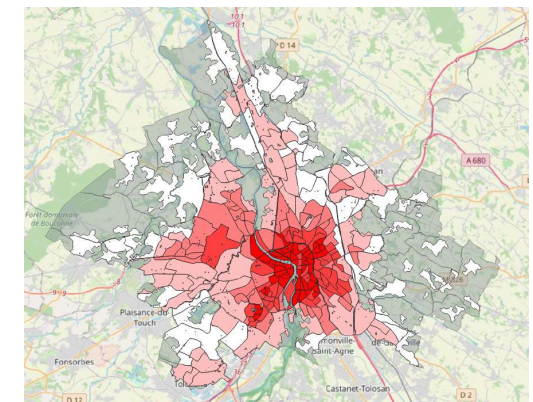
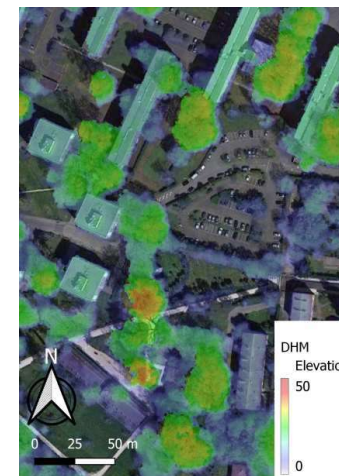
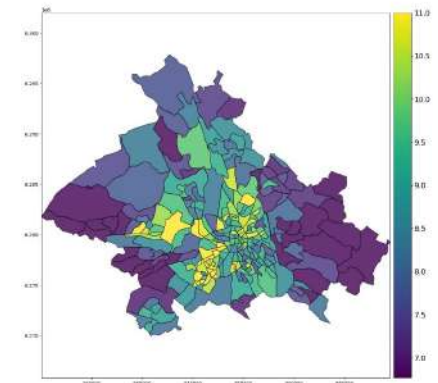
- La résolution spatiale des données thermiques est encore un frein à des applications fine-échelle / sujet de thèse CNES-ONERA-IRAP 2023-26
- Interdisciplinarité nécessaire / collaborations à faire fructifier, axe « Milieux urbanisés » du Défi-Clé Région « Observation de la Terre et des Territoires en transition »

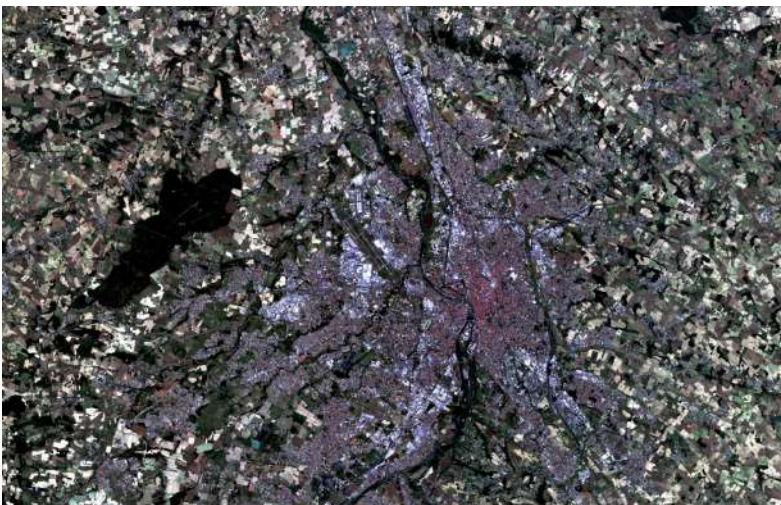
A venir

- Pérennisation suivi végétation / occupation du sol sur Toulouse
- Projets SCO : Sat4BDNB, ALTELYS
- Cadres pour la mise en place de services : Ambition-Aval, France 2030

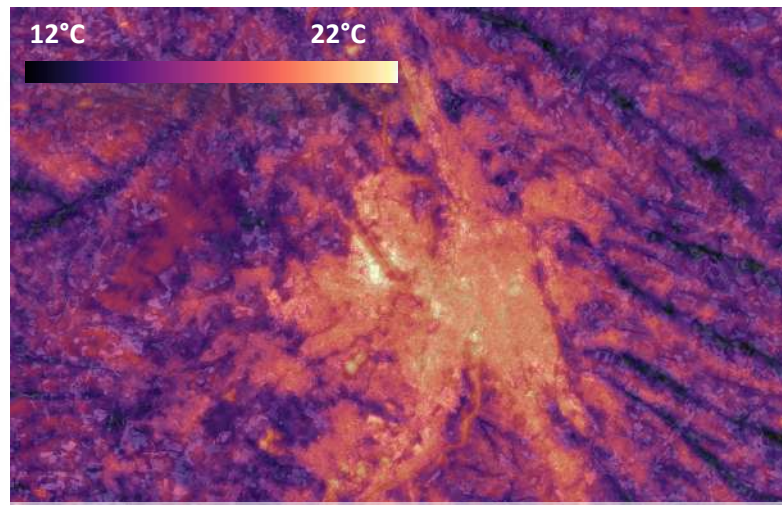


2-ECOSTRESS_TOULOUSE_20190715T21XXXX
H/W

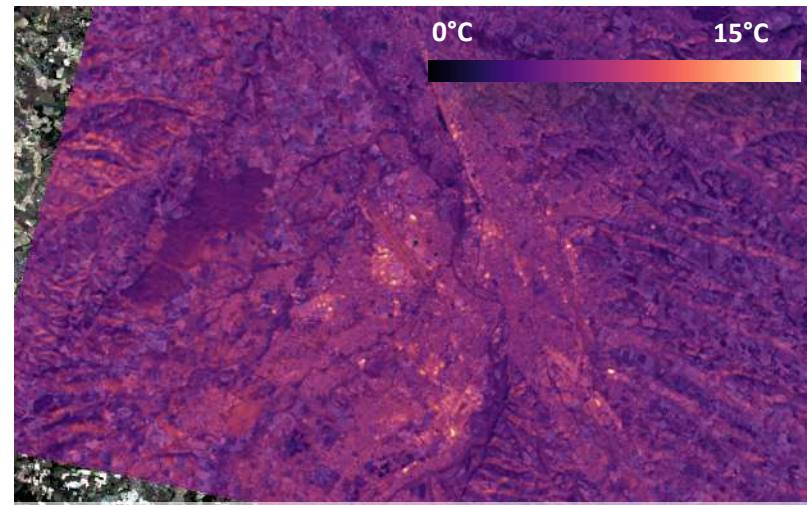




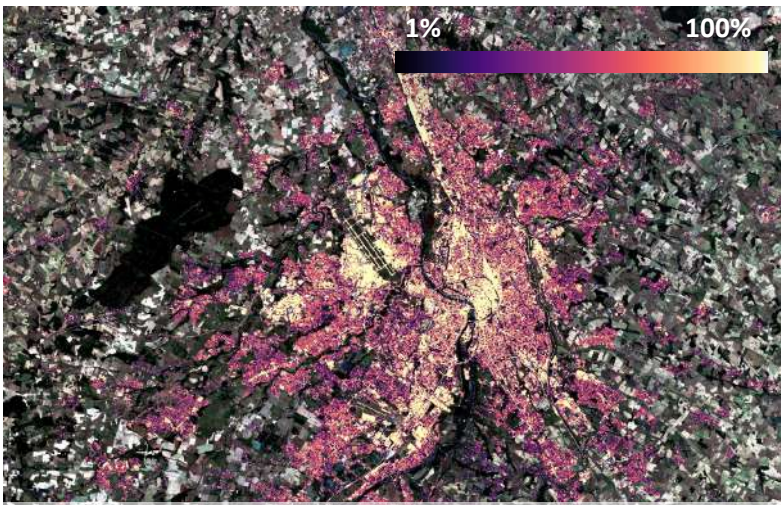
Toulouse, Sentinel-2
06/2020



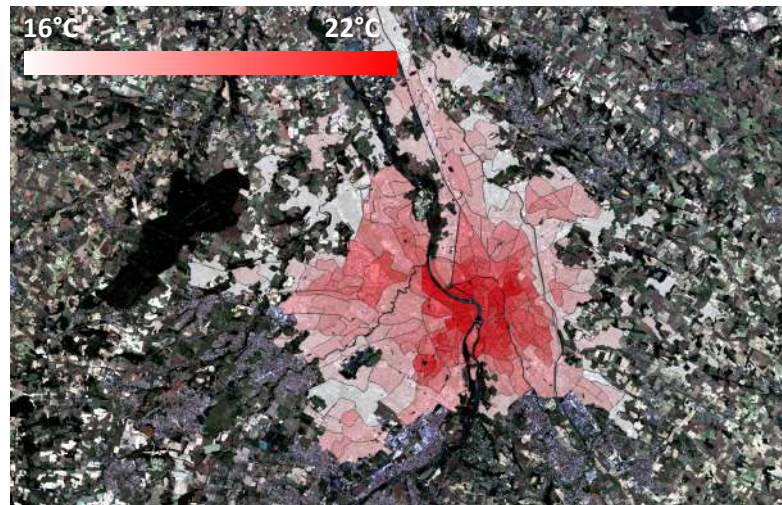
Température de surface : été de nuit
ECOSTRESS, 15/07/2019, 21h55



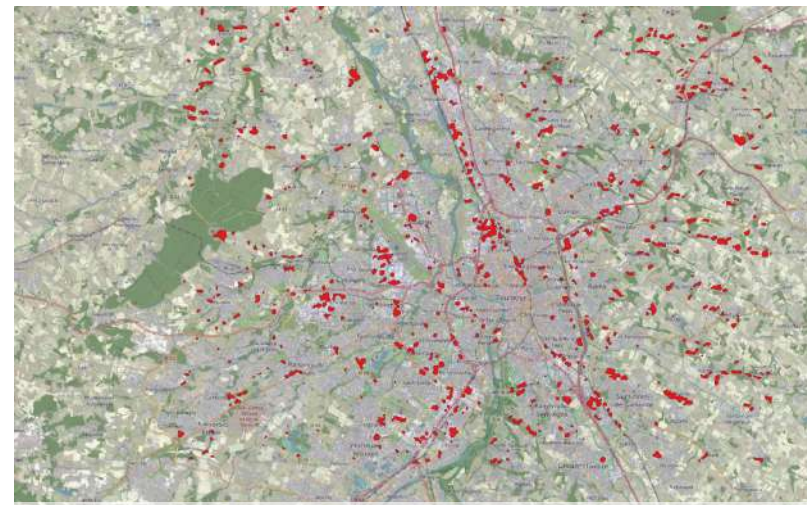
Température de surface : hiver de jour
ASTER, 14/01/2003, 10h54



Taux d'imperméabilisation



Température de surface moyenne par quartier,
15/07/2019, 21h55



Anomalies thermiques hautes
ASTER, 14/01/2003, 10h54