

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 :

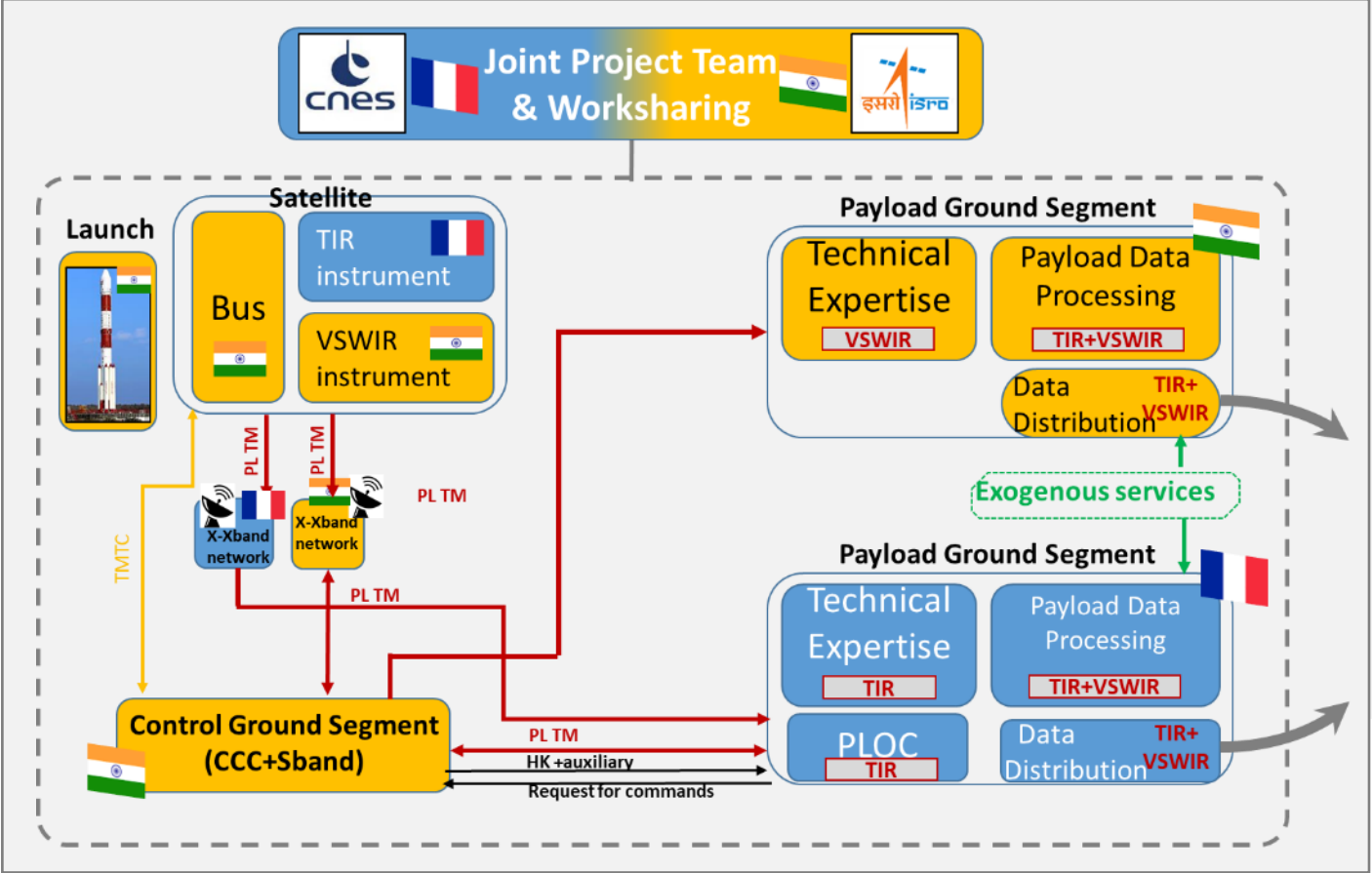
- Elle est **continue depuis plus de 50 ans**
- repose sur une **complémentarité technologique**
- s'inscrit dans une **relation diplomatique solide** entre la France et l'Inde

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



Définition de la mission TRISHNA

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



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 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
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

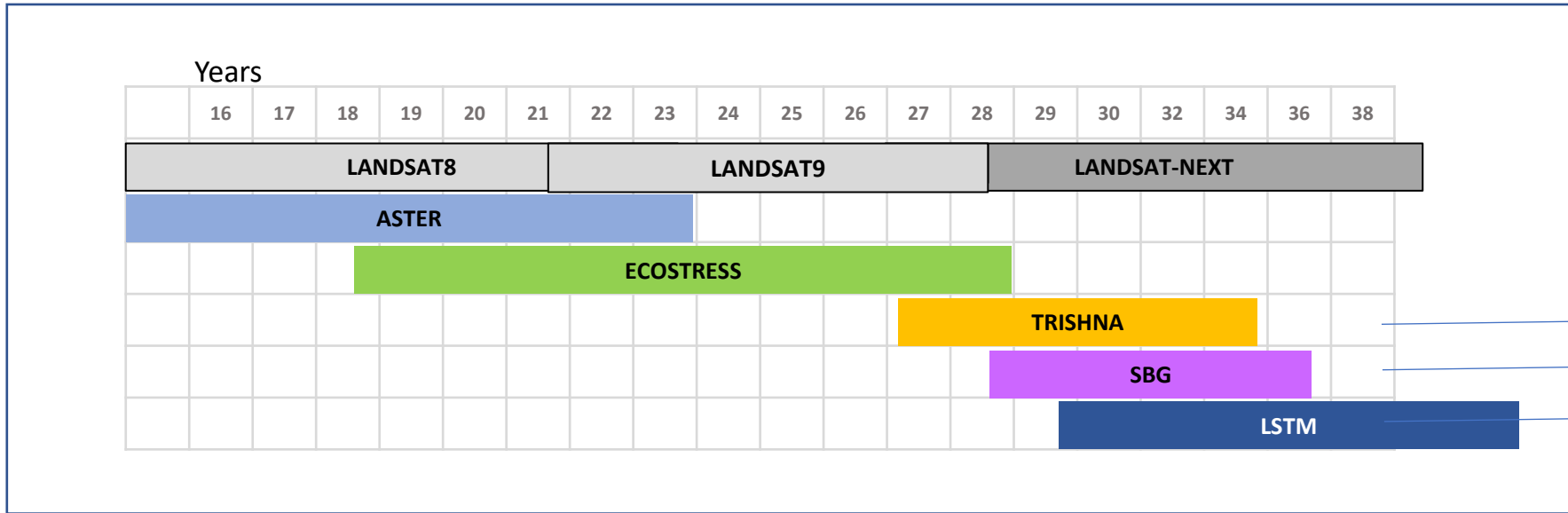
Level 2B

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

Level 3

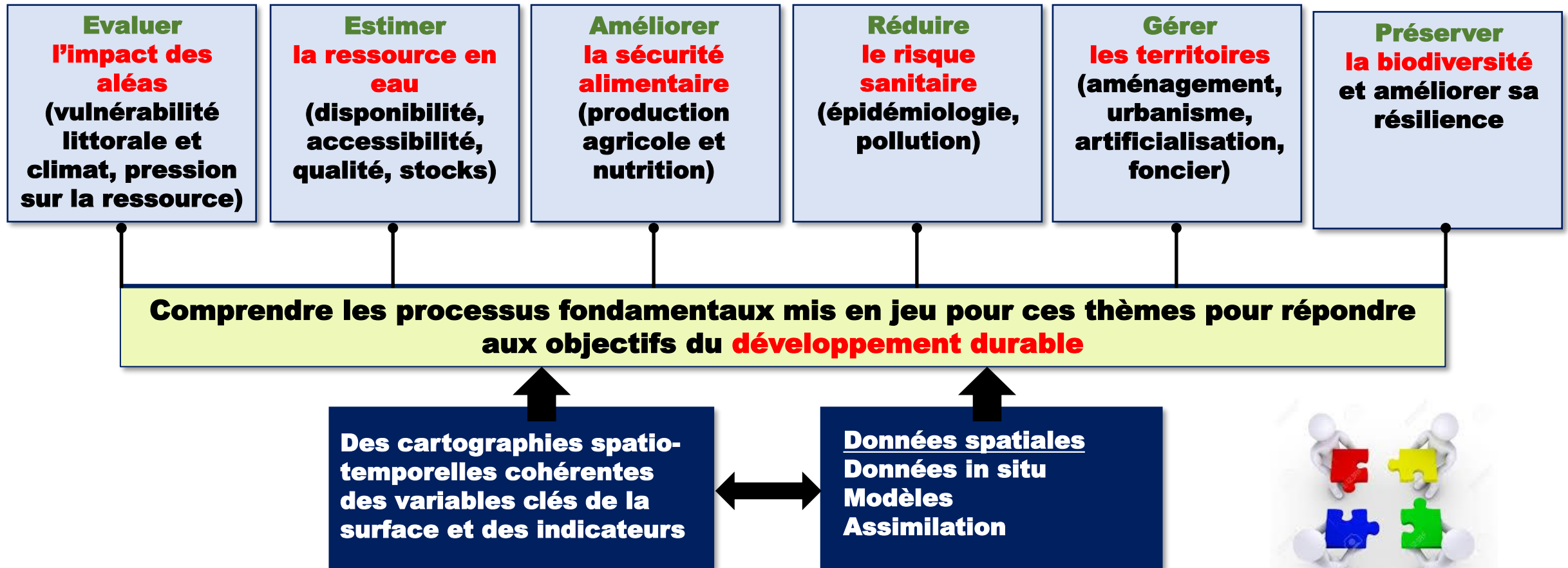
- ✓ Time series of daily evapotranspiration

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

Des retombées essentielles pour notre **ECONOMIE**, notre **SOCIETE** et notre **ENVIRONNEMENT**



Objectifs scientifiques de la mission TRISHNA

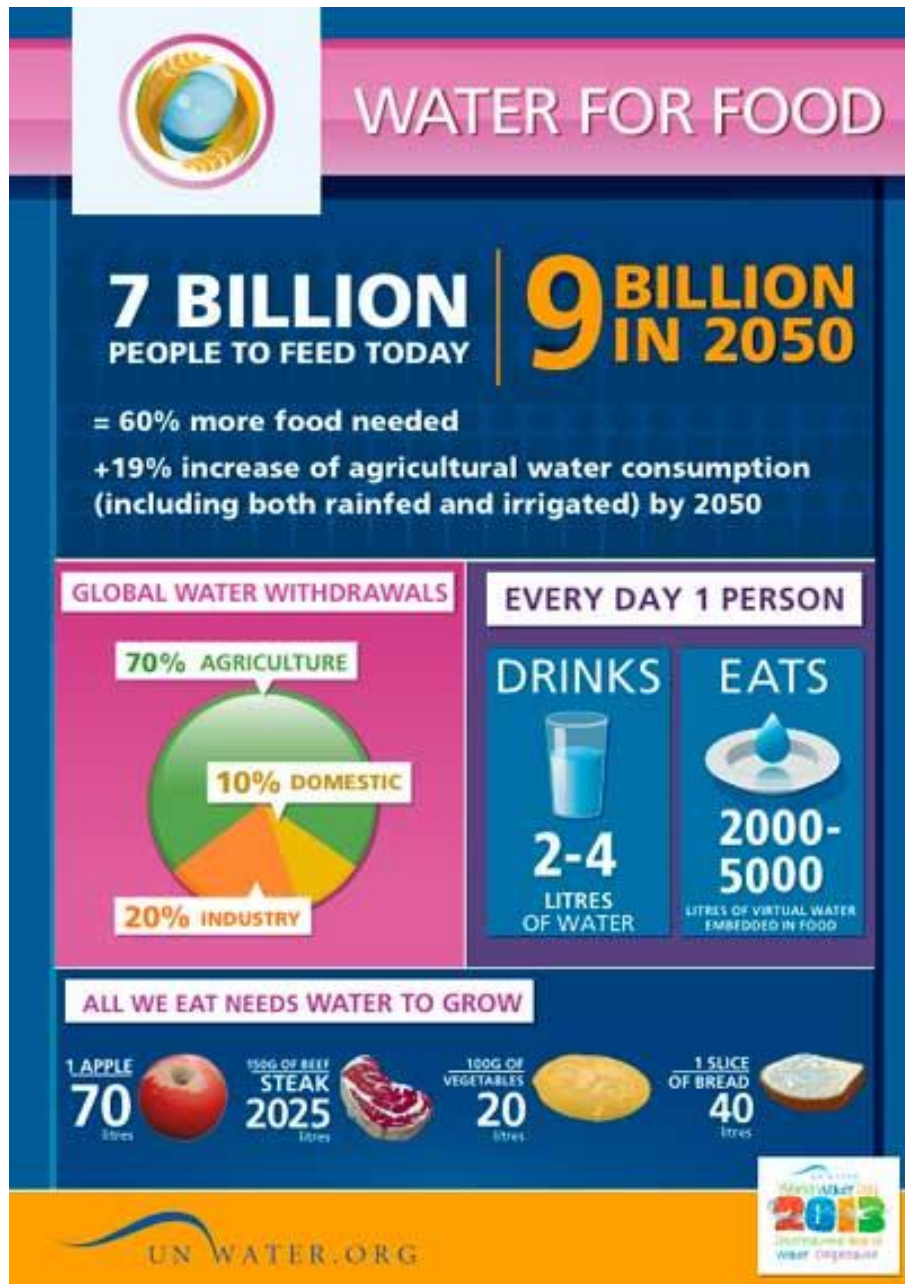
A. Thèmes pilotes (pour définir la mission)

- **Stress des écosystèmes et usage de l'eau**
(une meilleure gestion de la ressource en eau pour la sécurité alimentaire)
- **Côtier, littoral, eaux intérieures**
(qualité de l'eau, ressource halieutique, glace de mer)

B. Thèmes secondaires

- Suivi du microclimats urbain (caractérisation des îlots de chaleur)
- Cryosphère (suivi du manteaux neigeux et des glaciers, calottes polaires)
- Terres solides (détection des anomalies thermiques, volcans)
- Atmosphère (contenu en vapeur d'eau, aérosols, caractérisation des nuages)

Lien entre l'eau et la sécurité alimentaire => nourrir la planète !



Food and Agriculture Organization
of the United Nations

2017

- La consommation d'eau a augmenté à un rythme presque deux fois supérieur à celui de la croissance démographique
- La production alimentaire irriguée augmentera de plus de 50 % d'ici 2050, mais les prélèvements d'eau destinés à l'agriculture ne pourront augmenter que de 10 %

Water for Sustainable Food and Agriculture

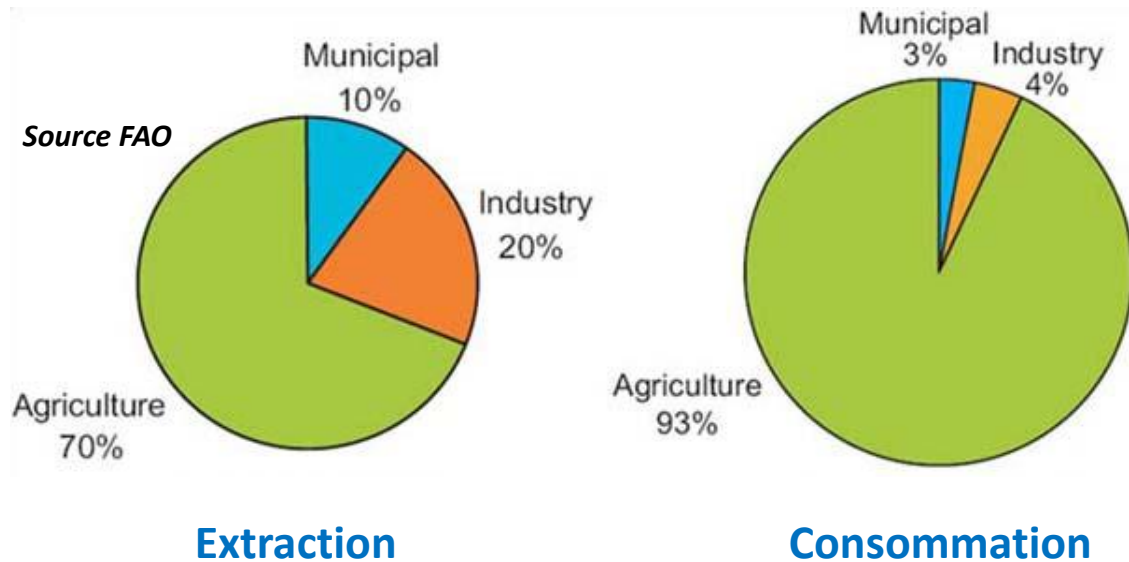
A report produced for the G20 Presidency of Germany

Stratégies générales

- Droits d'accès à l'eau et répartition optimisée
- **Une utilisation rationnelle de l'eau pour améliorer la productivité**
- **Acquérir de meilleures données et mieux les cartographier**
- Mesures d'incitation en faveur des mesures de lutte et du développement d'un système de micro-irrigation plus efficace
- Réduire le coût des subventions pour la consommation d'eau, d'énergie et d'engrais

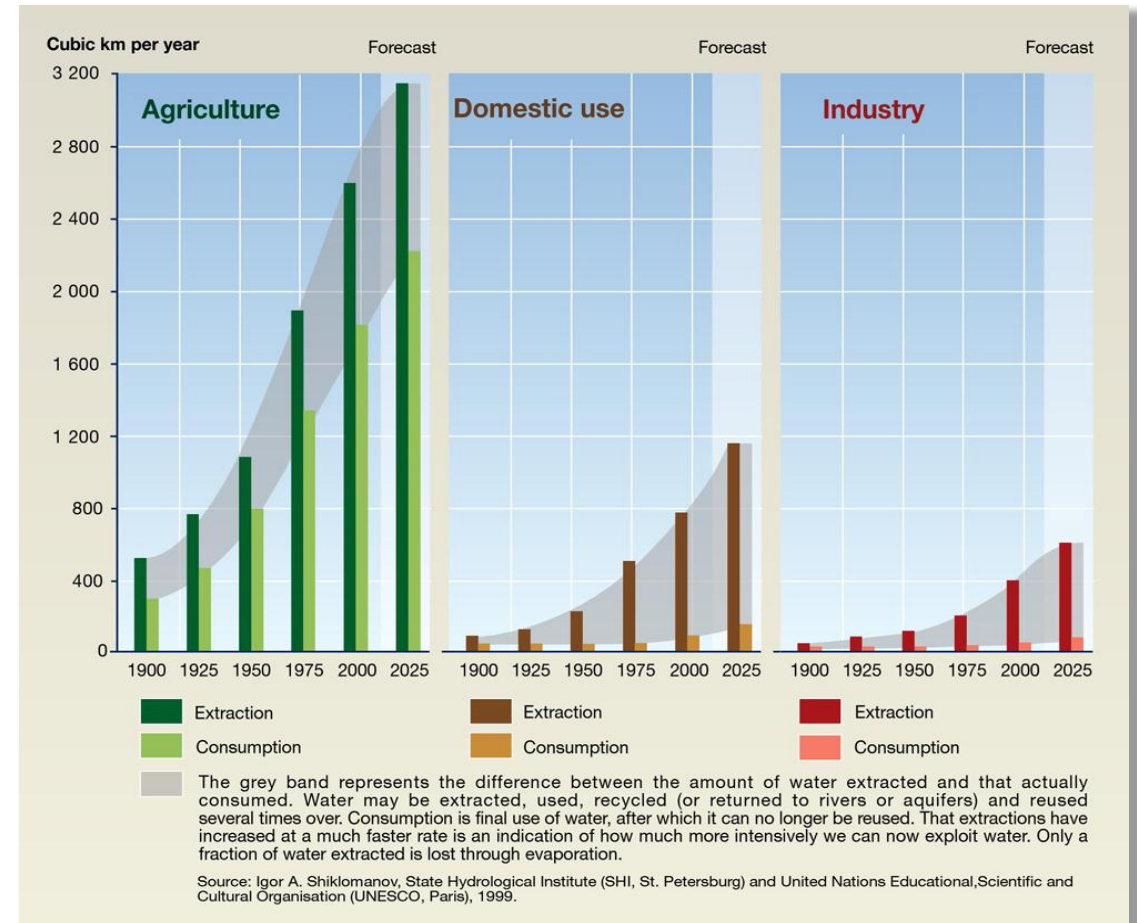
Pression sur l'approvisionnement en eau destinée à l'irrigation !

1. *L'eau renouvelable*
2. *La ressource en eau pure*

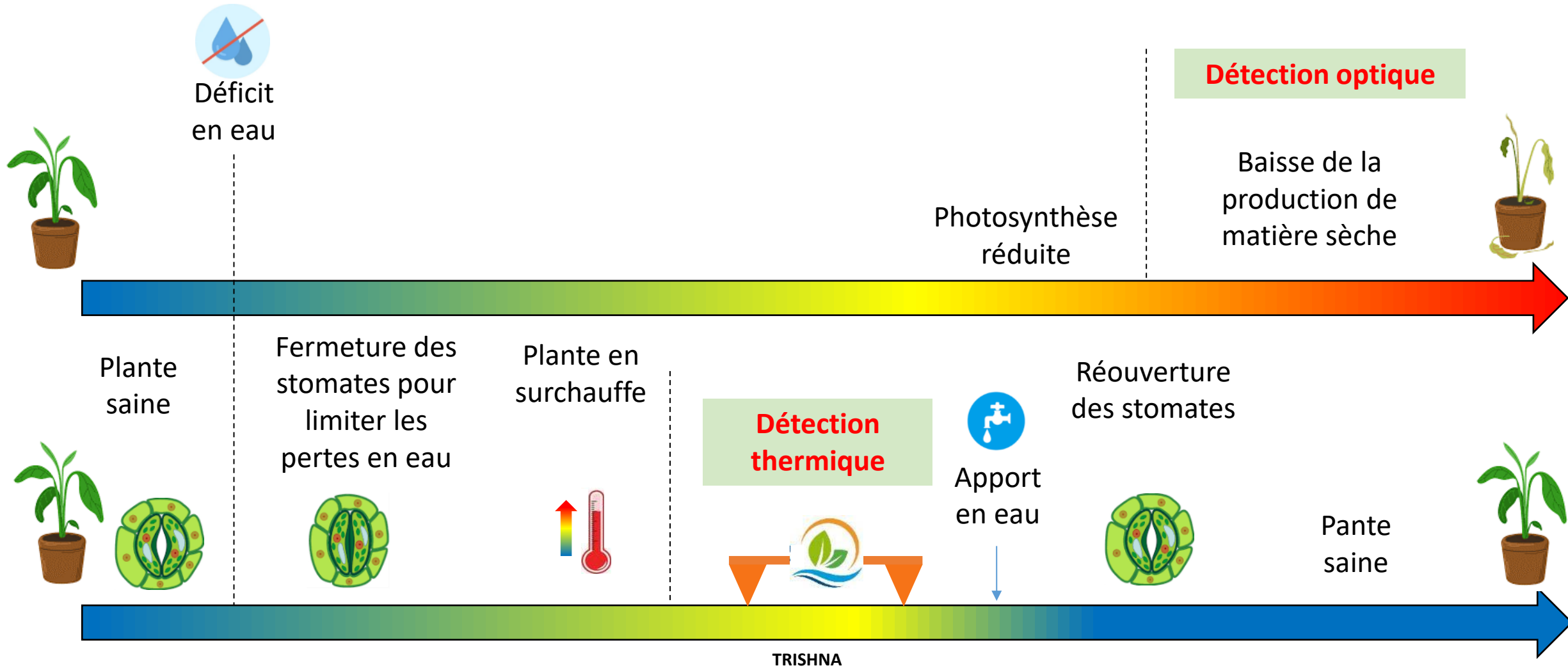


Agriculture : irrigation, bétail, aquaculture
Industrie : drainage, eaux usées, rafraîchissement, ...
Municipal : réseau public de distribution, ...

Accroissement accéléré de la consommation

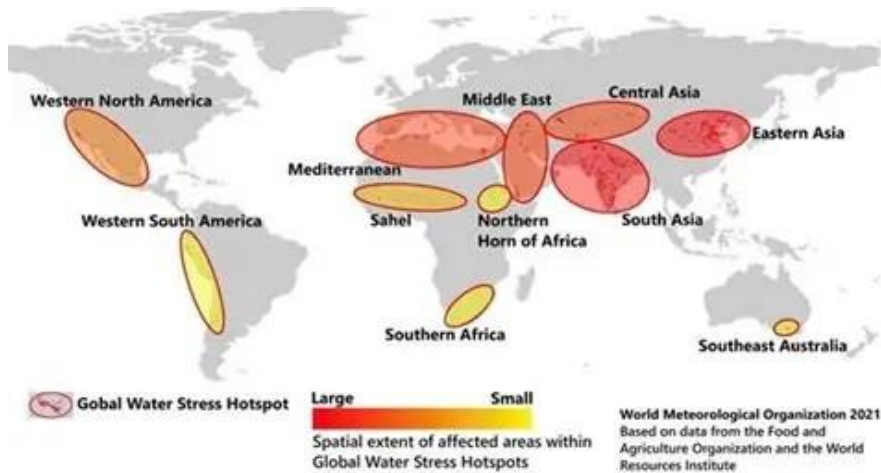


Stress & No stress

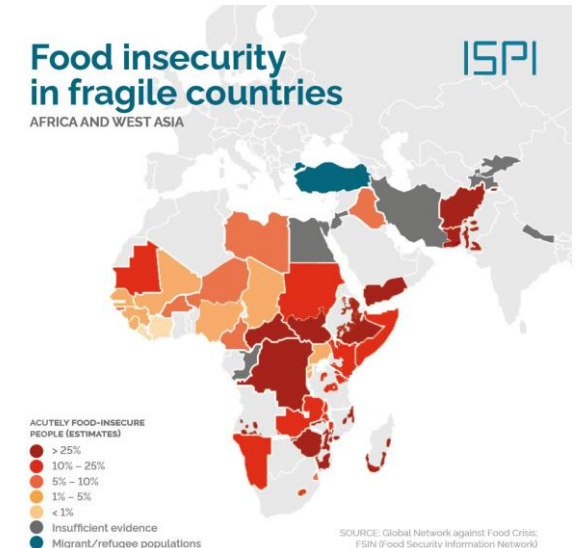
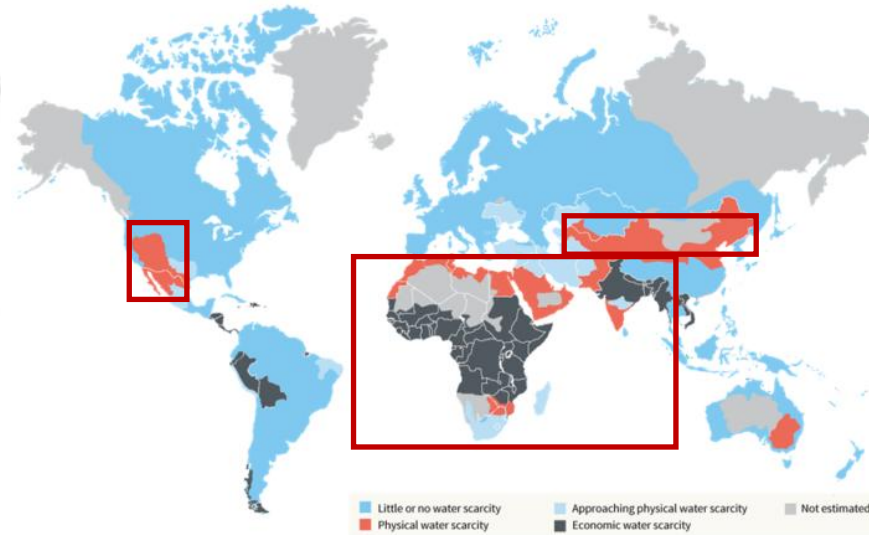


Contexte : pénurie d'eau et sécurité alimentaire pour les pays du Sud

Zones de stress hydrique



Rareté de l'eau



Stress hydrique extrême : 25 pays, dont 14 situés au Moyen-Orient et en Afrique du Nord ; augmentation de la demande en eau de 165 % d'ici 2050 par rapport à 2019.

Pénurie d'eau : ~ 4 milliards de personnes pendant au moins un mois par an (ce chiffre devrait passer à trois mois par an d'ici 2050)

2/3 de la population d'Afrique subsaharienne sont confrontés à une insécurité alimentaire modérée ou grave

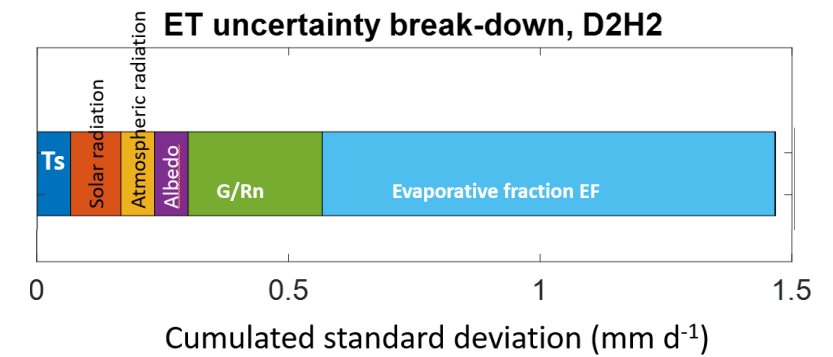
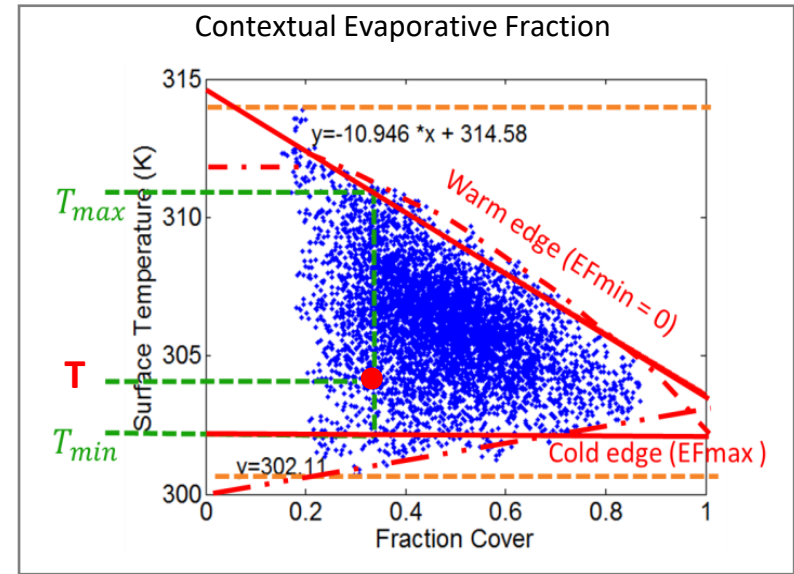
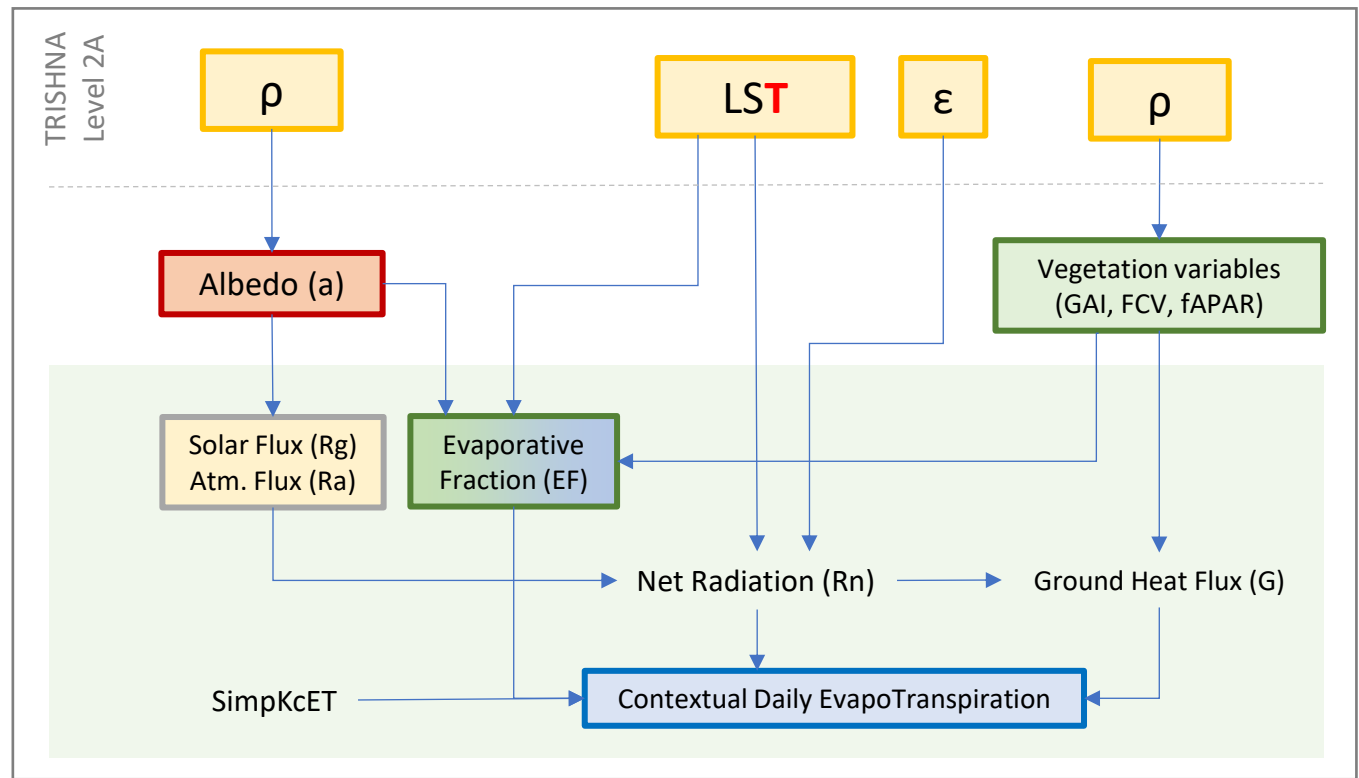
« Comment nourrir durablement la population croissante des pays du Sud face à l'accélération du changement climatique, à la dégradation des écosystèmes et à l'aggravation des inégalités géopolitiques ? »

'Le whisky est fait pour être bu ; l'eau est faite pour être disputée' - Mark Twain

➤ EVASPA ensemble model algorithm

$$\text{Evaporative Fraction} \\ EF = LE / (R_n - G) = (T - T_{max}) / (T_{min} - T_{max})$$

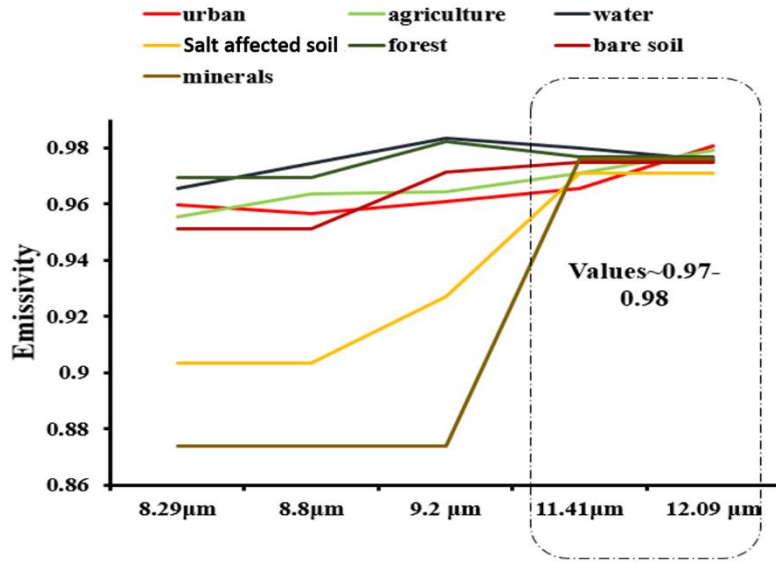
Computation of contextual evapotranspiration
Simplified flowchart (atmospheric variables and other exogenous inputs not shown)



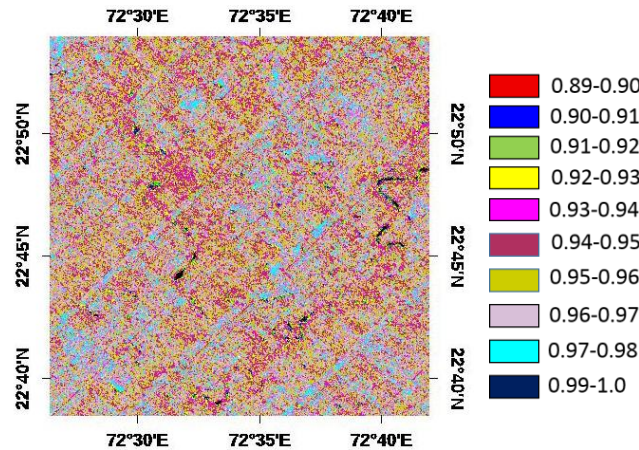
Uncertainty assessment on 1 date using "novice" precision levels for inputs (ESA SurfSense Airborne data, Grosseto, Italy)

Applications of High-resolution Thermal Infrared Observations : Initial results from ECOSTRESS mission

Spectral Emissivity in Thermal Infrared region

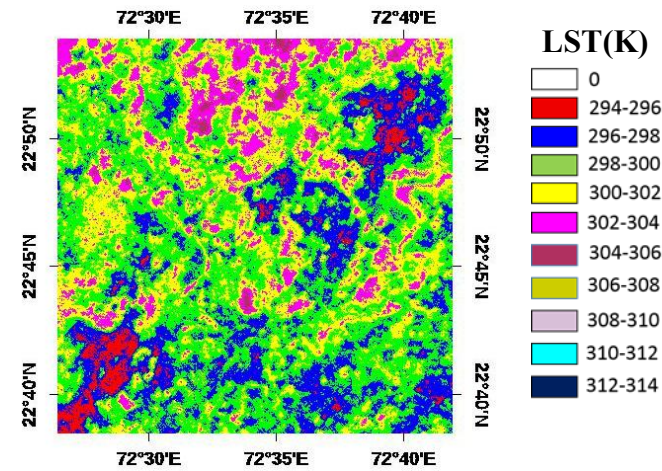


Broadband emissivity over agricultural patches

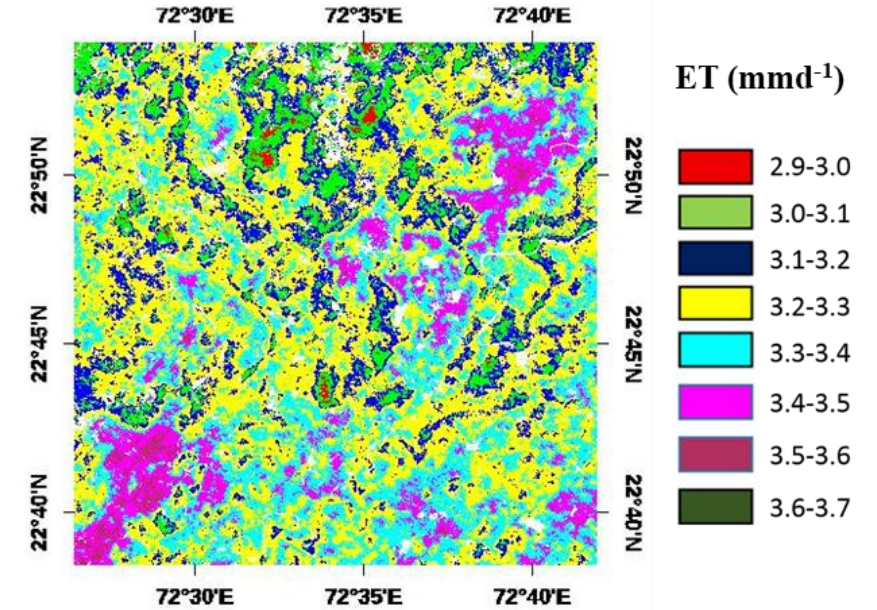


65 m spatial resolution

Land Surface Temperature (LST) over agricultural patches ECOSTRESS (10:00 hrs) 9th March, 2019



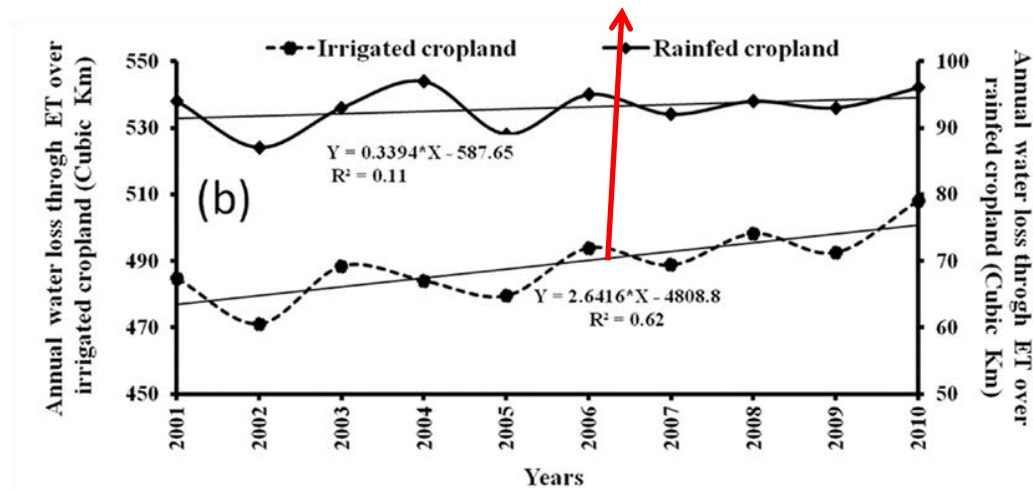
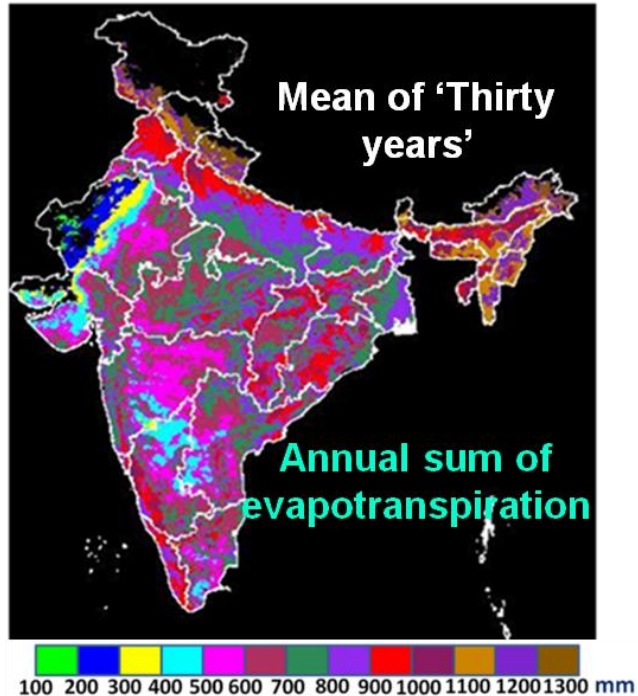
High resolution (65m) land evapotranspiration (ET) from SAC model



- Surface emissivity is an uncertain input to retrieval Land Surface Temperature (LST)
- Spectral thermal emissivity below 11 micrometers showed distinct differences among different land use types
- High resolution evapotranspiration and crop water stress could be estimated using SAC-model using surface energy balance framework
- Analysis of such observations would help in understanding of data processing, parameter retrieval and applications from ISRO-CNES future TRISHNA high-resolution Spaceborne thermal IR mission.

Consommation d'eau dans l'agriculture et productivité de l'eau (1/2)

Perte d'eau par évapotranspiration mesurée par satellite



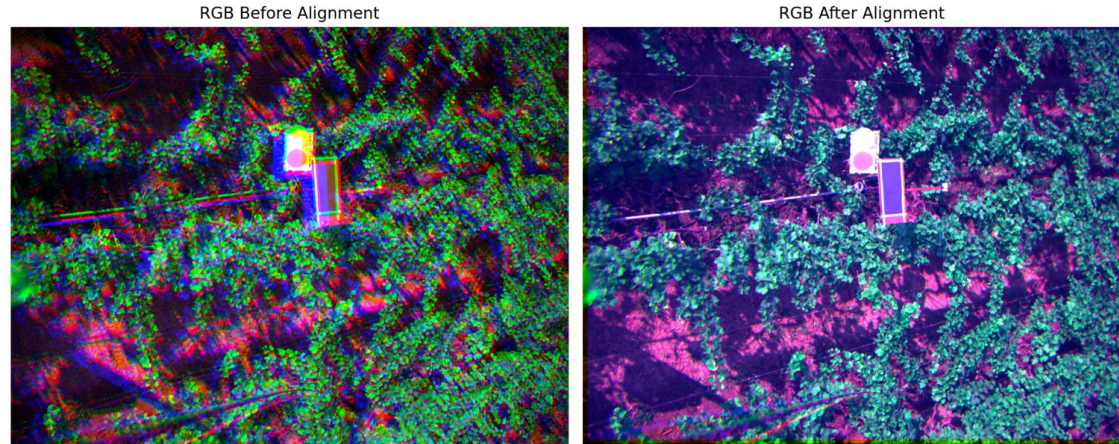
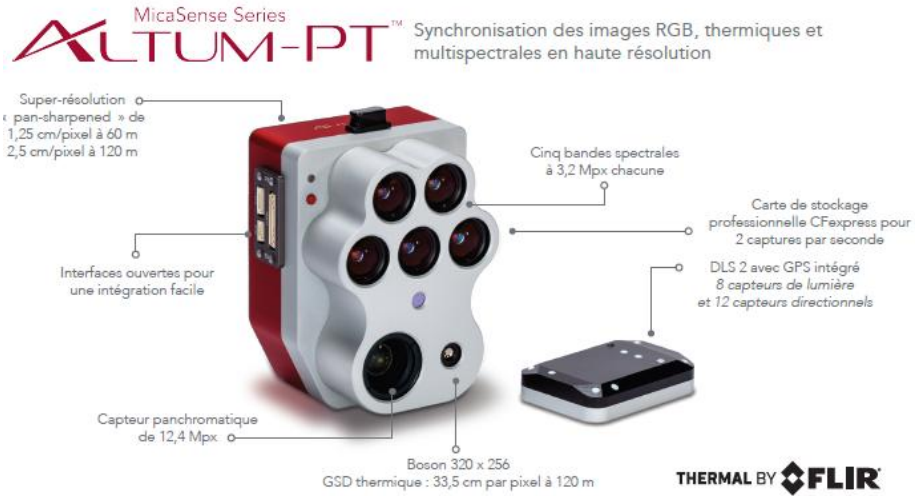
La consommation d'eau pour l'agriculture irriguée augmente à raison de 4 km³ par an

Il existe en Inde un écart important (160 km³) entre les prélèvements d'eau destinés à l'irrigation et la consommation d'eau dans le secteur agricole.

[Sweta et al (2018), Agri. Water Management]

L'Inde => un exportateur net de « **débit d'eau virtuel** » à raison de 1 % du volume total d'eau disponible par an provenant de 10 cultures très gourmandes en eau.

Exemple : si 1 tonne de viande bovine nécessite 15 000 m³ d'eau et un pays exporte 100 tonnes/an, le « **débit d'eau virtuel** » exporté = 100 × 15 000 = **1 500 000 m³/an**.

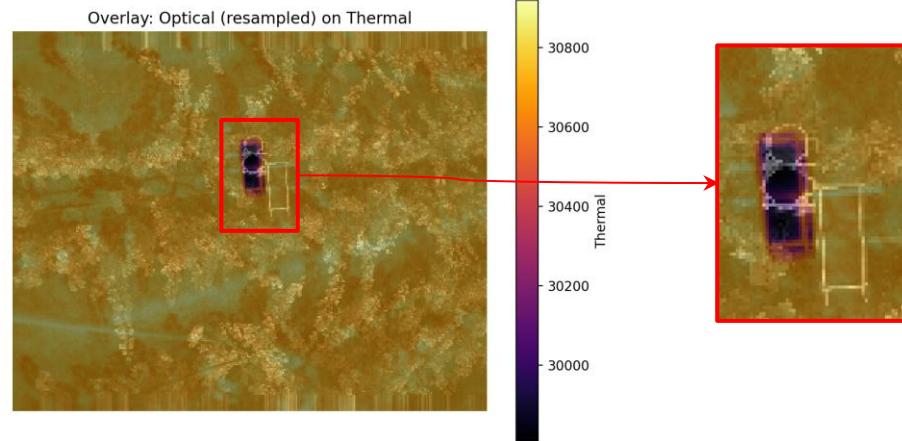


Radiometric Calibration Model for MicaSense Sensors

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

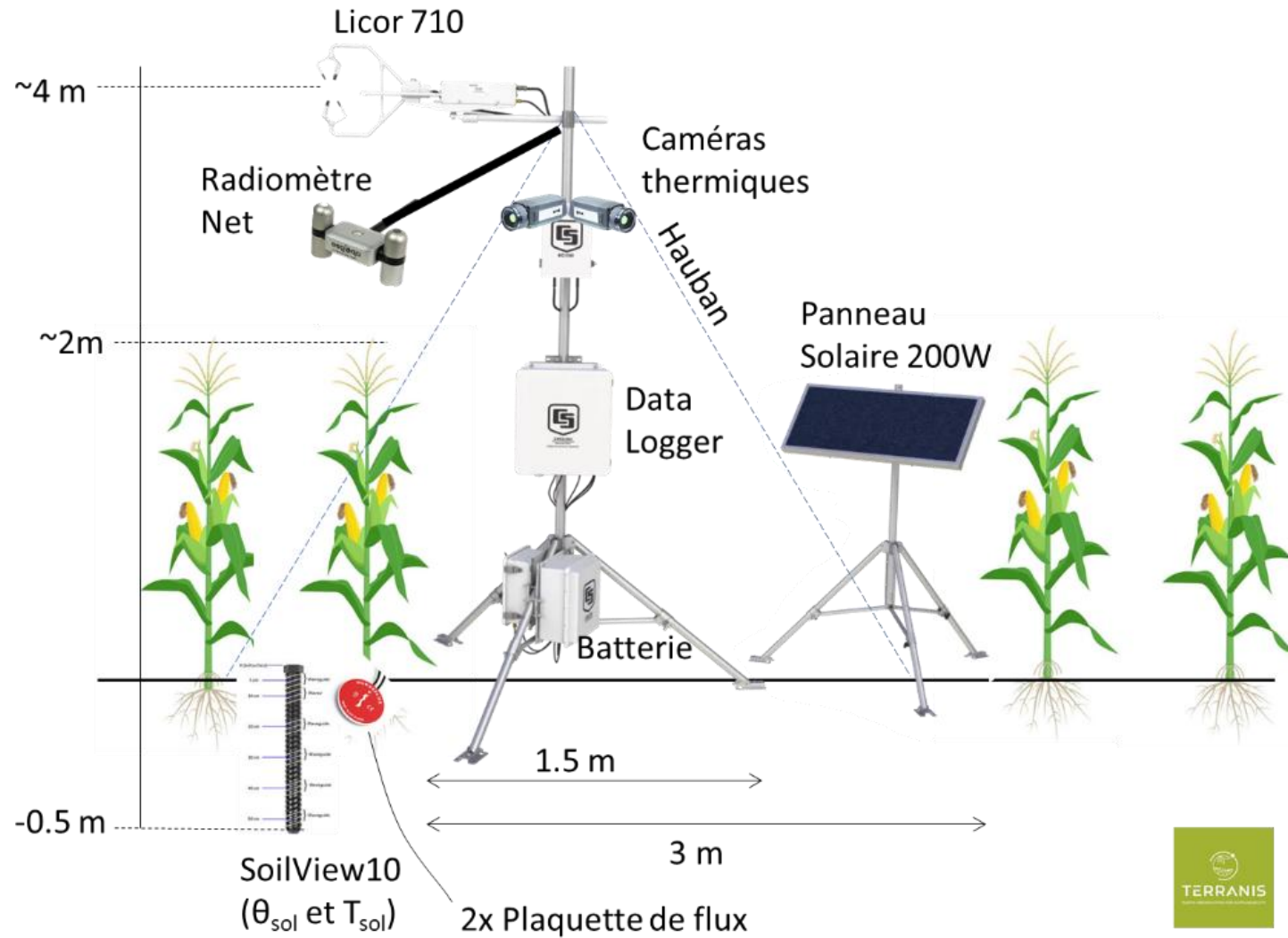
Where,

- 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



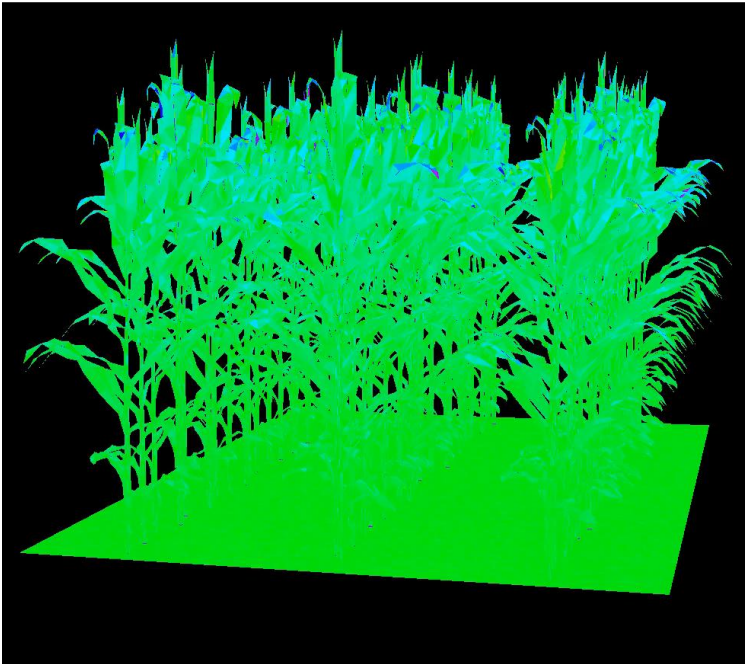
Outputs spectral radiance (W/m²/sr/nm)

Des mesures terrain pour modéliser les phénomènes et préparer la validation des produits



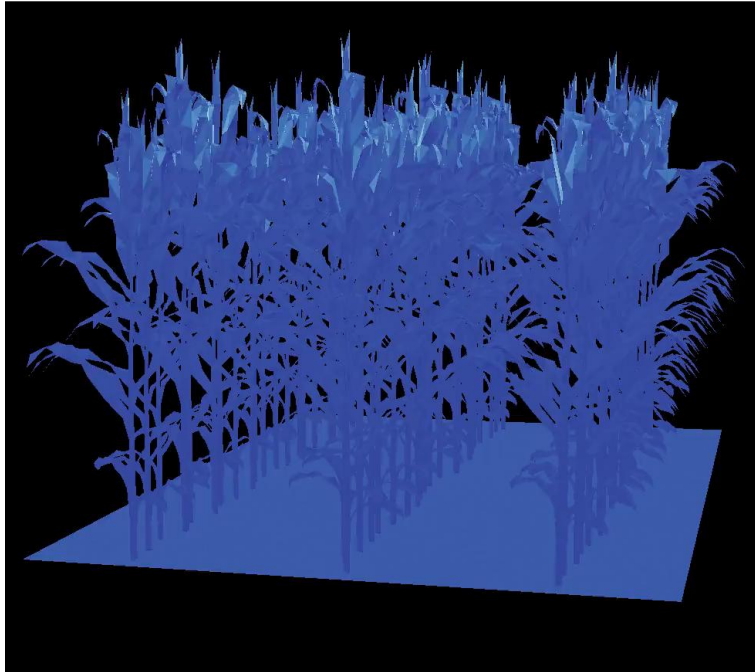
Température

GMT – 06:00



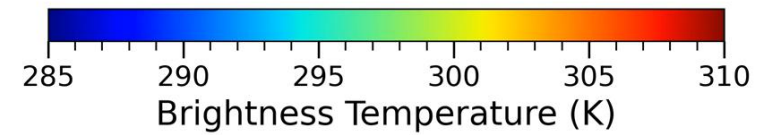
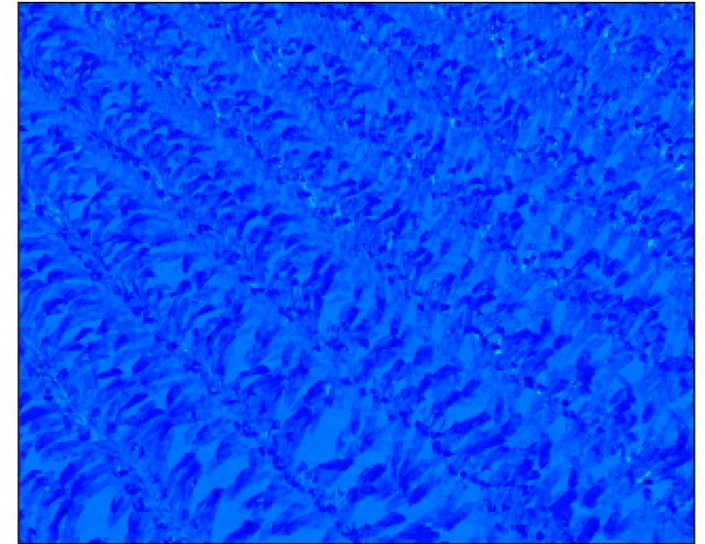
Evapotranspiration

GMT – 06:00

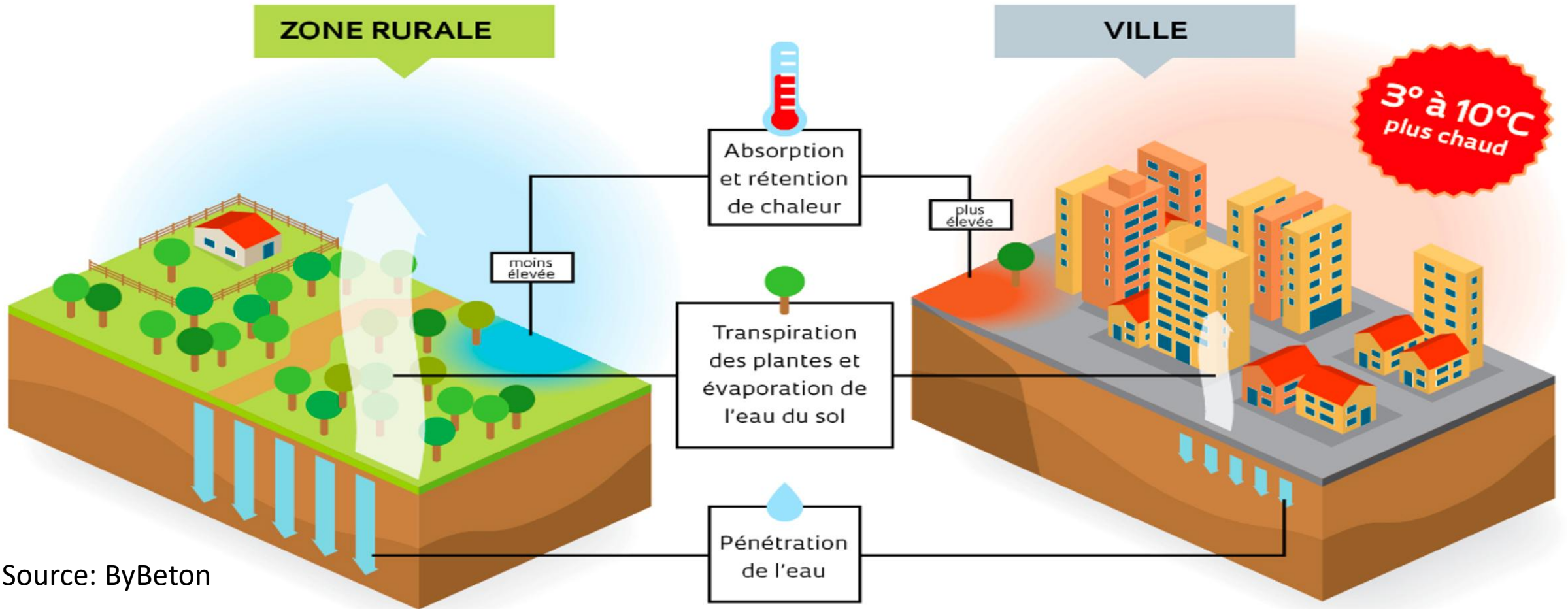


Température de brillance

GMT - 06:00



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.

Succès des cartes de températures de surface

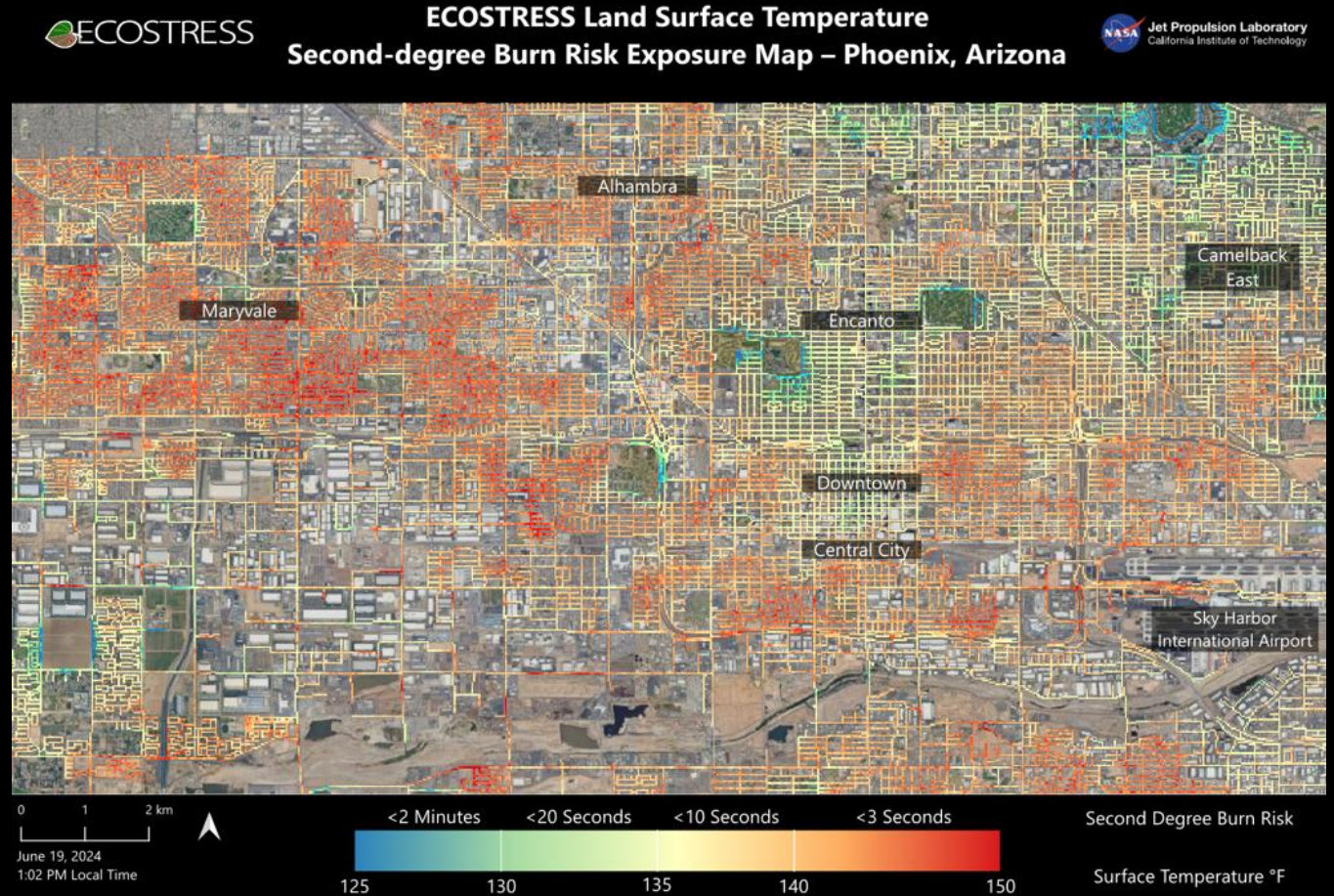
Risques de brûlures à Phoenix, Arizona

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

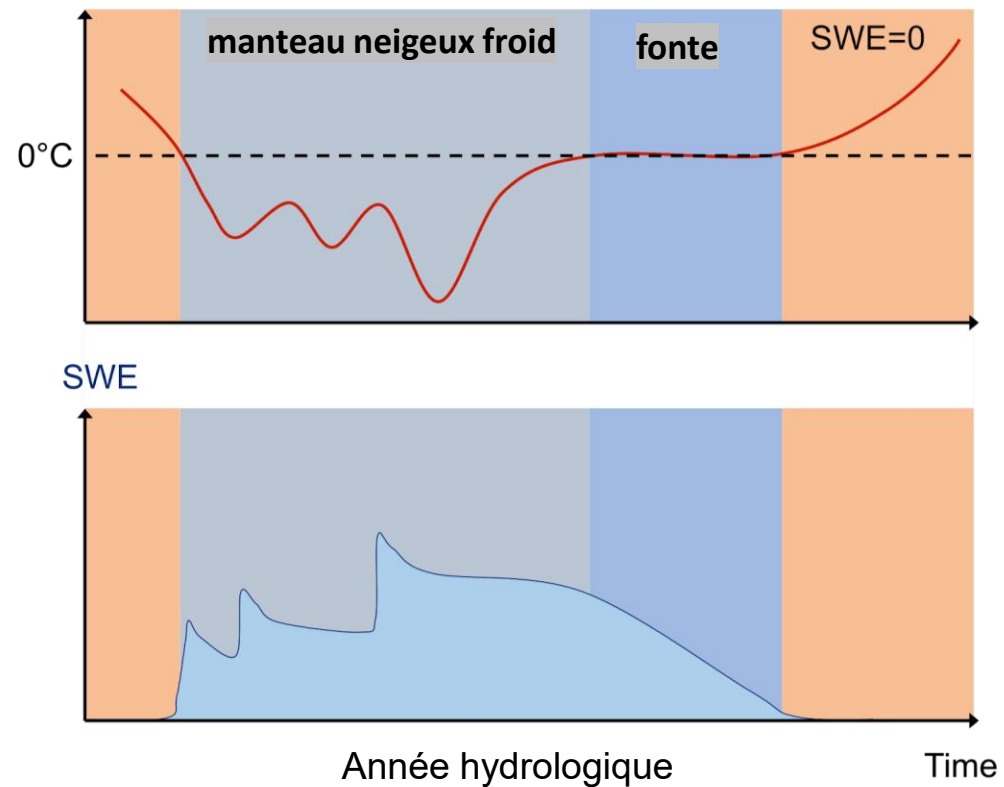
→ Repris par des médias généralistes



Credit: NASA



La température de surface permet d'améliorer la prévision de la fonte de la neige



SWE : équivalent en eau de la neige (densité, profondeur)



Préparation de la mission sur terre ... et sur mer !



Malegaon vineyard site, Maharashtra (2021-)



Berambadi Flux Tower (2023-)



Berambadi: 11 SM+TIR monitoring stations (2022-) + UAV (2024)

Mesures climatiques et écophysologiques

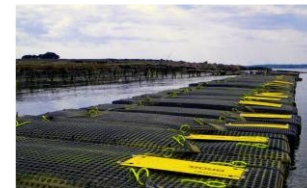
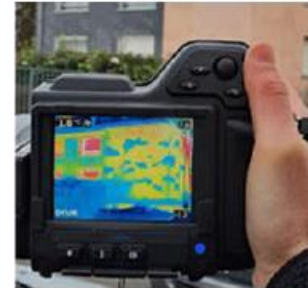
Station météo
Sonde de température et d'humidité

Mesure de la vitesse de circulation de la sève

Etude de la granulométrie du sol

Capteur d'humidité du sol

Collecte des mesures



Coast HF station

Saildrone

ECOSCOPA station

Waverider buoy