

Coopération stratégique moderne (depuis 2010)

La collaboration s'intensifie et s'inscrit dans une relation stratégique globale entre les deux pays.

Accord renforcé CNES / ISRO pour des missions futures:

- Coopération surveillance du climat et des océans
- TRISHNA
- Gestion des catastrophes naturelles
- Sécurité maritime
- Suivi du changement climatique

Une coopération stratégique durable

La relation spatiale franco-indienne est souvent citée comme un modèle de coopération internationale :

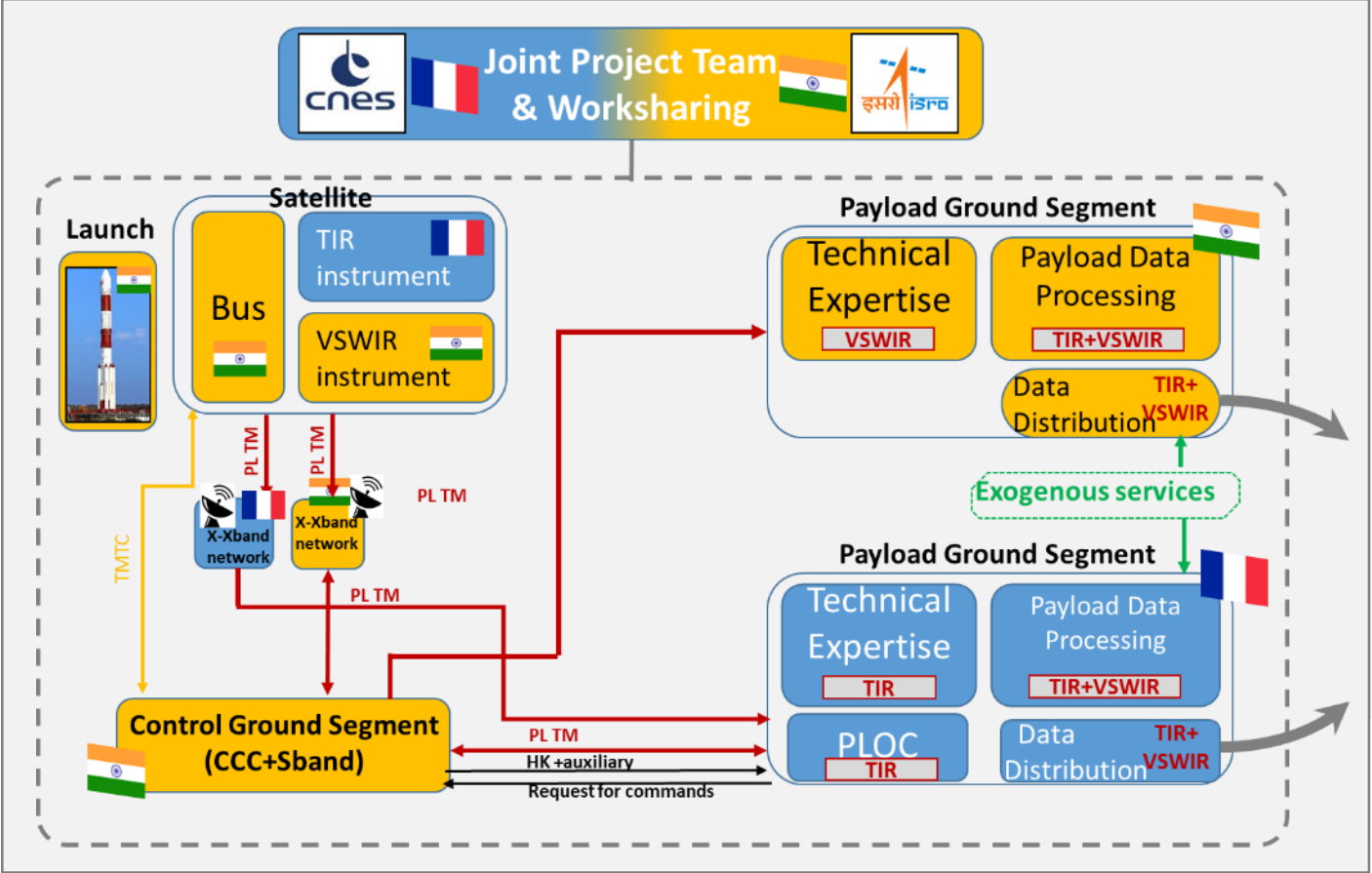
- Elle est **continue depuis plus de 50 ans**
- Repose sur une **complémentarité technologique**
- S'inscrit dans une **relation diplomatique solide** entre la France et l'Inde

Transport du lanceur LVM3-M4 de l'ISRO en 2023 © ISRO



Définition de la mission TRISHNA

- Coopération ISRO/CNES, lancement 2027
- Durée de vie de 5 ans



TRISHNA



TRISHNA Mission Design

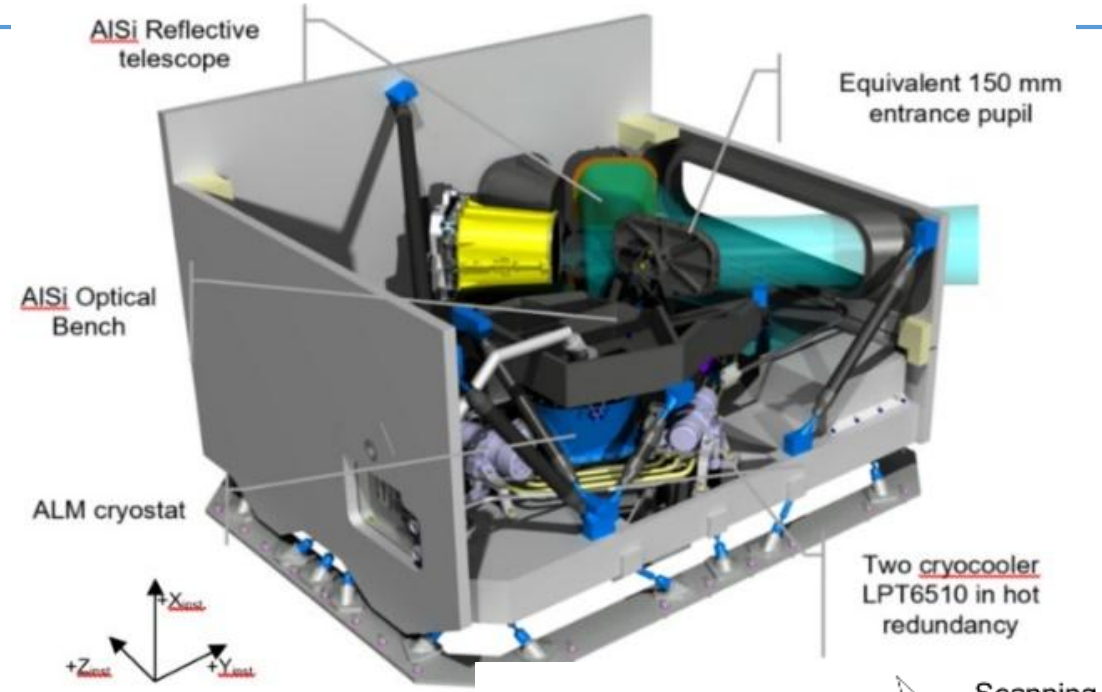
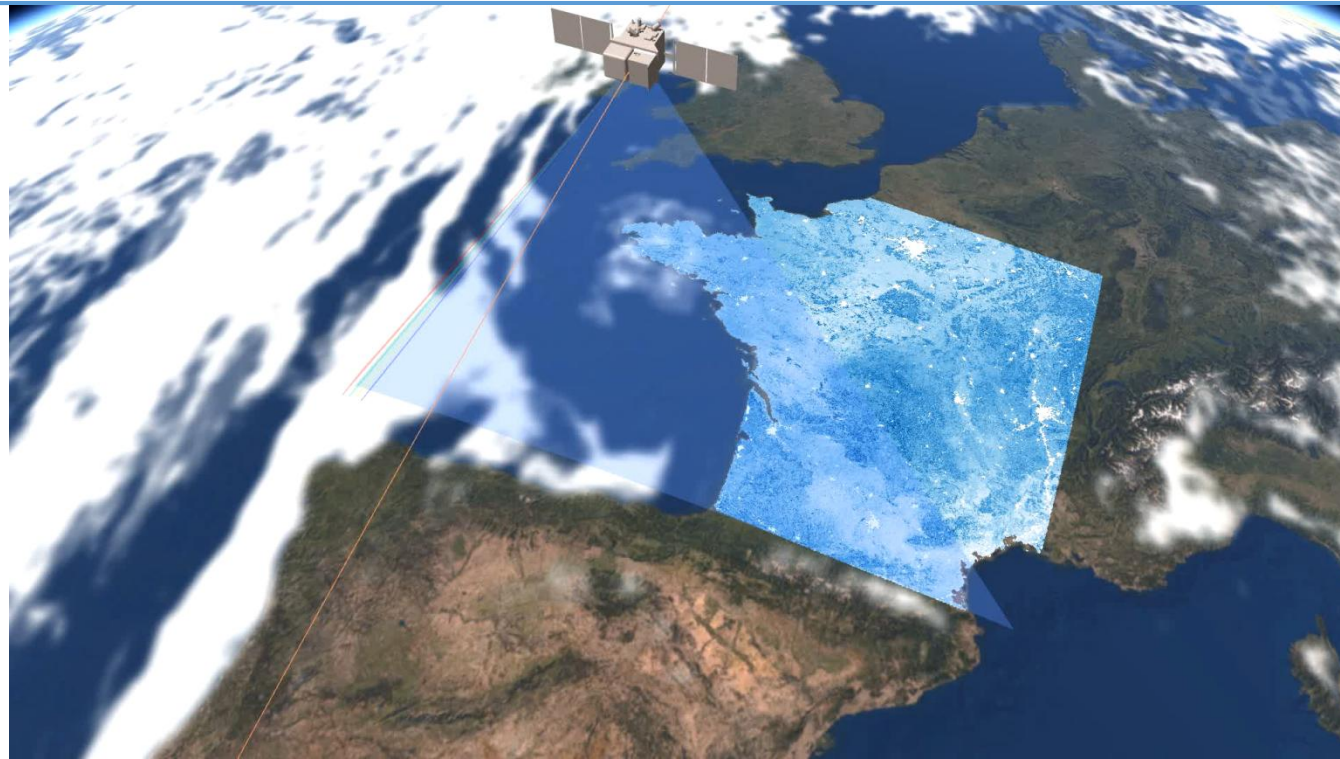


TRISHNA

- ❑ ISRO/CNES cooperation, 5-year lifetime, **launch in 2027** (4th semester)
- ❑ Design drivers: ecosystem stress and water use coastal waters, inland waters
- ❑ Global coverage land + coastal (220 km away)
- ❑ 3-day revisit, 60m, VNIR-SWIR (7 bands) – LWIR (4 bands)
- ❑ Overpass time : 12:30 PM & AM at Equator
- ❑ Different observation angles, up to 38 deg
- ❑ NeDT 0.2K at instrument output, AKA 0.5K

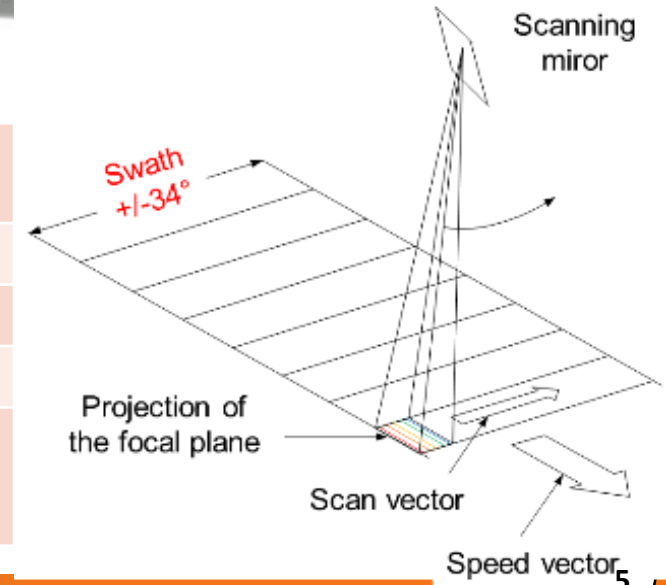


TRISHNA Thermal Infrared Instrument

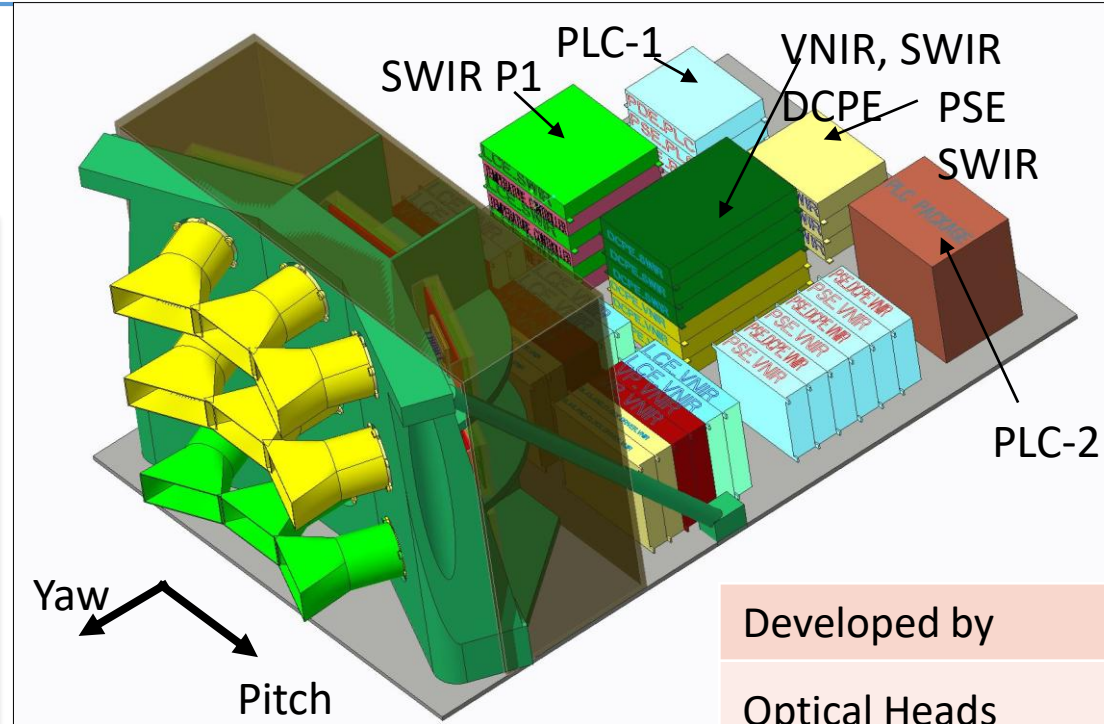
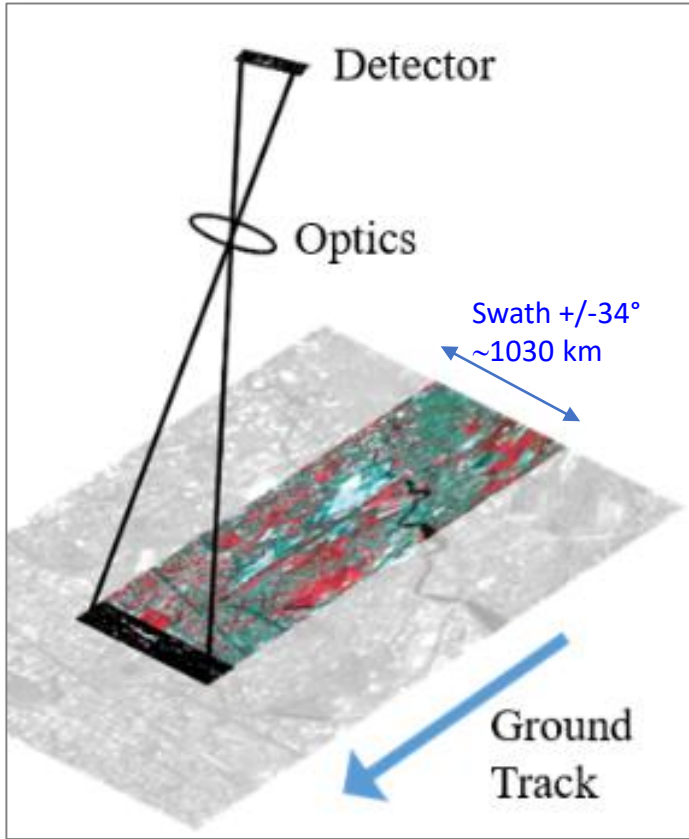


- ✓ June 2020 : start of Phase B
- ✓ **June 2021 : successful Preliminary Design Review**
- ✓ Validation activities are ongoing on breadboards and Engineering Models
- ✓ Some FM parts are already available
- **Next milestones :**
 - Coupling test with TIR EM and platform simulator
 - Critical Design Review in Q4 2024

Developed by	AIRBUS DEFENCE AND SPACE
Acquisition	Across track scanner
Mass	210 kg
Power	300W/350W
Spectral bands	4 TIR (Wavelength Center in μm 8,65/9/10.6/11,6)



Push-broom concept



Developed by	ISRO/SAC
Optical Heads	9
Acquisition	Pushbroom
Mass	120 kg
VIS & NIR bands	5 (Wavelength Center in μm 0,485/0,555/0,670/0,860/0,910)
SWIR bands	2 (Wavelength Center in μm 1,380/1,610)

TRISHNA Spectral bands and products

Spectral bands

	Band name	Wavelength Center (μm)	Bandwidth (nm)	Purpose
DAY-TIME	Blue	0.485	70	Detection of low clouds
	Green	0.555	70	Coastal, sediments, snow
	Red	0.670	60	Vegetation (LAI, fCOVER, NDVI, ...)
	NIR	0.860	40	Vegetation (LAI, fCOVER, NDVI, ...)
	WV	0.910	30	Water vapour content estimation
	Cirrus	1.380	30	Detection of thin cirrus clouds
	SWIR	1.610	100	AOD, snow/cloud discrimination, vegetation stress, burnt areas
DAY-TIME NIGHT-TIME	TIR 1	8.65	350	Temperature/emissivity separation
	TIR 2	9.0	350	Temperature/emissivity separation
	TIR 3	10.6	700	Split-window
	TIR 4	11.6	1000	Split-window

Distributed Products

Level 1C

- ✓ TOA reflectances x7 VNIR/SWIR bands
- ✓ TOA radiances x4 LWIR bands
- ✓ Cloud mask

*Radiometrically and geometrically calibrated
Orthorectified and resampled on a uniform spatial grid
(Sentinel-2 tiles, Copernicus DEM)*

Level 2A

- ✓ Surface reflectances x5 VNIR/SWIR bands
- ✓ LST, SST
- ✓ LSE x4 bands
- ✓ Cloud mask, TWVC, AOT

Level 2B

- ✓ Vegetation variables, albedo
- ✓ Evapotranspiration and vegetation stress

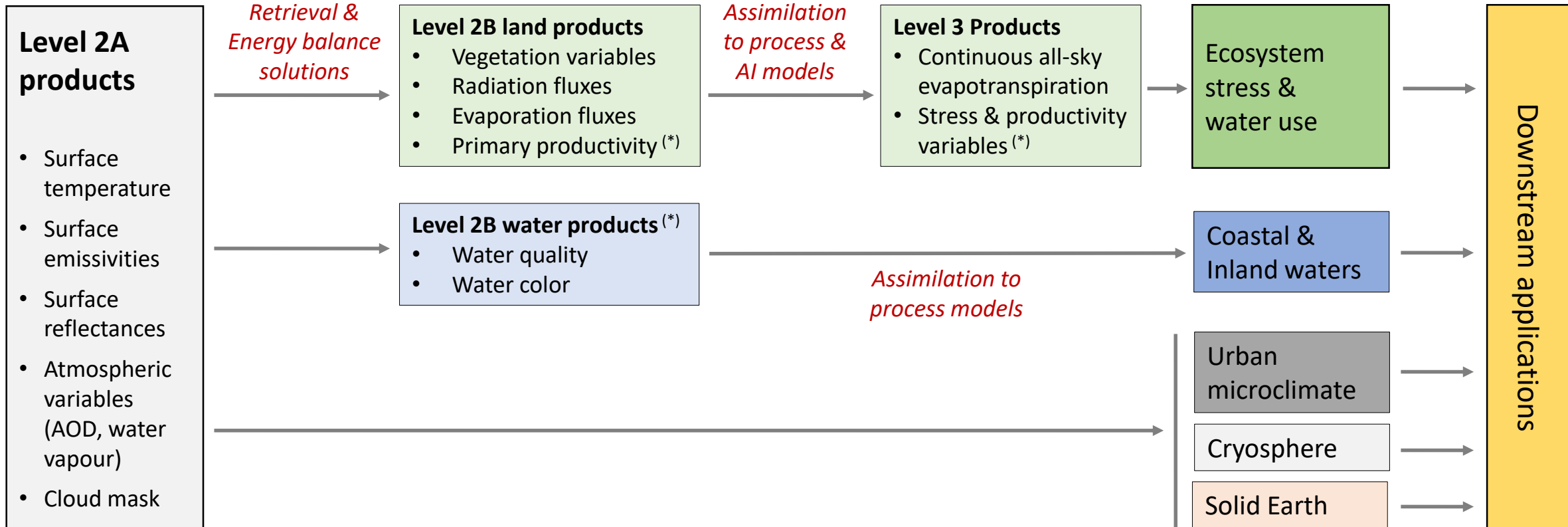
Level 3

- ✓ Time series of daily evapotranspiration

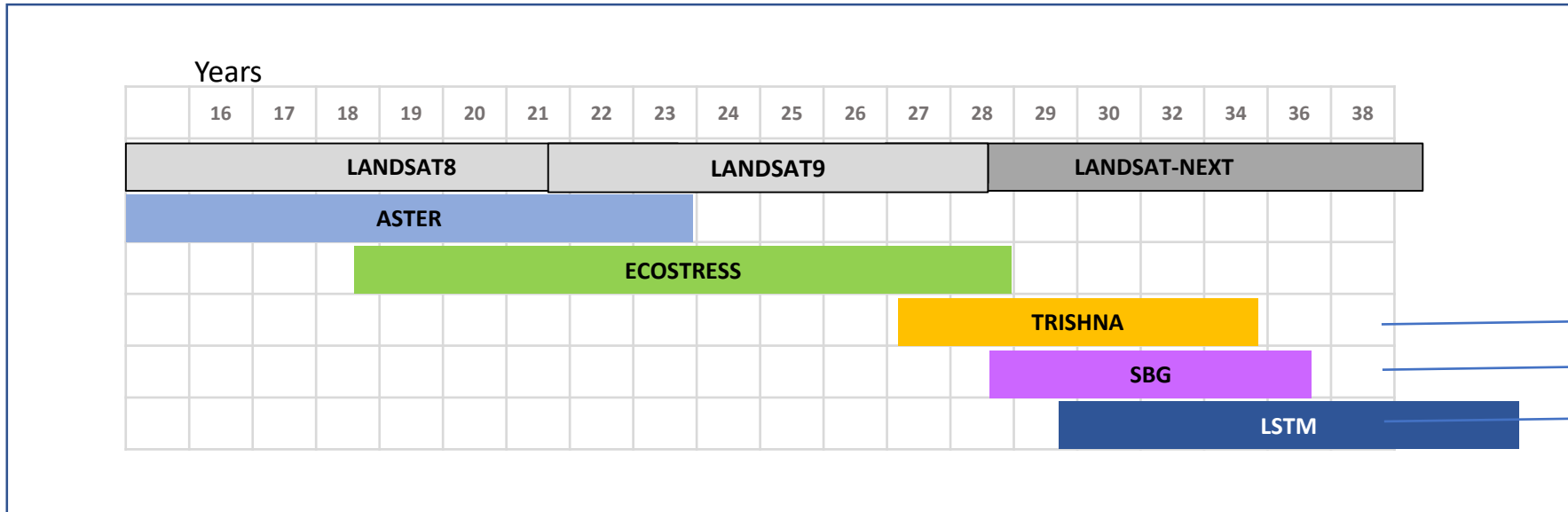
Level 1 products
Geocorrected & radiometrically corrected clear-pixel TOA - Reflectances & Brightness temperatures

Atmospheric correction

(*) Under study, actual production to be confirmed



High spatial resolution Thermal Infrared multispectral missions



		LANDSAT 8-9	LANDSAT-Next	ASTER	ECOSTRESS	TRISHNA	SBG	LSTM
	Begin	2013	2028	1999	2018	2027	2028	2029
Resolution (m)	Resolution (m)	100	60	90	70	57-90	60	40-50
Revisit (days)	Revisit (days)	16 -> 8	6	16	nd	3/8d	3	4 -> 2
	FOV (deg)	15	TBD	8.5	25	34		28
	MWIR	0	0	0	0	0	1	1
	SWIR	3	3	6	1	2	200	2
	VNIR	5	5	4	0	5		4

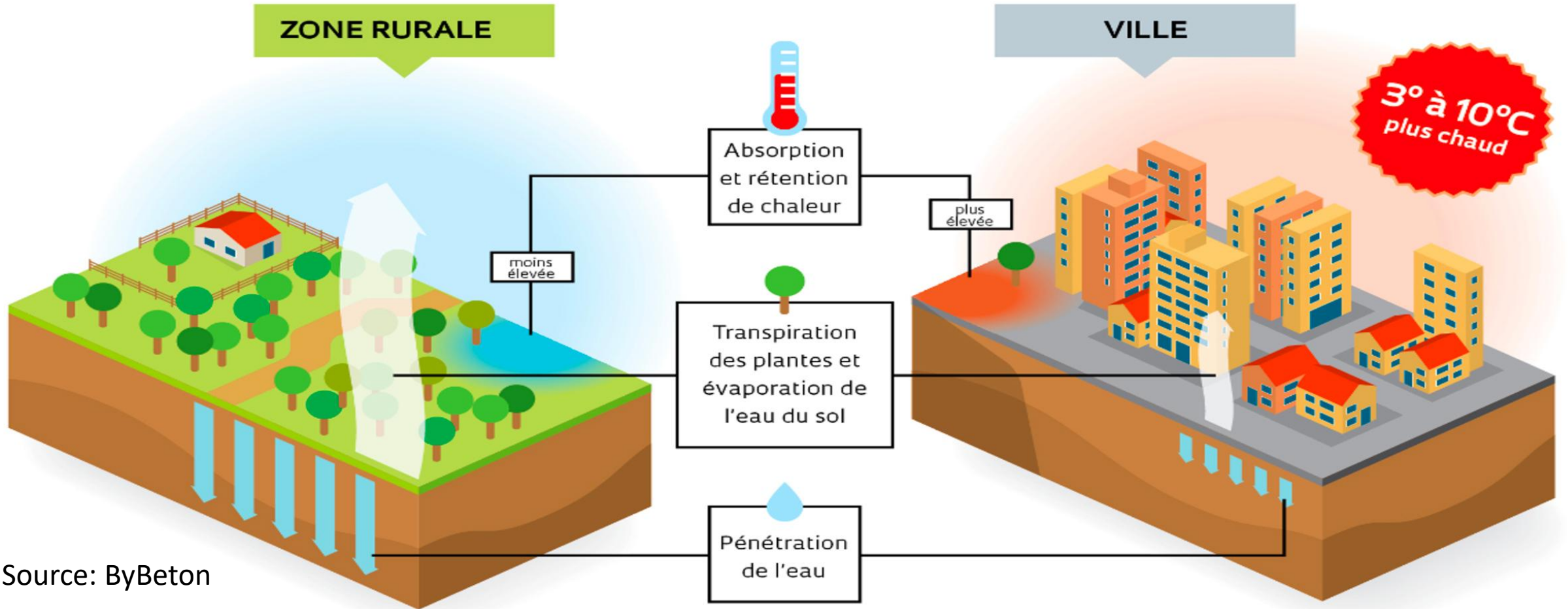
Scientific questions

- How to quantify and predict at short term the effects of the UHI on population health?*
- How to predict comfort and vulnerability ?*
- How to move from ground temperature to air temperature distributions?*
- How to better inform about thermal insulation ?*
- How to better forecast urban climate ?*

Scientific objectives

To routinely estimate at the global scale UHI (Urban Heat Island) and its forecasting, comfort and/or vulnerability indexes, thermal insulation, urban climate components and trends.

Ilot de chaleur urbain (ICU)

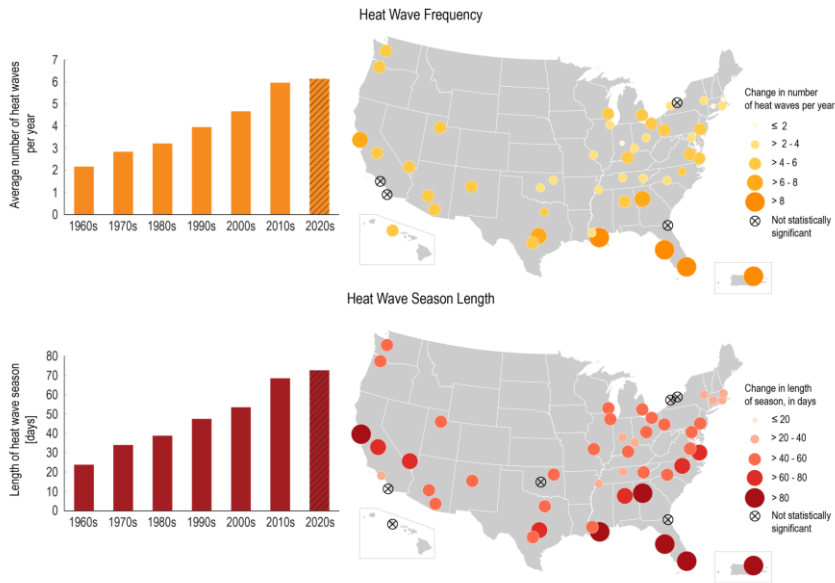


Source: ByBeton

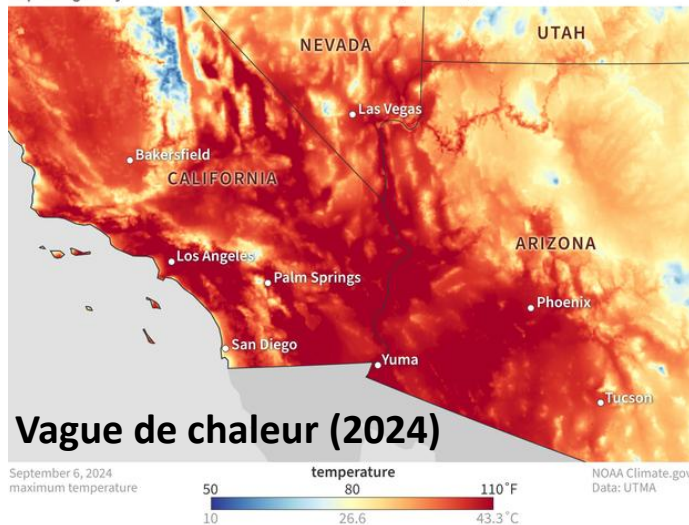
Les arbres => service écosystémique : production d'oxygène par la photosynthèse, captation du CO₂, fixation des polluants atmosphériques, stabilisation du sol, favorise l'infiltration de l'eau par ralentissement et stockage racinaire. Biodiversité.

Ilot de chaleur urbain (ICU)

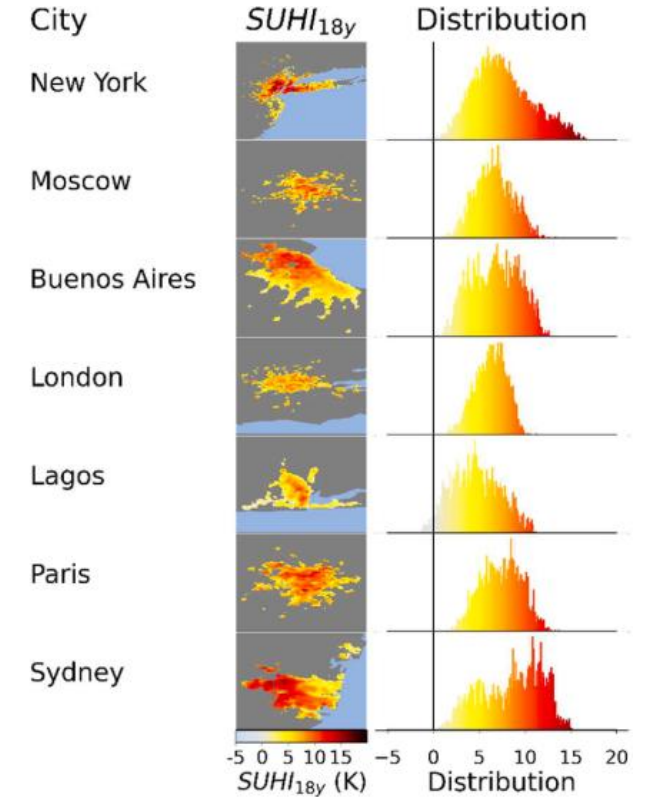
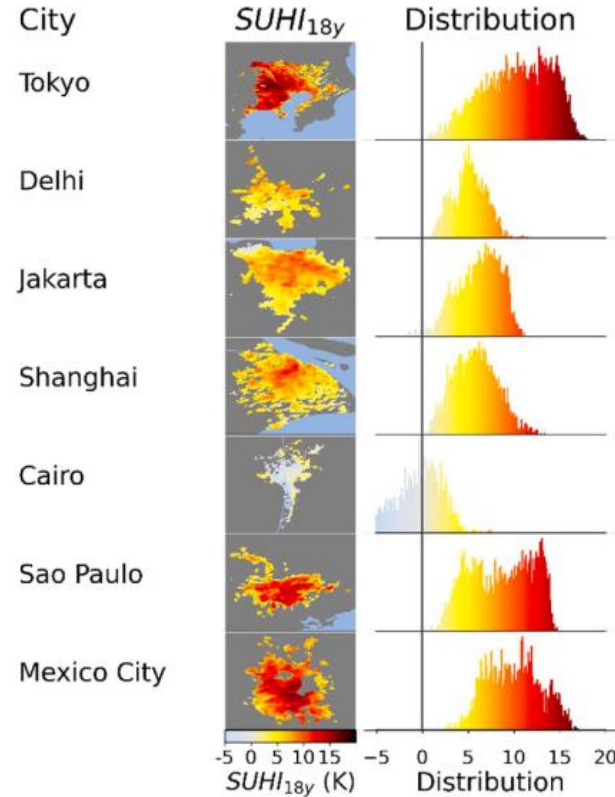
Heat Wave Characteristics in 50 Large U.S. Cities, 1961-2021



Triple-digit daytime heat bakes southern California, Nevada, and Arizona



Source : US Global Change Research Program



Les ICU dans les capitales (villes côtières impactées)
(Lorenzo et al, 2022)

Succès des cartes de températures de surface

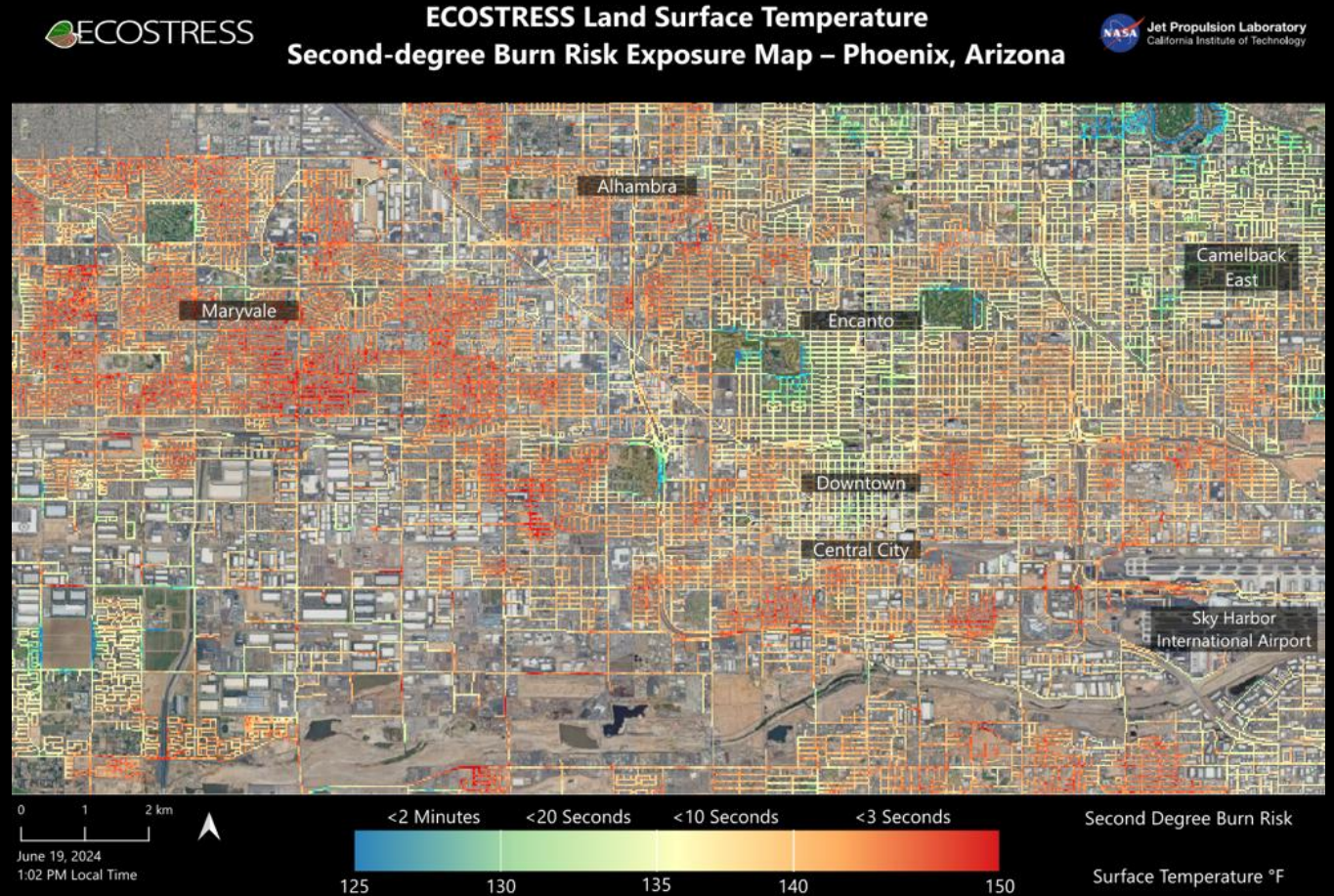
Risques de brûlures à Phoenix, Arizona

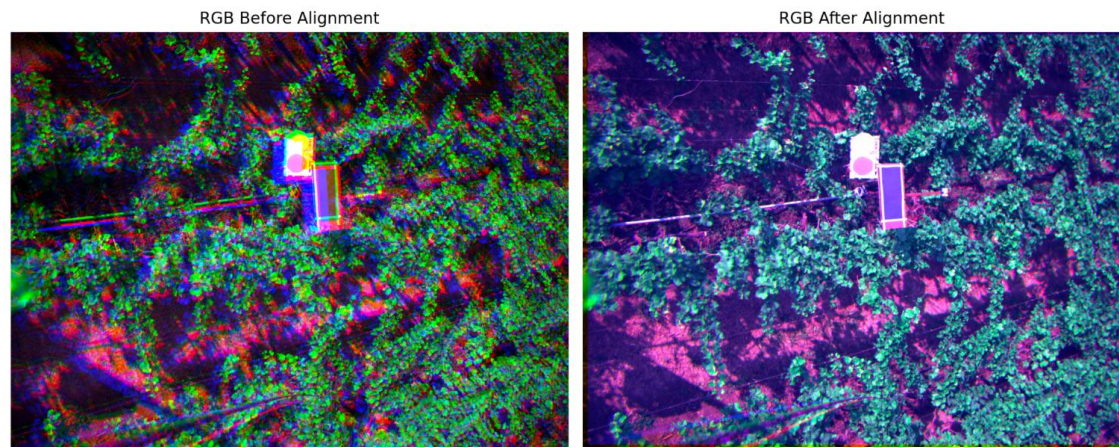
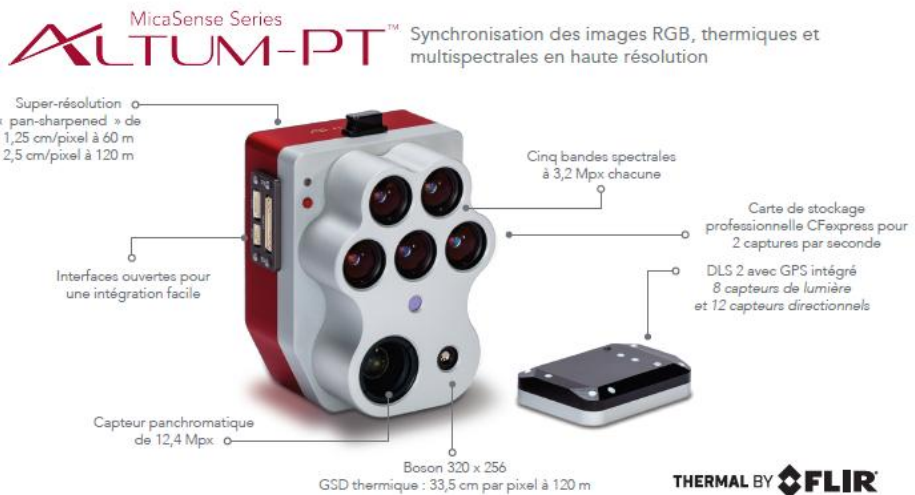
A 20m, on peut produire des cartes de température de surfaces des chaussées:

→ Repris par des médias généralistes



Credit: NASA



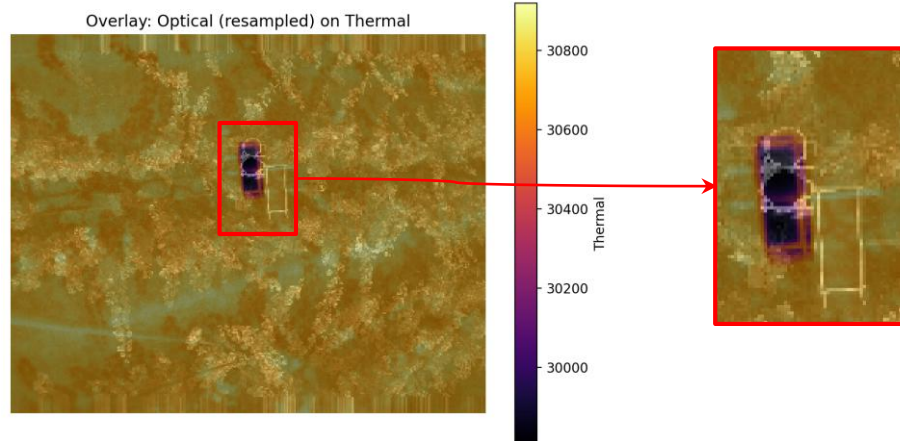


Radiometric Calibration Model for MicaSense Sensors

$$L = V(x, y) * \frac{a_1}{g} * \frac{p - p_{BL}}{t_e + a_2 y - a_3 t_e y}$$

Where,

- p is the normalized raw pixel value
- pBL is the normalized black level value
- a1 a2, a3 are the radiometric calibration coefficients
- V(x, y) is the vignette polynomial function for pixel location (x, y).
- te is the image exposure time
- g is the sensor gain setting (can be found in metadata tags)
- x, y are the pixel column and row number, respectively
- L is the spectral radiance in W/m²/sr/nm



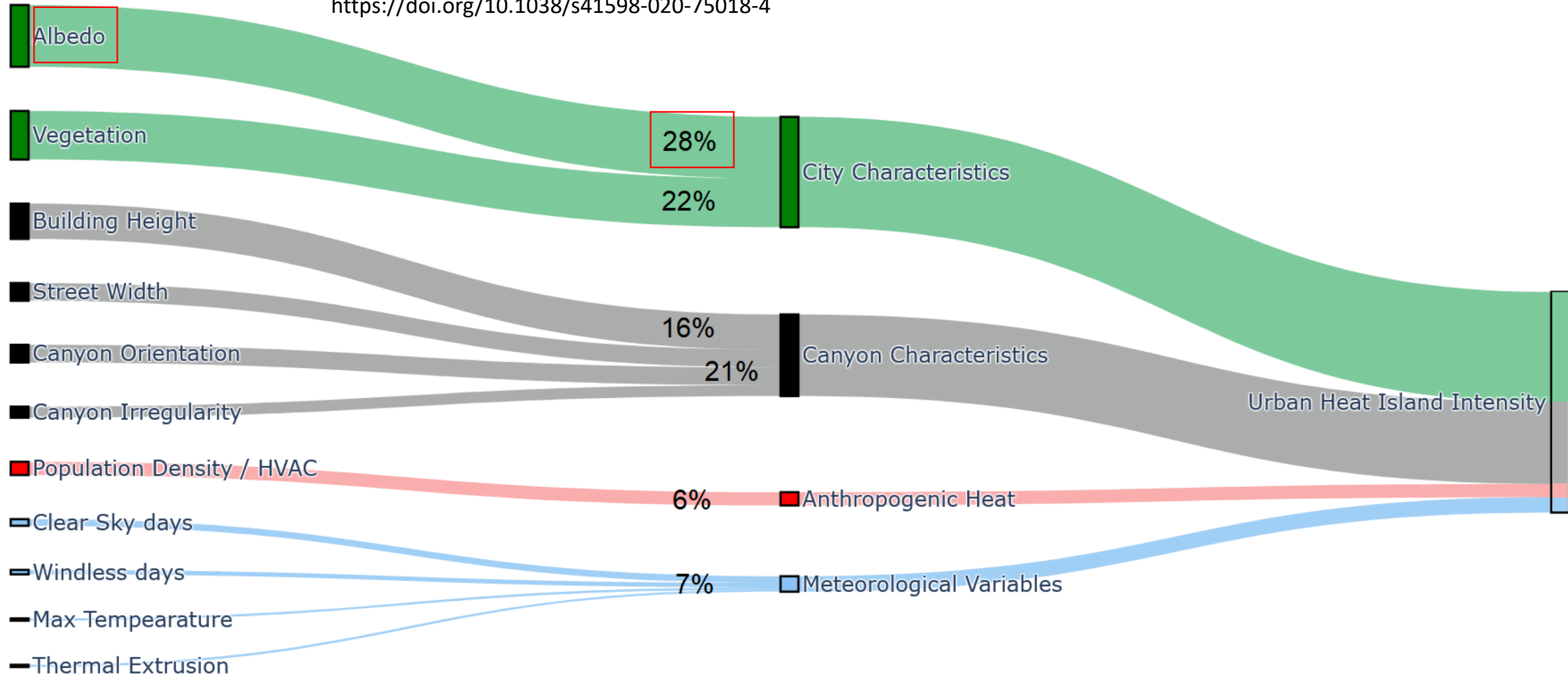
Outputs spectral radiance (W/m²/sr/nm)

UHI Intensity

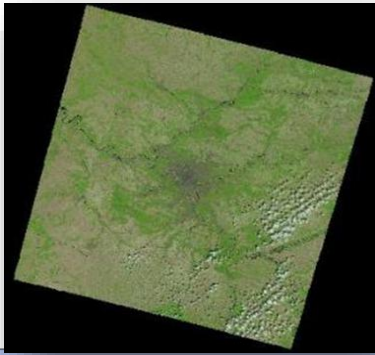
*Nature Scientific Reports

Sangiorgio, Fiorito, Santamouris, 2020

<https://doi.org/10.1038/s41598-020-75018-4>

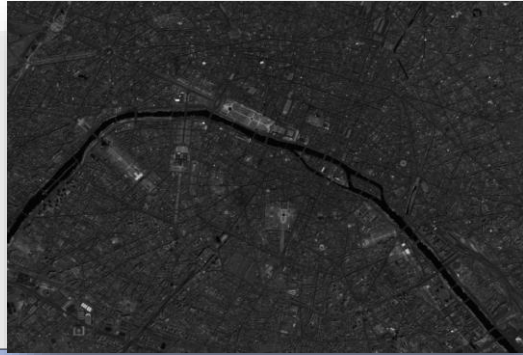


Exemple de génération de carte nationale d'albédo et d'inclusion dans la BDNB.



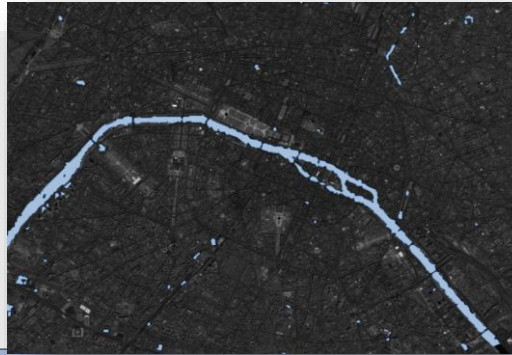
Récupération des images satellite Sentinel-2 pour toute la période estivale

- Résolution : 10m
- Période estivale pour éviter les effets saisonniers



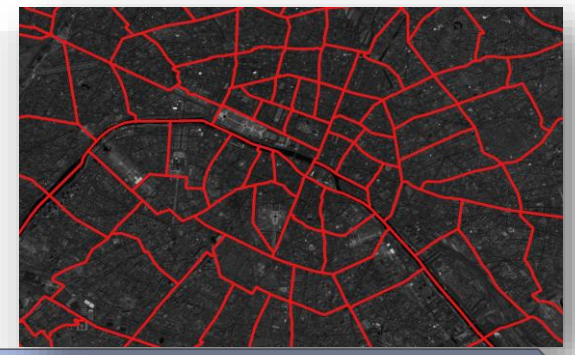
Reprojection et application d'algorithme narrow-to-broadband.

- Lambert-93 CRS



Intersection des pixels d'eau avec les données de couverture terrestre et élimination.

- Les pixels d'eau présentent des valeurs d'albédo très faibles



Indexation spatiale et calcul.

- Indexation spatiale : les requêtes SQL deviennent très efficaces !

- ✓ L'utilisation traditionnelle des fenêtres glissantes temporelles utilisées jusqu'à présent pour l'estimation de la BRDF est imitée par une fréquence élevée de couverture nuageuse, ce qui entraîne des inconsistances et des discontinuités dans les séries temporelles d'albédo.
- ✓ **L'utilisation du filtrage de Kalman** permet une meilleure estimation et une meilleure continuité temporelle des albédos estimés.

Moyenne glissante:

- nécessite un nombre d'observations supérieur ou égal au nombre de paramètres estimés
- peut entraîner des inconsistances entre 2 estimations: pas de garantie de continuité
- la régularisation et l'a priori n'enlève pas les points précédents

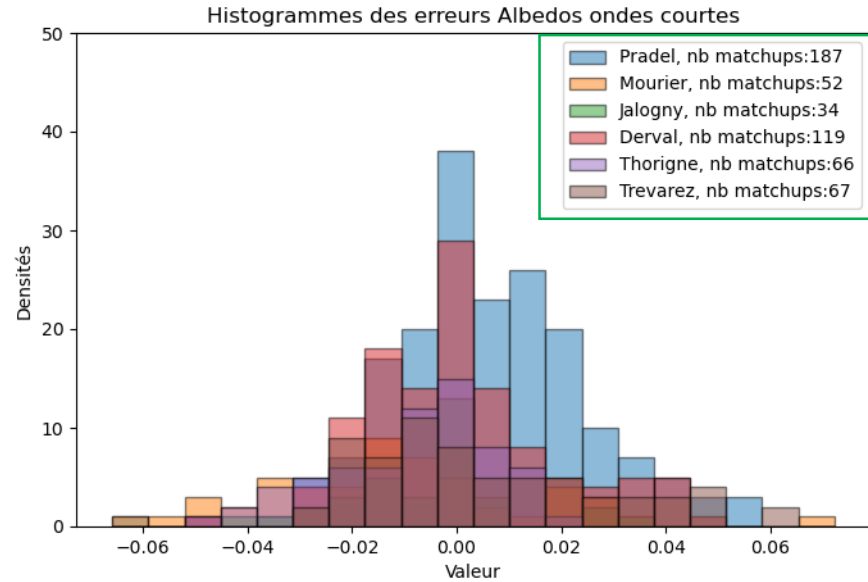
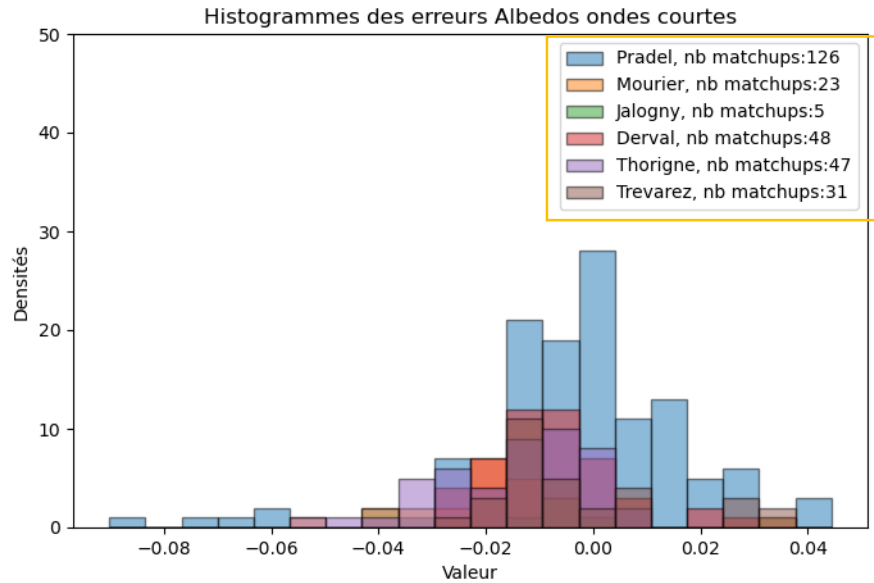
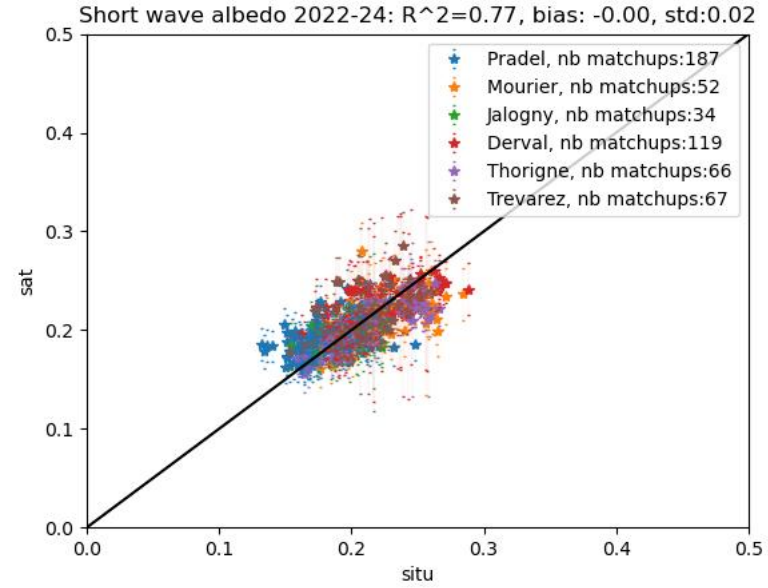
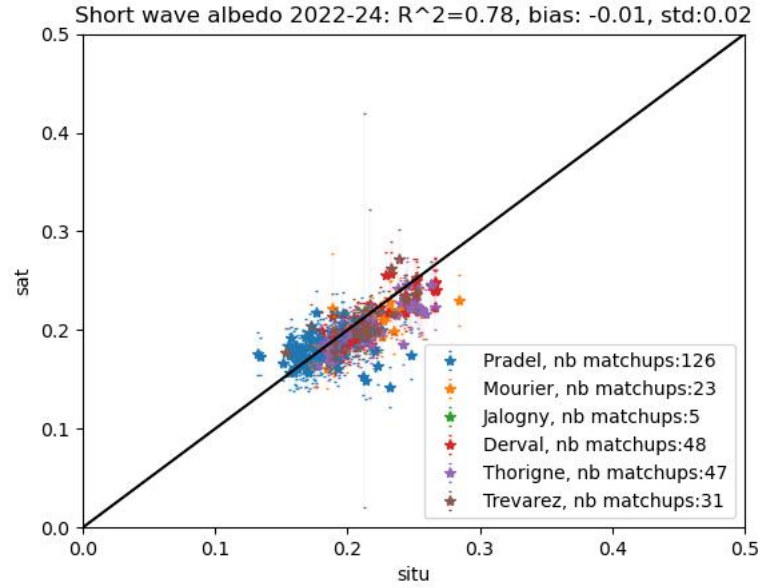
Filtrage de Kalman:

- Nécessite une bonne connaissance de l'a priori en valeur et matrice de covariance. Cet a priori peut être estimé à partir de données historiques
- Ne nécessite qu'une seule observation pour mettre à jour les estimations et l'a priori
- Permet des séries temporelles plus complètes et continues

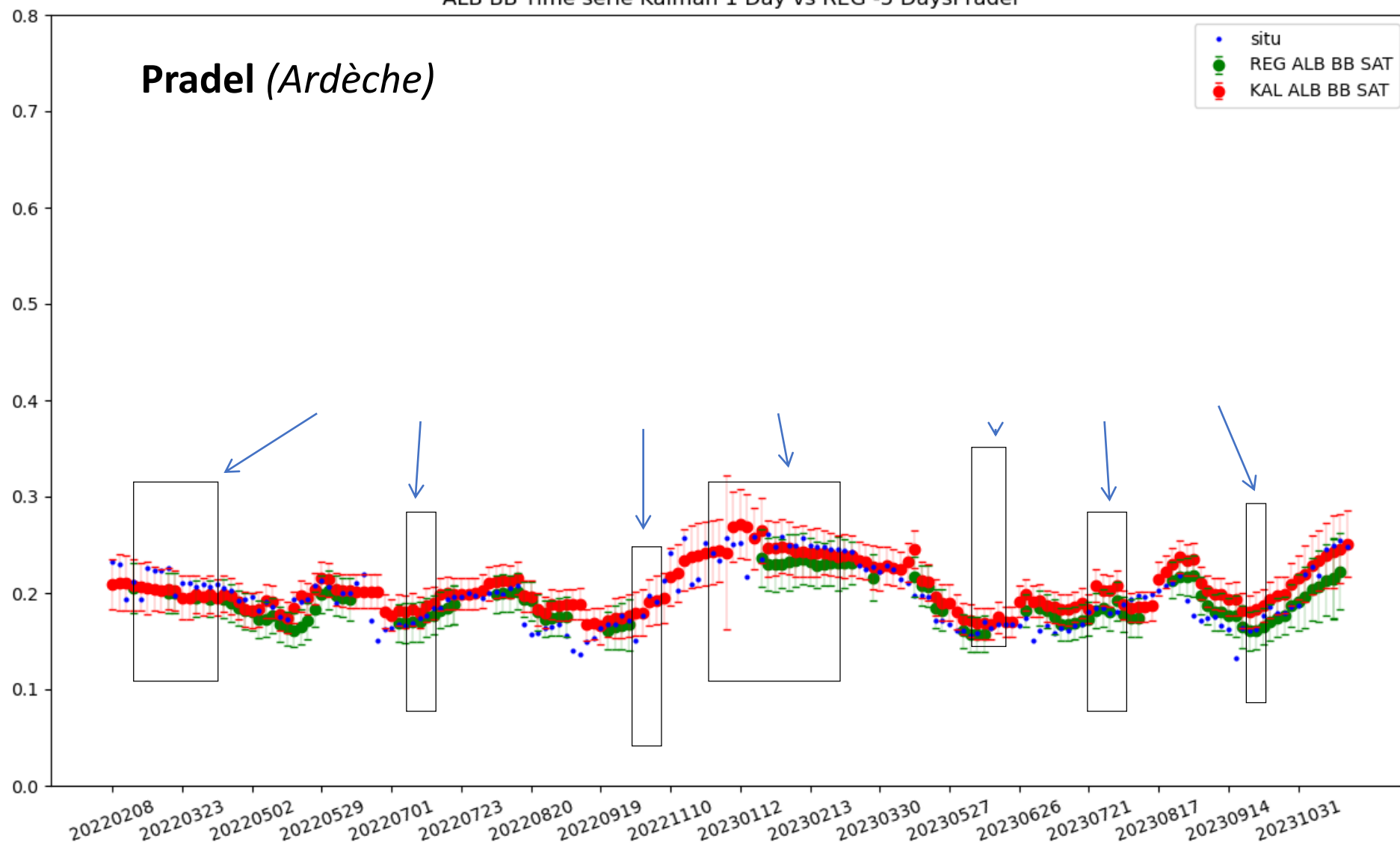
Regression Vs Kalman 2022-24

- Filtrage de Kalman [une seule image]
- Apriori calculé sur les 10 premières images

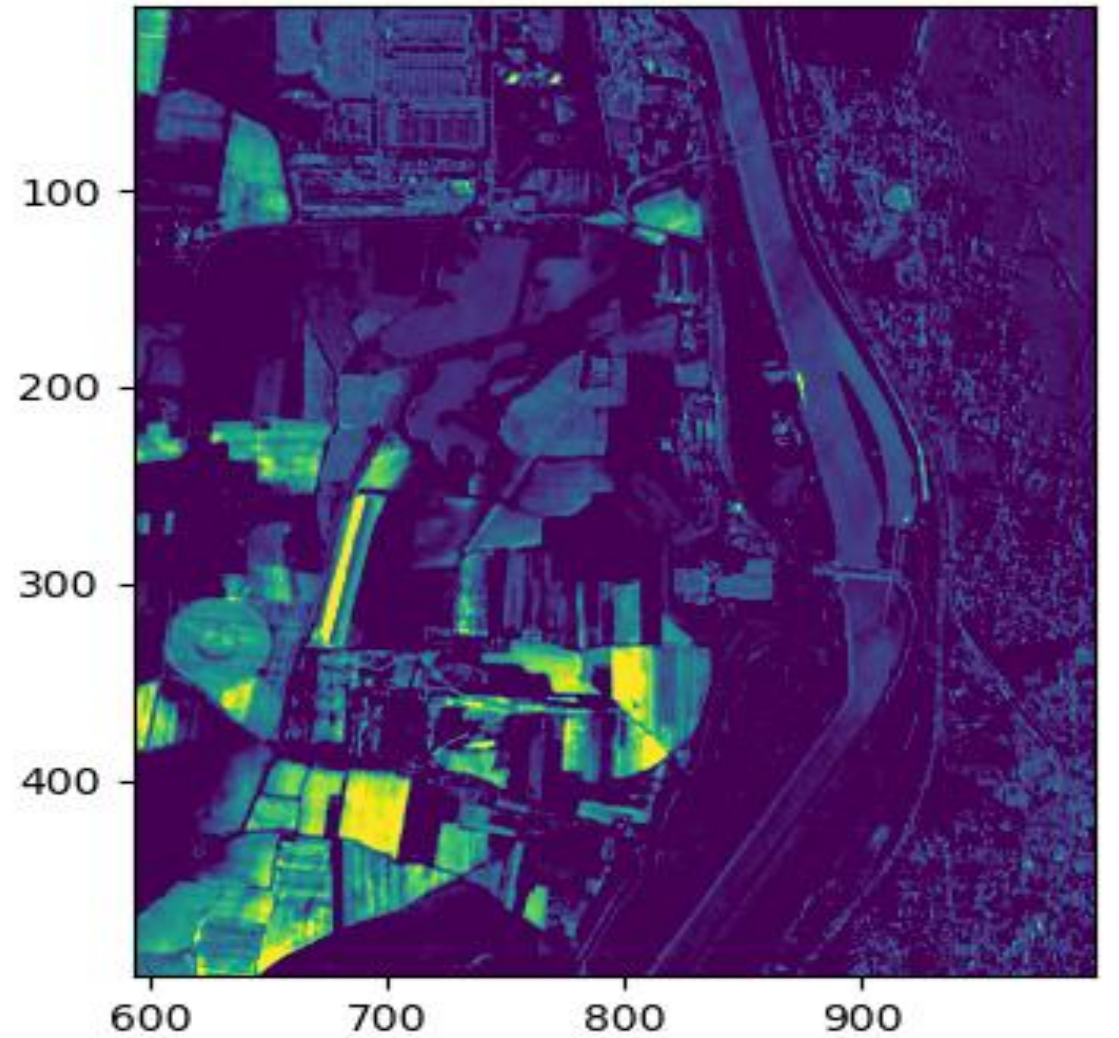
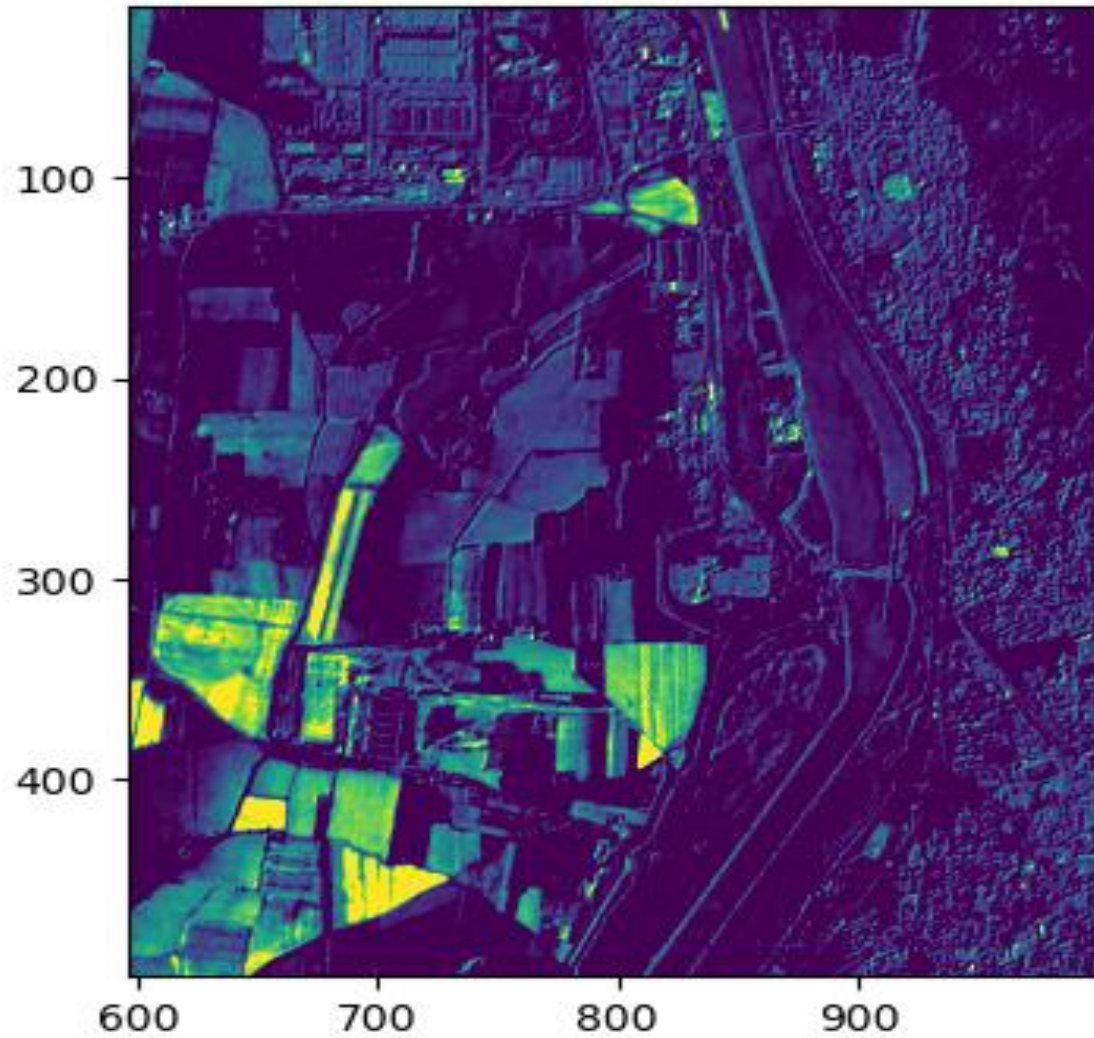
Régression classique [-4 images : image]

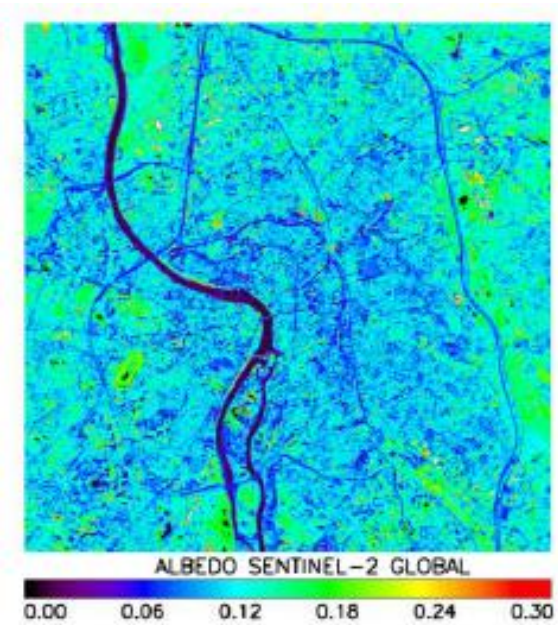


ALB BB Time serie Kalman 1 Day vs REG -5 DaysPradel

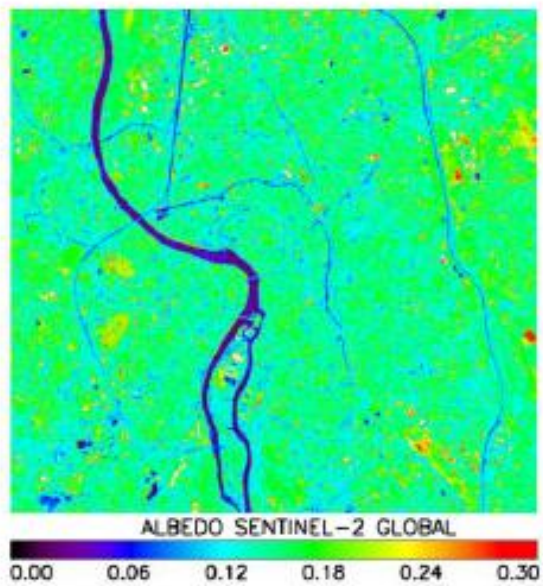


Inversion du modèle de BRDF avec rayonnement diffus (gauche) et sans (droite)



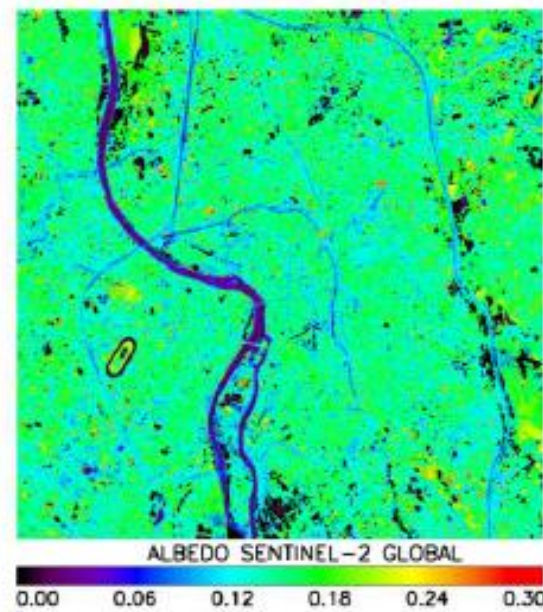


T1 2019

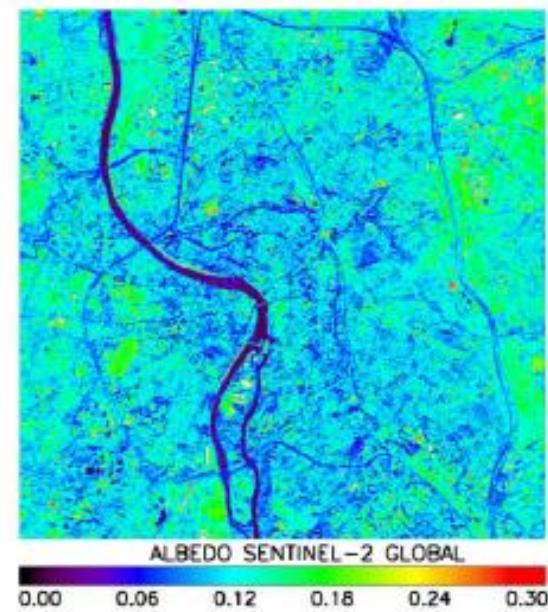


T2 2019

Tooulioussis



T3 2019



T4 2019



- L'approche par filtrage de Kalman permet d'offrir une meilleure continuité des champs estimés de BRDF et d'albédos pour les utilisateurs
- La qualité des estimations n'est pas (ou peu) dégradée
- Le nombre d'estimations peut être multiplié par 2 ou 3 selon les configurations
- Les meilleures estimations des albédos seront mises à disposition du projet **IMPROVE pour les années 2024 & 2025**. Ce projet vise à estimer des ICUs à haute résolution pour l'aide à l'aménagement urbain local des villes en France
- *Remerciements: CNES (projet SCO Sat4BDNB), ADEME (projet IMPROVE)*



<https://www.theia-land.fr/product/albedo-de-surface-sentinel-2/>

