

L'observation des nuages par télédétection passive : du nuage homogène vers le nuage tridimensionnel ?

7 février 2025

Céline Cornet – Laboratoire d'Optique Atmosphérique/Université de Lille

avec plusieurs étudiant.e.s et collègues qui sont indiqué.e.s dans les publications citées.

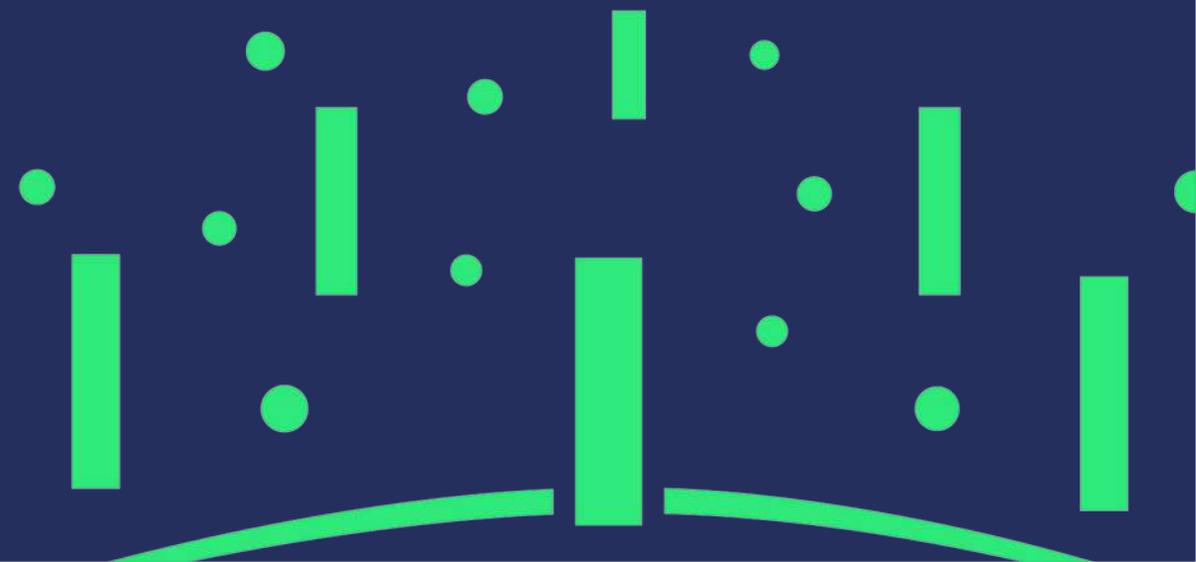


LOA
LABORATOIRE D'OPTIQUE
ATMOSPHERIQUE

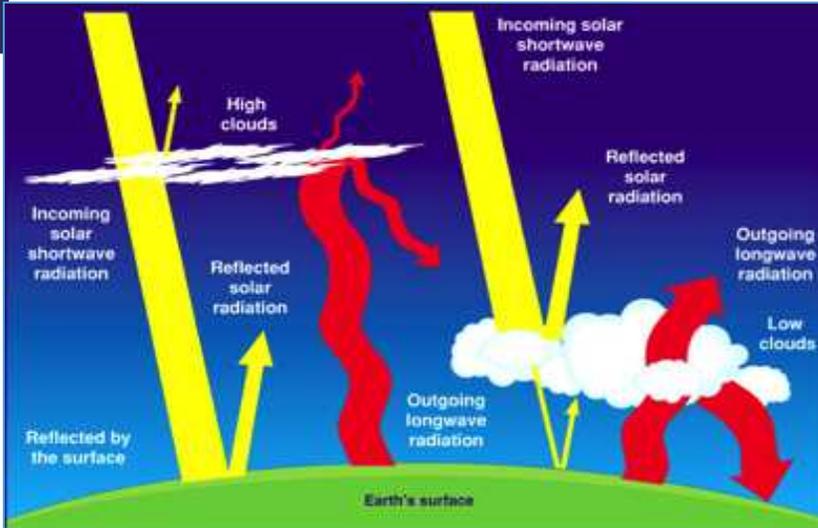
 Université
de Lille



Introduction - Contexte



L'effet radiatif des nuages dans le système climatique



Paramètres clés d'origine anthropique :

- 1- Augmentation de la température globale (GES)
- 2- Variation de la quantité d'aérosols



Rétroactions nuageuses sur le bilan radiatif :

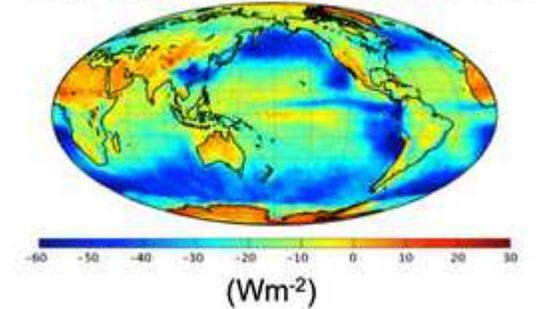
- 1- Rétroaction vraisemblablement > 0
- 2 -Entre 1750 et 2010, forçage radiatif semble < 0



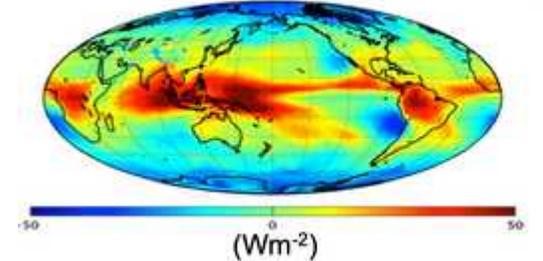
Incertitudes importantes (GIEC, 2021)

Evolution de la couverture nuageuse et de ses caractéristiques

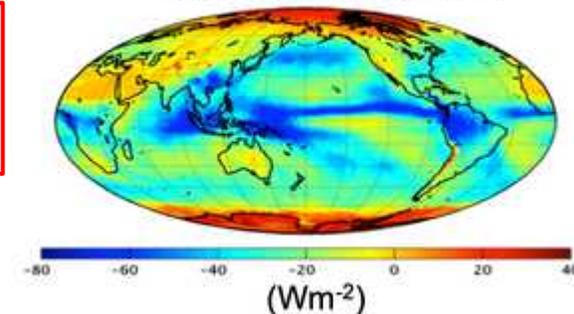
Top-of-Atmosphere Net CRE



Within-Atmosphere Net CRE



Surface Net CRE



Nuages bas = effet parasol = effet radiatif négatif



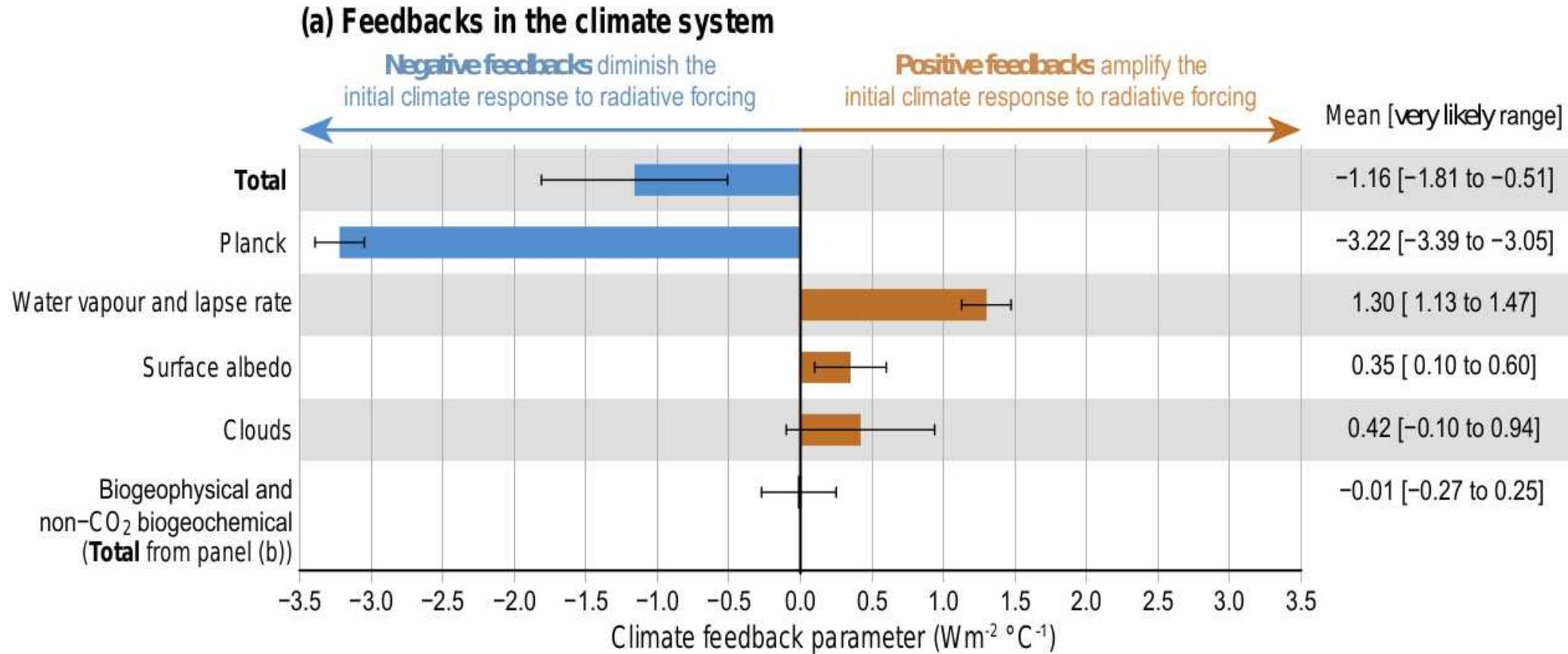
Nuages haut = effet de serre = effet radiatif positif

Globalement, les nuages ont un effet radiatif négatif $\approx -18\text{W/m}^2$

(CERES Loeb et al. , 2018)

Le bilan radiatif des nuages dans le système climatique

Rétroaction climatique de de différents paramètres pour une variation de 1°C



GIEC, Figure TS.17 , 2021

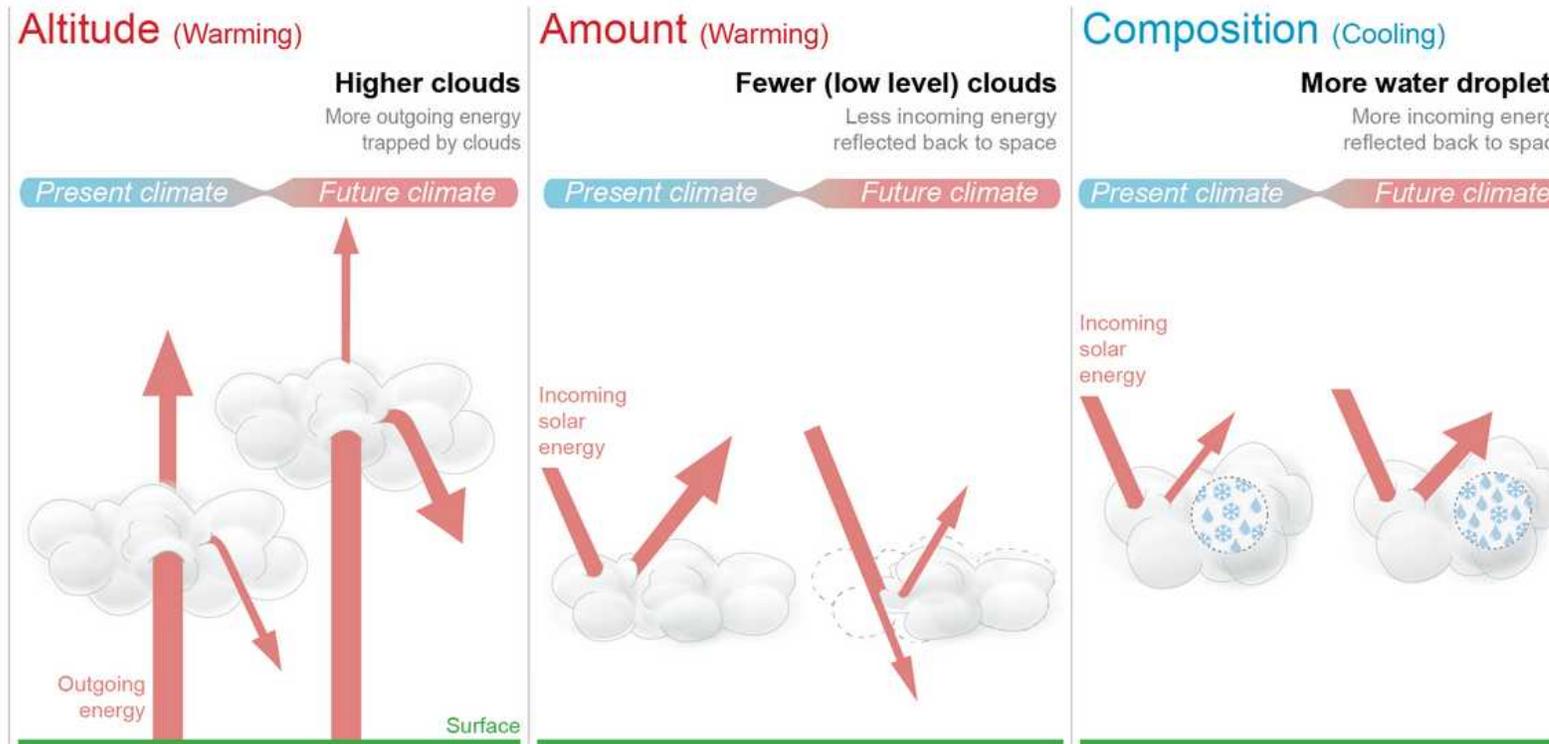


Le bilan radiatif des nuages dans le système climatique

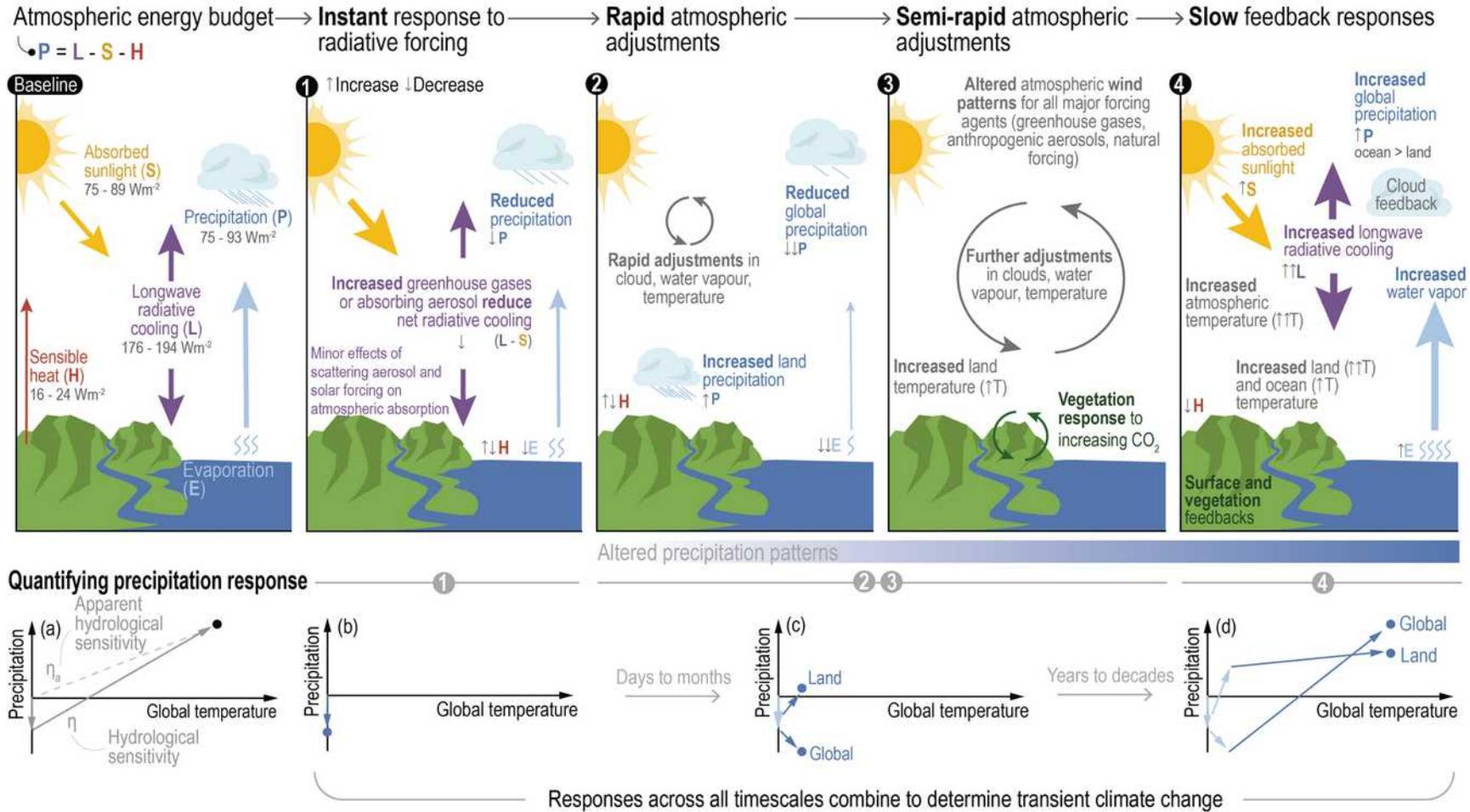
Rétroaction climatique de de différents paramètres pour une variation de 1°C

FAQ 7.2: What is the role of clouds in a warming climate?

Clouds affect and are affected by climate change. Overall, scientists expect clouds to **amplify future warming**.



Rétroaction de la vapeur d'eau et des nuages sur le cycle hydrologique

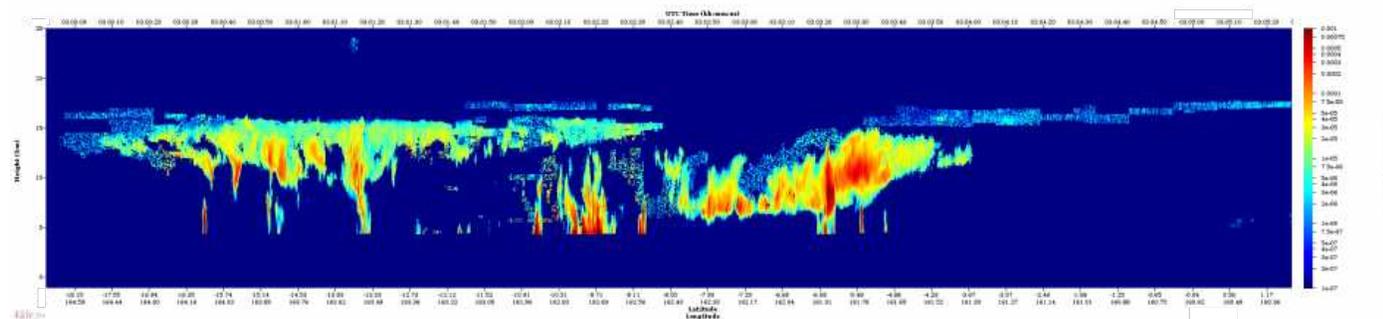


Observation des nuages par télédétection satellite

Radiomètres actifs (CALIPSO, CLOUDSAT et depuis 2024 Earthcare) :

Profils verticaux : positionnement des couches d'aérosols/nuages, profils d'extinction

= > Couverture globale 2D selon vertical



Browse of the DARDAR-CLOUD Ice Water Content retrieval – Orbit subset <https://www.icare.univ-lille.fr/dardar/>

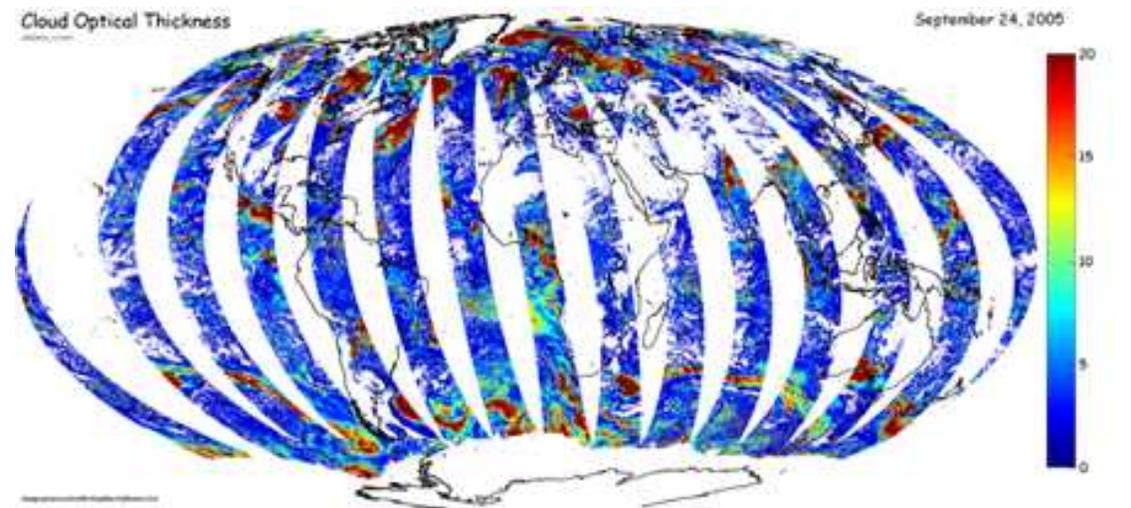
Radiomètre passifs (MODIS, POLDER, VIIRS, 3MI/EPS-SG en 2025 ...):

couverture nuageuse, phase des nuages

Quantités intégrées ou au sommet des nuages: Épaisseur optique (COT), contenu en eau, rayon effectif ..

Quantités radiatives : flux radiatif montant

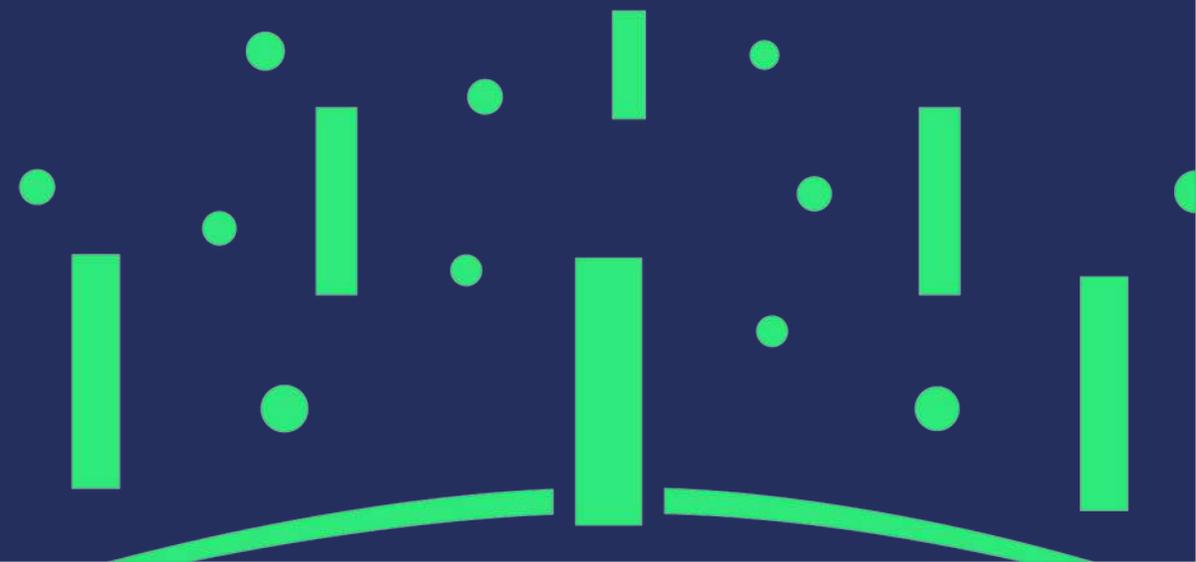
=> Couverture globale 2D selon horizontal



POLDER3 Cloud optical Thickness:

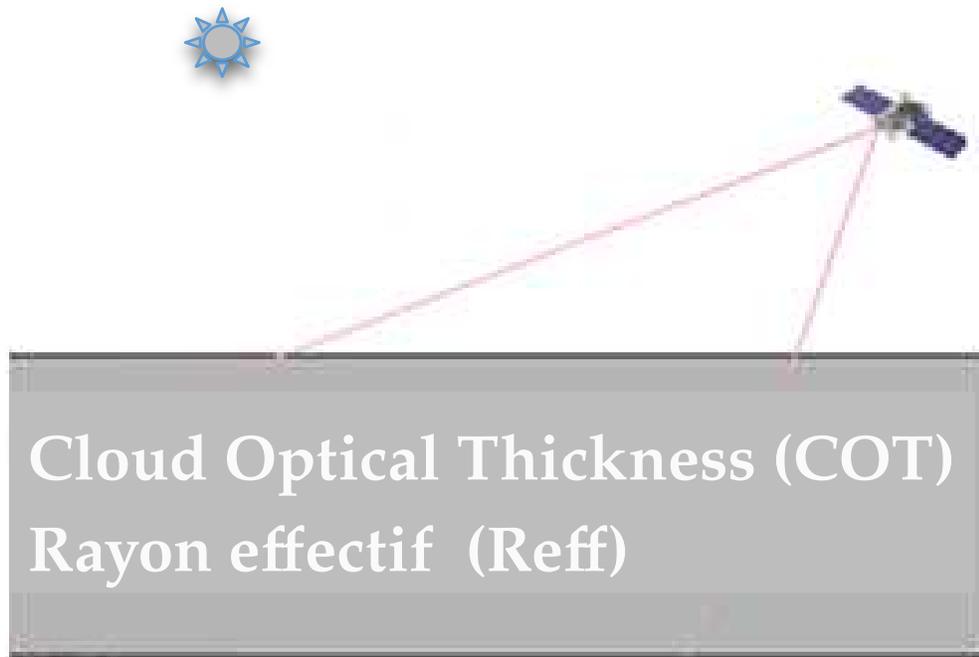
<https://www.icare.univ-lille.fr/parasol/products/scientific-illustration/>

Téledétection passive : le modèle de nuage plan-parallèle homogène et ses limites

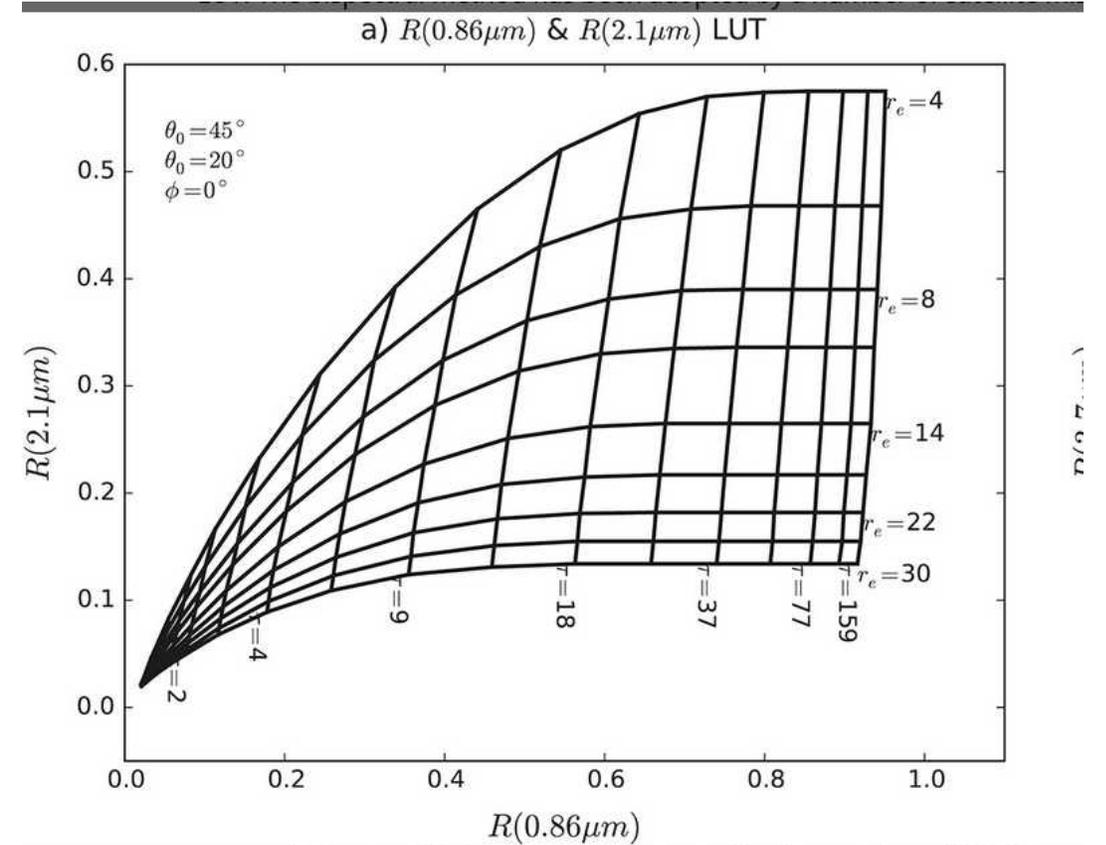


Téledétection passive des nuages : le modèle plan-parallèle homogène

Restitution de paramètres nuageux par télédétection:
Hypothèse du nuage homogène, plan-parallèle et infini



Méthode bi-spectrale, utilisation de 2 luminances : une à longueur d'onde visible et une à une longueur d'onde proche infrarouge



Nakajima et King 1990



Téledétection passive des nuages : le modèle plan-parallèle homogène



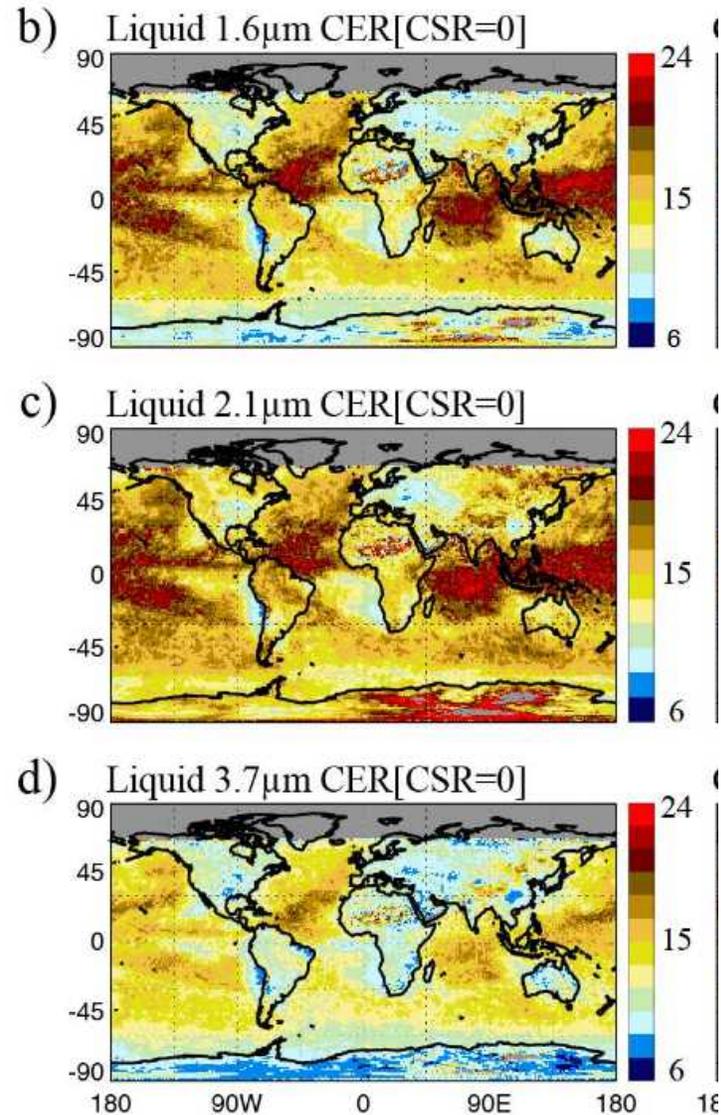
Oblique image looking eastward toward the sunlight of dawn was taken by an External High Definition Camera (EHDC) on the International Space Station

<https://earthobservatory.nasa.gov/images/149490/cloudscape-at-dawn-northwest-atlantic>

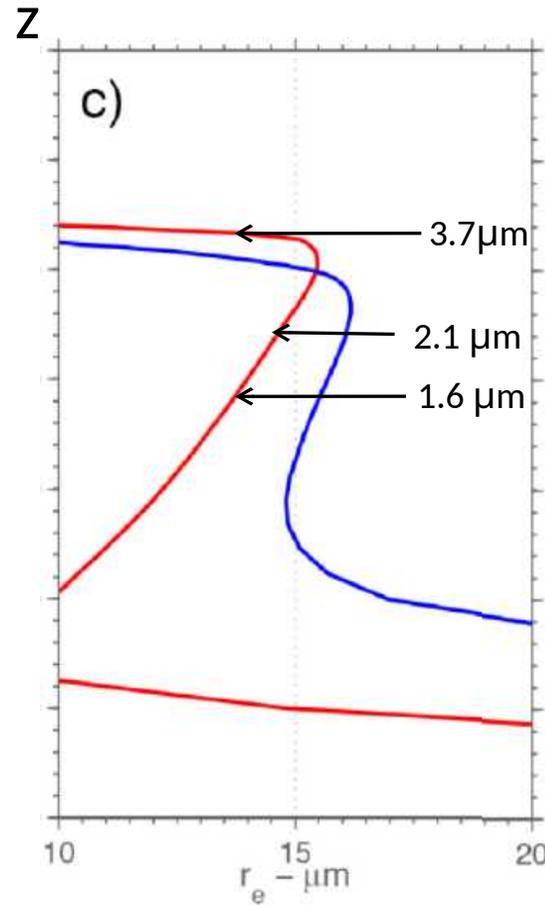
Hypothèse du nuage homogène, plan-parallèle et infini , valide ?



Effet du profil vertical sur la valeur du rayon effectif restitué



Platnick et al. 2017



Absorption du rayonnement SWIR par les gouttelettes nuageuses:

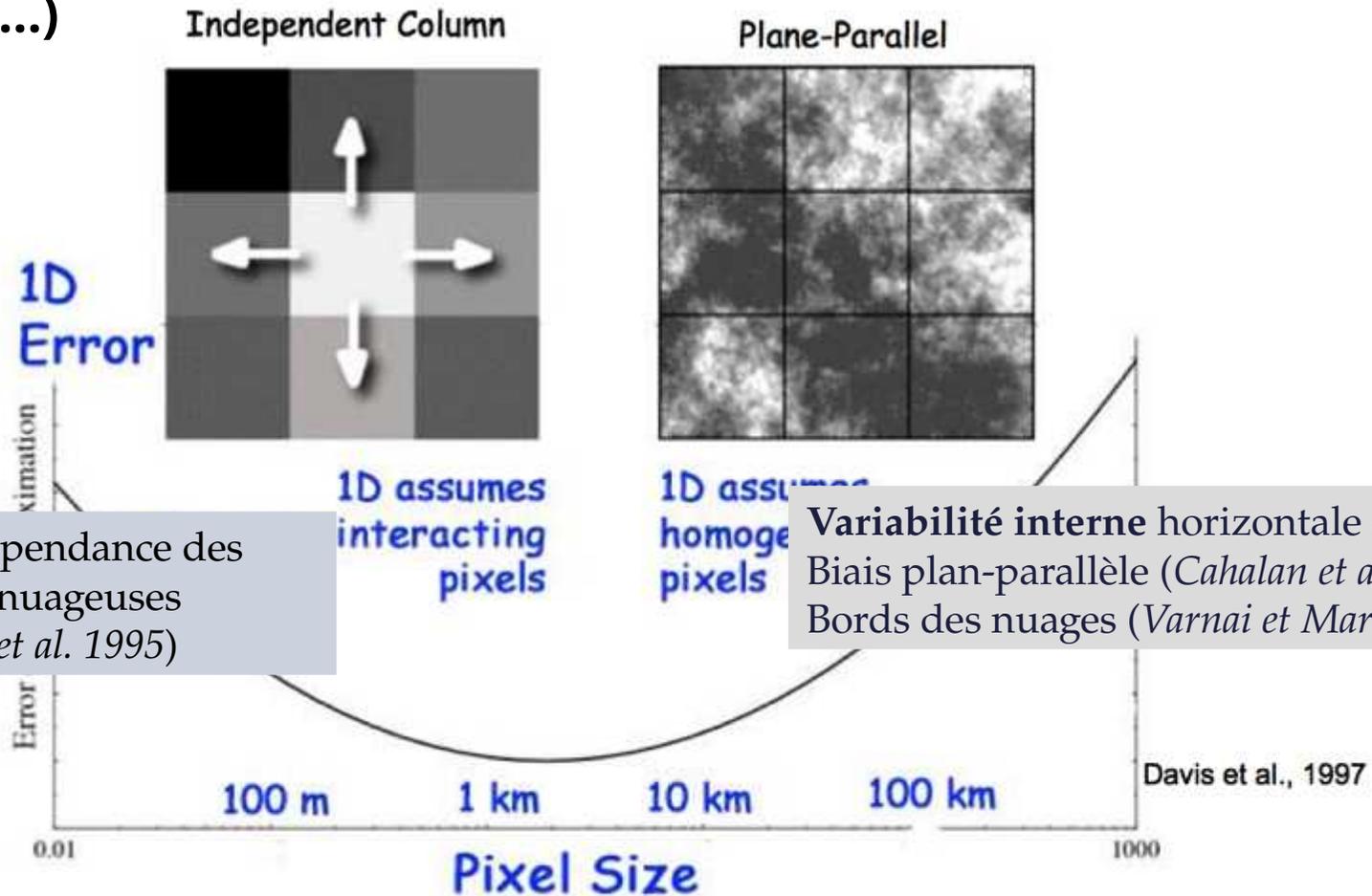
- ➡ différentes profondeurs de pénétration des différentes longueurs d'onde dans le SWIR
- ➡ Les rayons effectifs restitués par MODIS dépendent de la longueur d'onde

ex : $R_{3.7} < R_{2.1}$ et $R_{2.1} > R_{1.6}$



Effet des hétérogénéités et structures nuageuses

Erreurs dépendantes de la taille du pixel d'observation (Davis et al., 1997; Zinner et Mayer, 2006,...)



Non-indépendance des colonnes nuageuses (Marshak et al. 1995)

Variabilité interne horizontale et verticale
Biais plan-parallèle (Cahalan et al. 1994)
Bords des nuages (Varnai et Marshak, 2007)

Schéma emprunté dans une présentation de Warren Wiscombe

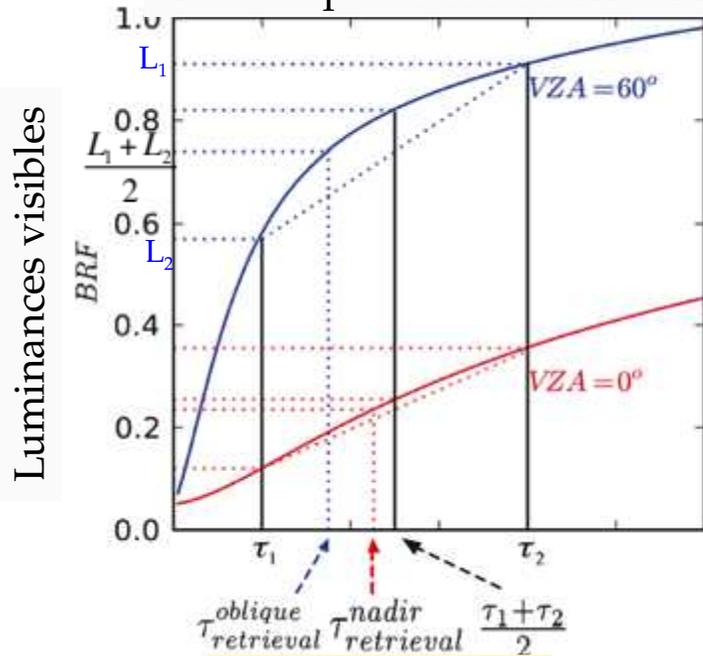
+ Effets de surbrillance et d'ombrage (Loeb et Davies, 1996, 1997, 1998; Varnai et Davies, 1999)



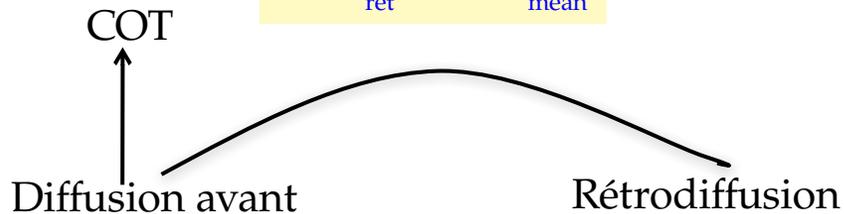
Effet des hétérogénéités et structures nuageuses

Biais plan-parallèle en fonction des angles d'observation

Cloud Optical Thickness : COT



$$COT_{ret} < COT_{mean}$$

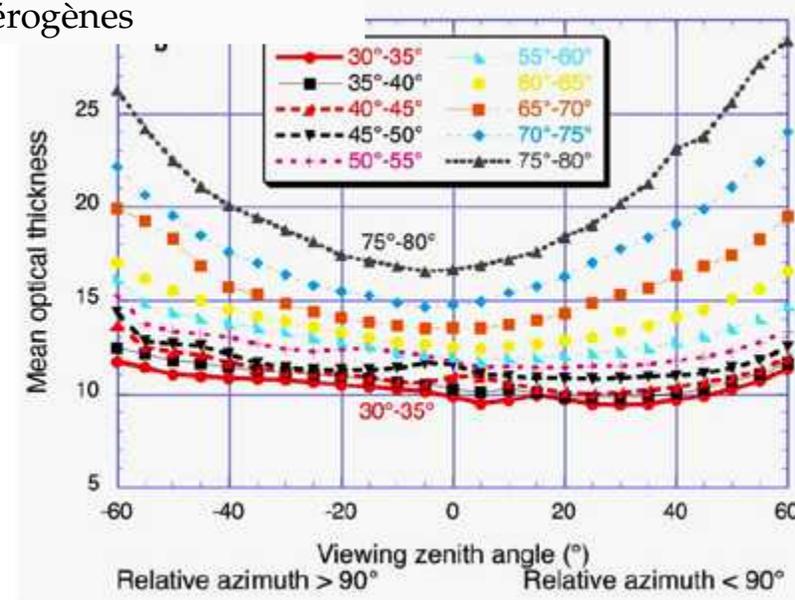


Biais plan-parallèle = Forme en cloche

Dépendance angulaire observée par MODIS:

1/3 des nuages les plus hétérogènes

Varnai et Marshak, 2007



Diffusion avant

Rétrodiffusion

Forme en U

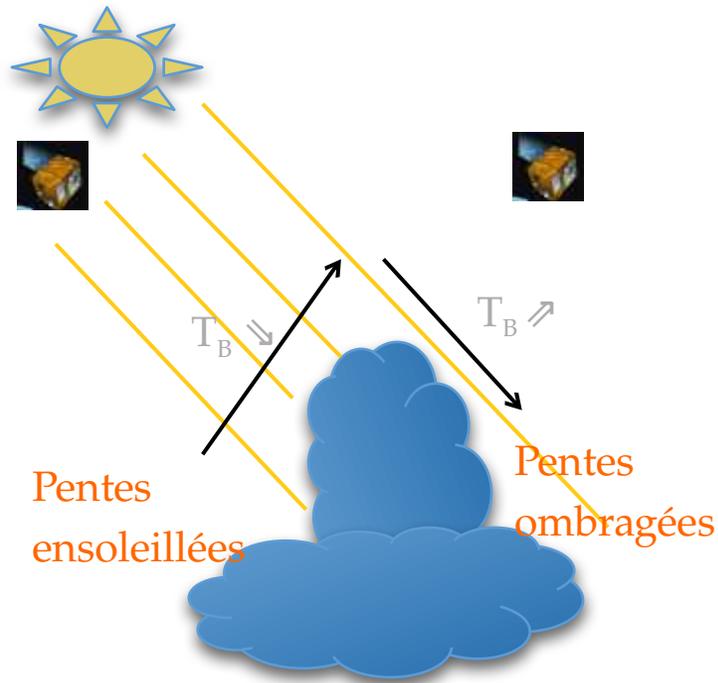
Avec l'augmentation de l'angle de vue, « trous » deviennent moins visible donc COT augmente



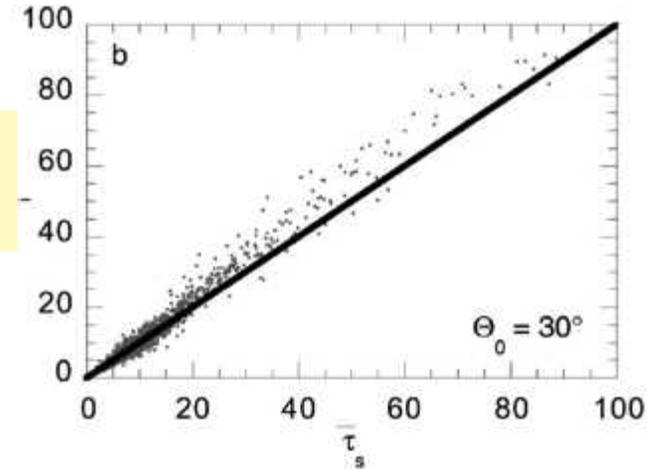
Effet des hétérogénéités et structures nuageuses

A partir de MODIS: *Varnai et Marshak, 2002*

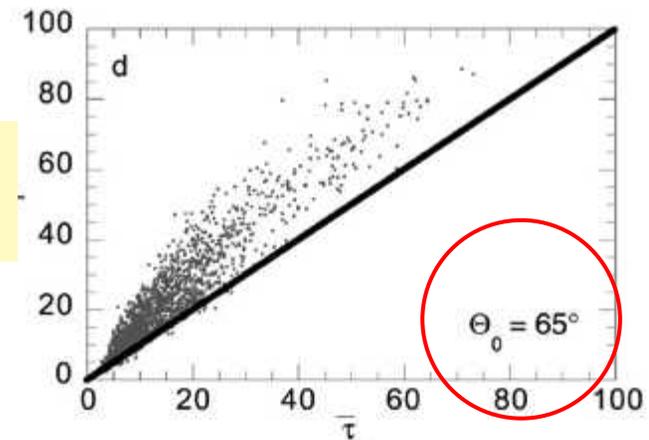
Détection des pentes nuageuses ensoleillées ou ombragées
grâce aux températures de brillance IR



COT
ensoleillées



COT
ensoleillées



COT ombragées

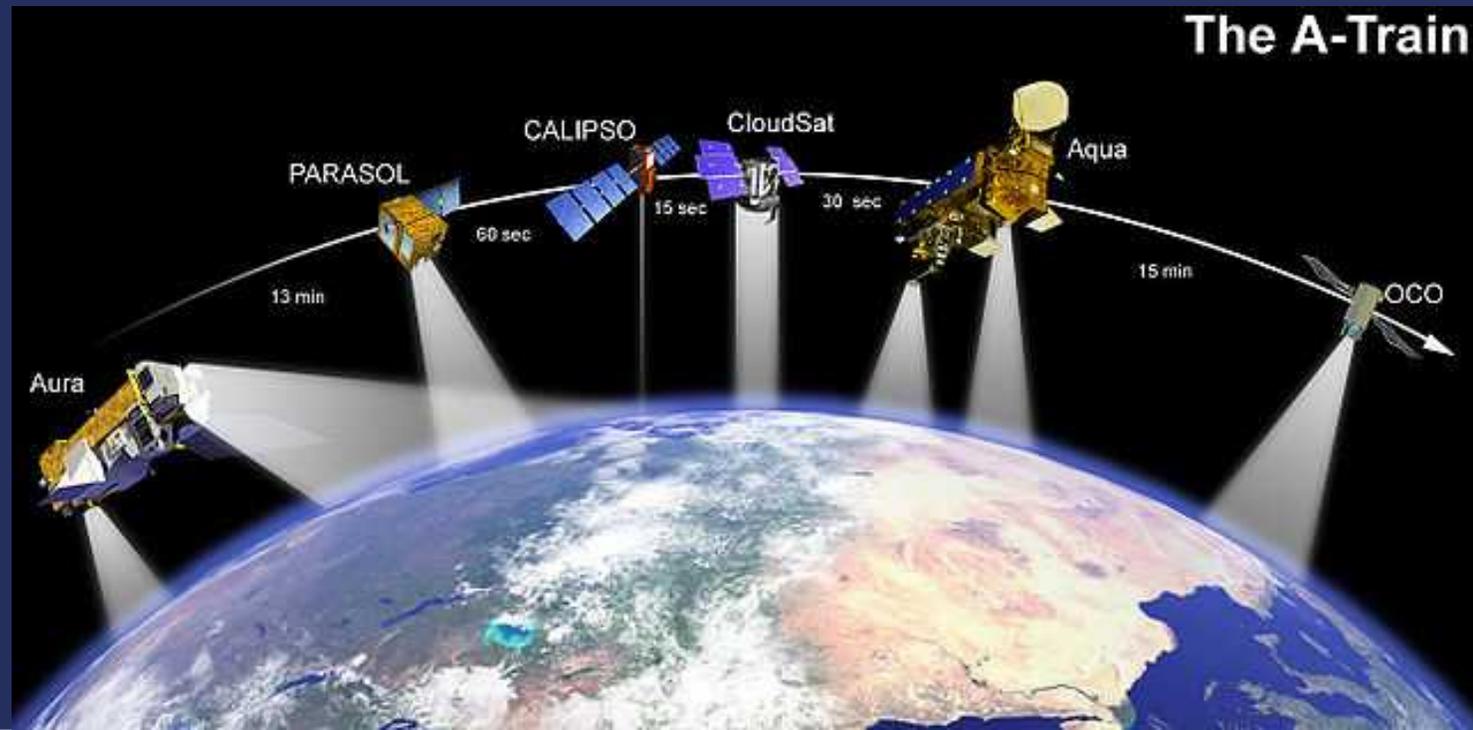
Note : Effets similaires existent pour le rayon effectif



Évaluation des erreurs liées au modèle du nuage plan-parallèle homogène : application à POLDER/PARASOL (6-7km)

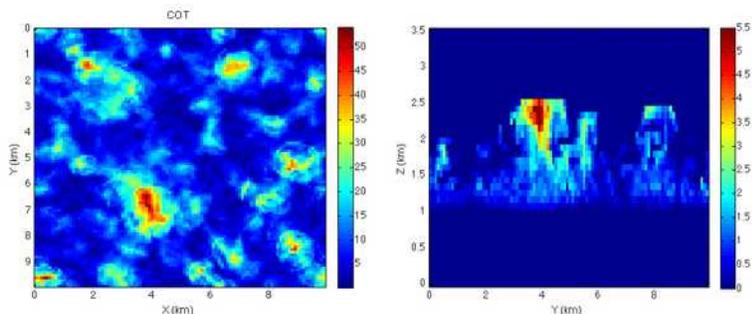
POLDER/PARASOL (CNES):

- en orbite de 2004 à 2013
- 9 canaux entre 443 et 1020 nm
- Polarisé
- Multiangulaire
- Résolution spatiale : 6x7 km



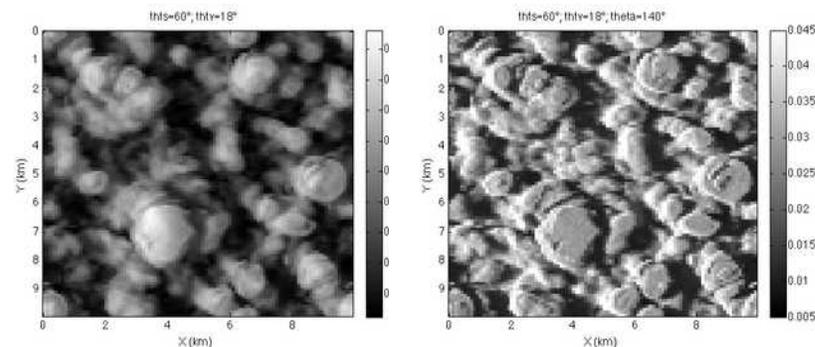
Évaluation de l'erreur due à l'hypothèse du nuage homogène plan-parallèle

Génération d'un champ nuageux (100m)
3DCLOUD - *Szczap et al., 2014*
or LES model (Meso-NH ; RAMS)



3D RT

Simulation des luminances
3DMPCOL - *Cornet et al., 2010*



Moyenne champ nuageux + 1DRT

Moyenne le champ de luminances

R1D : Luminance 1D à la résolution de l'instrument (6x7km ou 1x1km)

1) Comparaisons des luminances 3D et 1D

R3D : Luminance 1D à la résolution de l'instrument (6x7km ou 1x1km)

Application de l'algorithme opérationnel

Propriétés nuageuses 1D : COT, Reff, Veff, Albedo

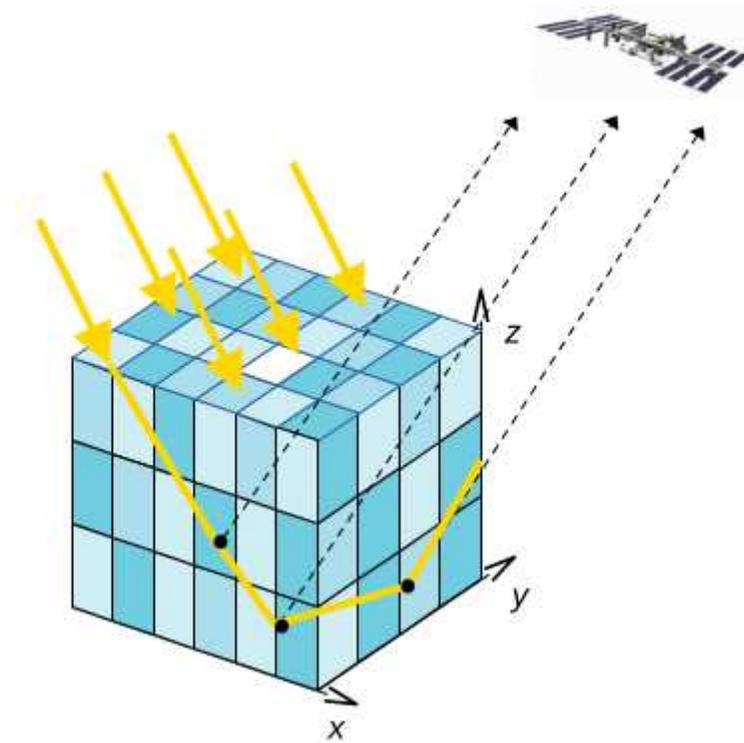
2) Comparaisons des paramètres restitués

Propriétés nuageuses 3D: COT, Reff, Veff, Albedo

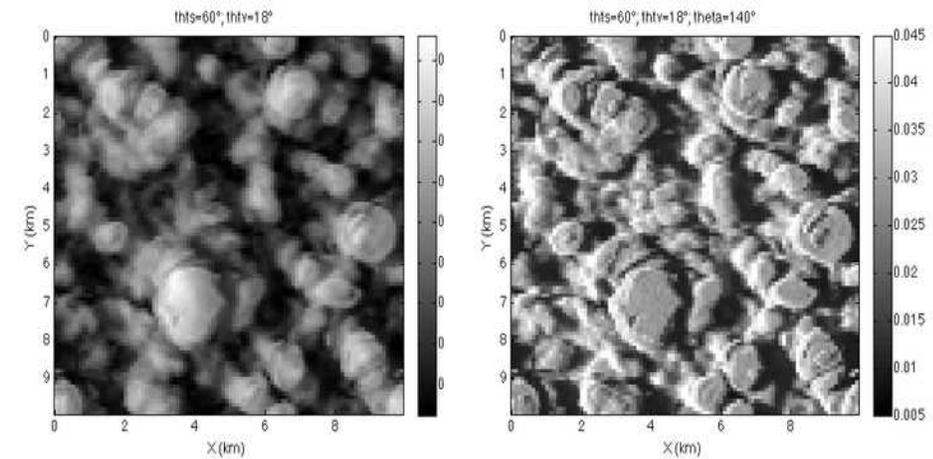


Évaluation de l'erreur due à l'hypothèse du nuage homogène plan-parallèle

Le code **3DMCPOL** est un code de transfert radiatif atmosphérique polarisé basé sur les méthodes Monte-Carlo développé au LOA et utilisé pour simuler des images satellites réalistes du solaire (Cornet et al. 2010) à l'infrarouge (Fauchez et al. 2014)



Simulation des luminances
3DMPCOL - *Cornet et al., 2010*

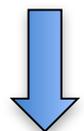
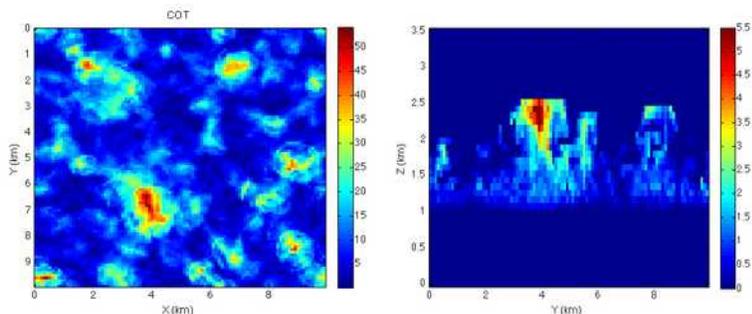


Physical cloud properties from 3DCLOUD (Szczap et al. 2014) or LES simulations (Meso-NH or RAMS)



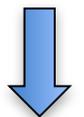
Évaluation de l'erreur due à l'hypothèse du nuage homogène plan-parallèle

Génération d'un champ nuageux (100m)
3DCLOUD - *Szczap et al., 2014*
or LES model (RAMS)



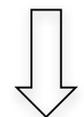
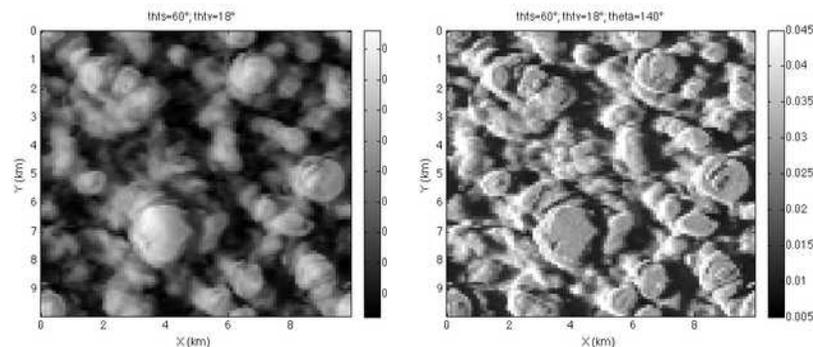
Moyenne champ nuageux + 1DRT

R1D : Luminance 1D à la résolution de l'instrument
(6x7km ou 1x1km)



Propriétés nuageuses 1D :
COT, Reff, Veff,
Albedo

Simulation des luminances
3DMPCOL - *Cornet et al., 2010*



Moyenne le champ de luminances

R3D : Luminance 1D à la résolution de l'instrument
(6x7km ou 1x1km)



Propriétés nuageuses 3D (6x7km) :
COT,
Reff, Veff,
Albedo

3D RT

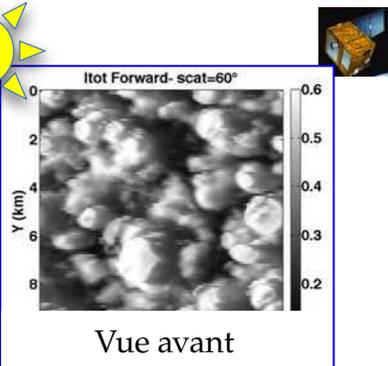
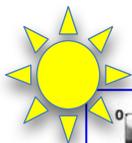
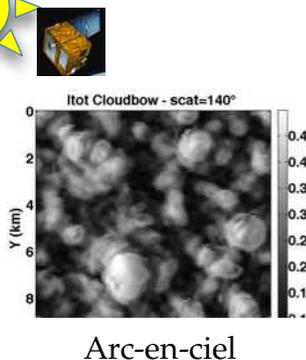
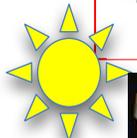
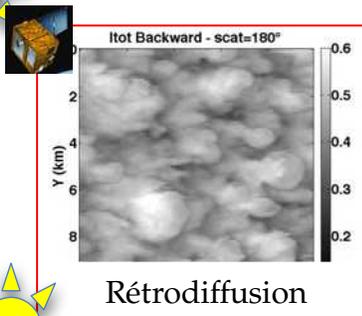
1) Comparaisons des luminances 3D et 1D

Application de l'algorithme opérationnel

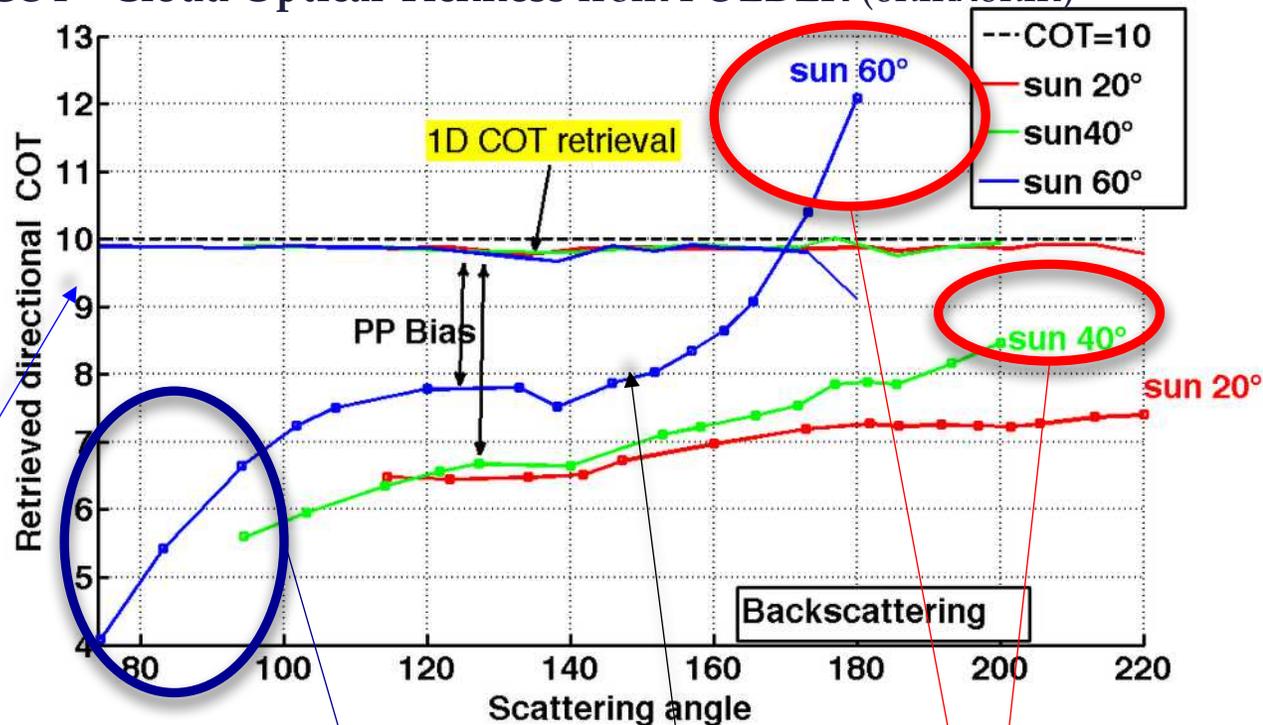
2) Comparaisons des paramètres restitués



Évaluation de l'erreur due à l'hypothèse du nuage homogène plan-parallèle



COT= Cloud Optical Thickness from POLDER (6kmx6km)



Plan-Parallel Bias
 $\Rightarrow COT_{3D} < COT_{1D}$

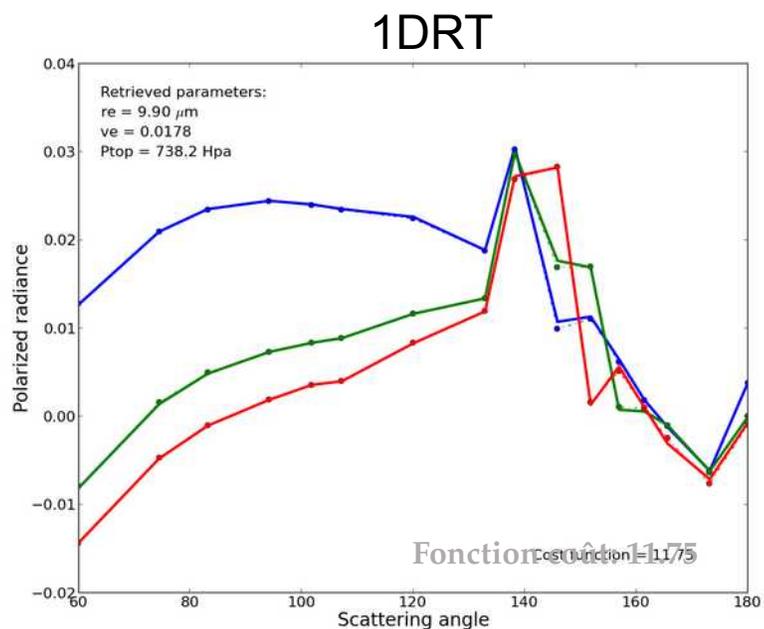
Shadowing
 $COT_{3D} \ll COT_{1D}$

Illumination
 $COT_{3D} \geq COT_{1D}$

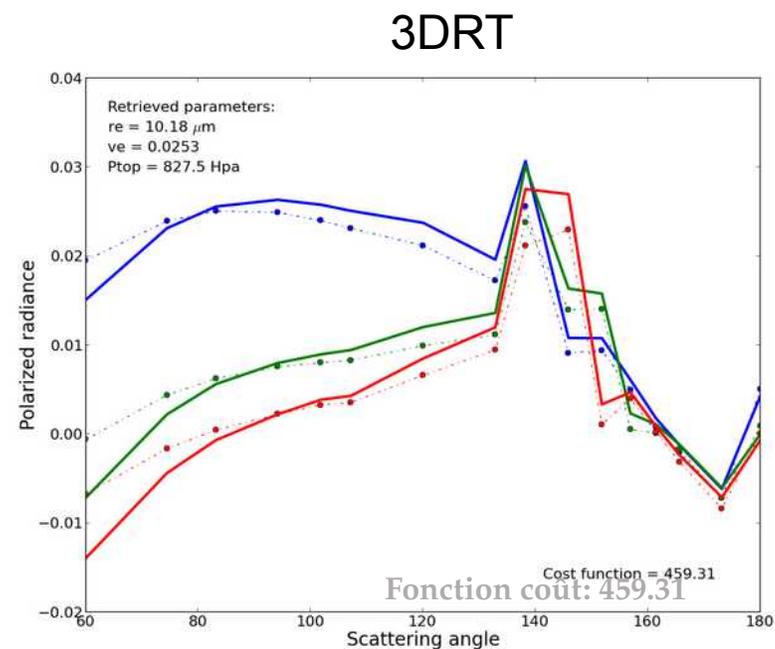


Évaluation de l'erreur due à l'hypothèse du nuage homogène plan-parallèle

Inversion du **rayon effectif** (R_{eff}) et de **variance effective** (V_{eff}) d'une distribution lognormal à partir des **luminances polarisées** (Bréon et Goloub, 1998; C-Labonnote et al. IRS 2012)



Out: $R_e=9.90\mu\text{m}$, $V_{eff}= 0.0178$; CTP= 738hPa



Out: $R_e=10.18\mu\text{m}$, $V_{eff}= 0.0253$; CTP= 827hPa

- Les erreurs sur R_{eff} et V_{eff} sont très faibles car position de l'arc non modifiée par effets 3D



Détermination des incertitudes liées au modèle du nuage plan-parallèle homogène : application au radiomètre aéroporté OSIRIS

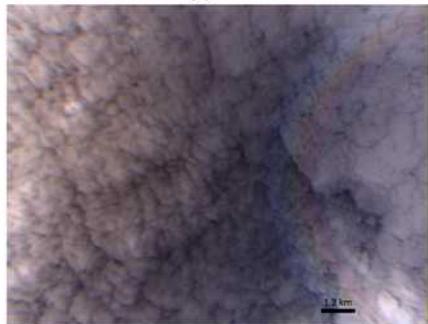
OSIRIS (LOA):

- campagne aéroportée
- 14 canaux entre 443 et 2130 nm
- Polarisé
- Multiangulaire
- Résolution spatiale : $\approx 20\text{m}$ pour un avion à 10 km
- Prototype de 3MI/EPS-SG

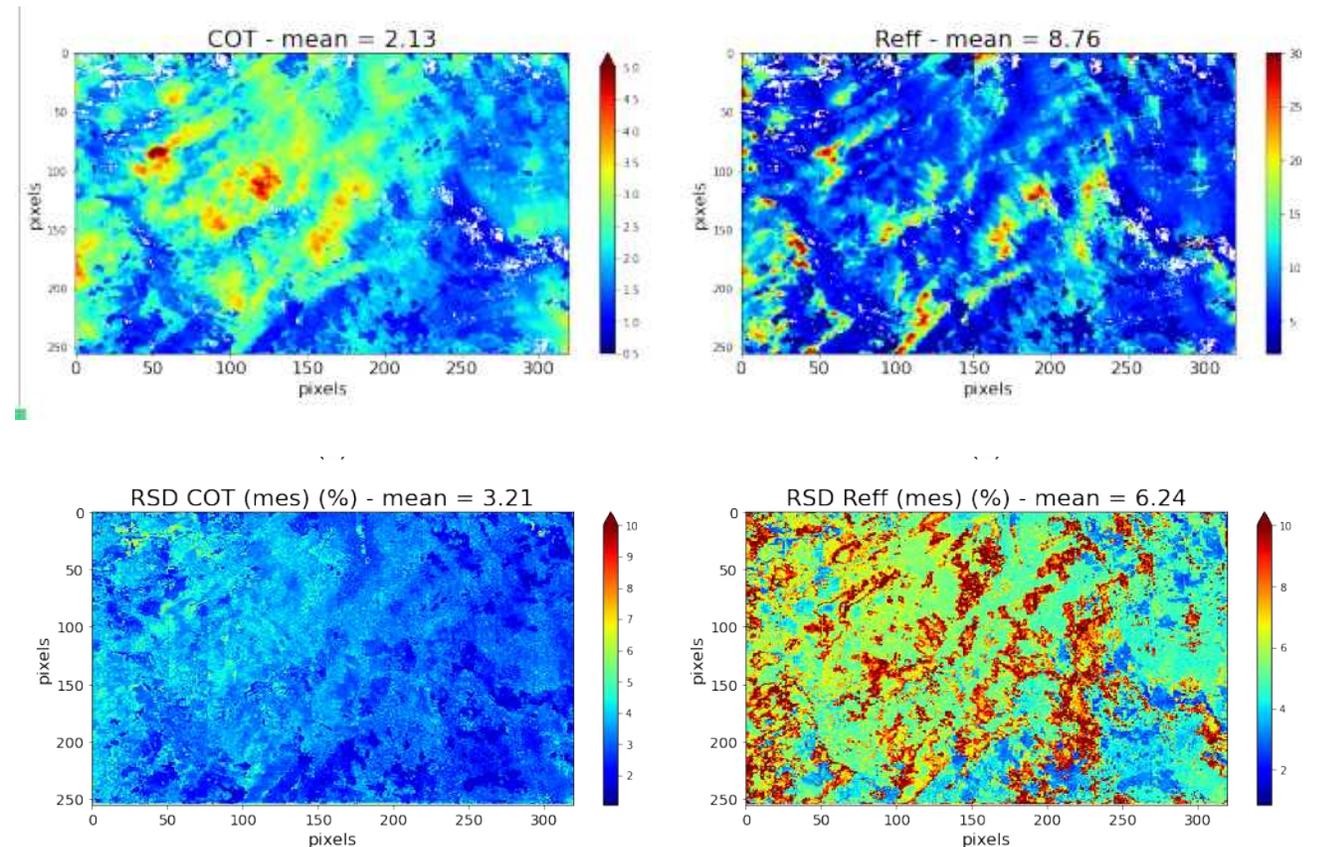
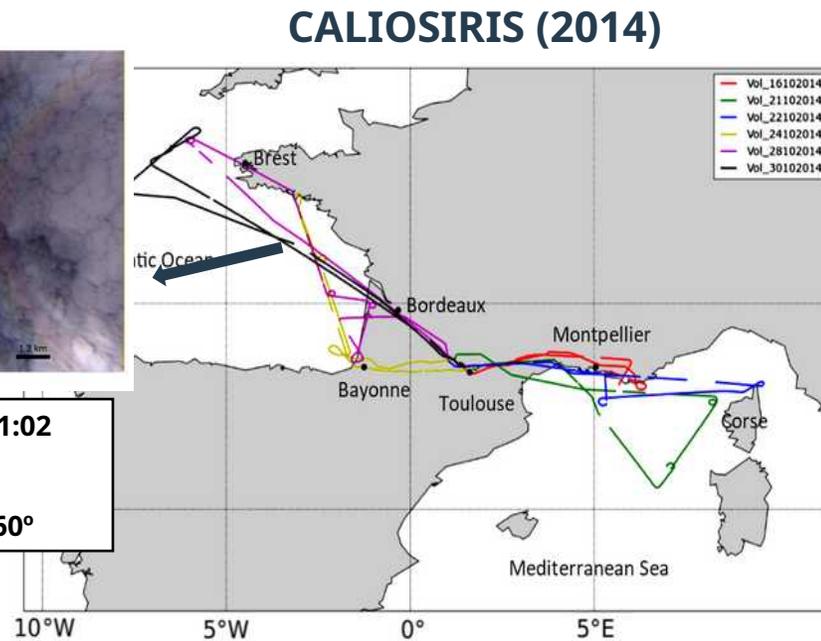


Détermination des incertitudes sur les produits nuages restitués

Utilise une méthode d'estimation optimale (Rodgers, 2000) : $y = F(x, b) + \epsilon$



24 October 2014 - 11:02
- Thin liquid cloud
- Altitude = 5 km
- Solar incidence = 60°



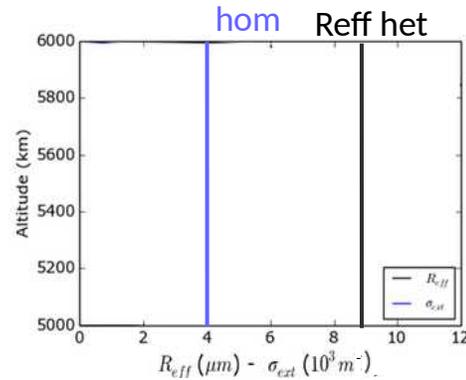
I - Erreurs dues aux mesures pour 5 % d'incertitude



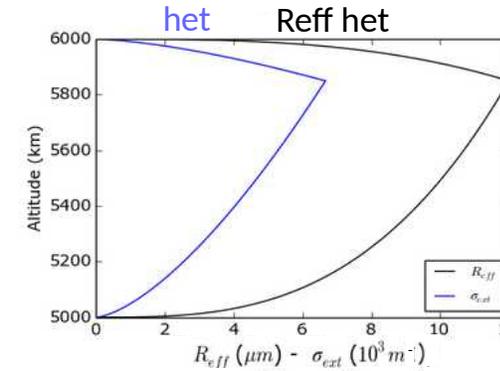
Détermination des incertitudes sur les produits nuages restitués

Incertitudes liées au modèle de nuages : profil verticalement homogène

Vertically homogeneous cloud model

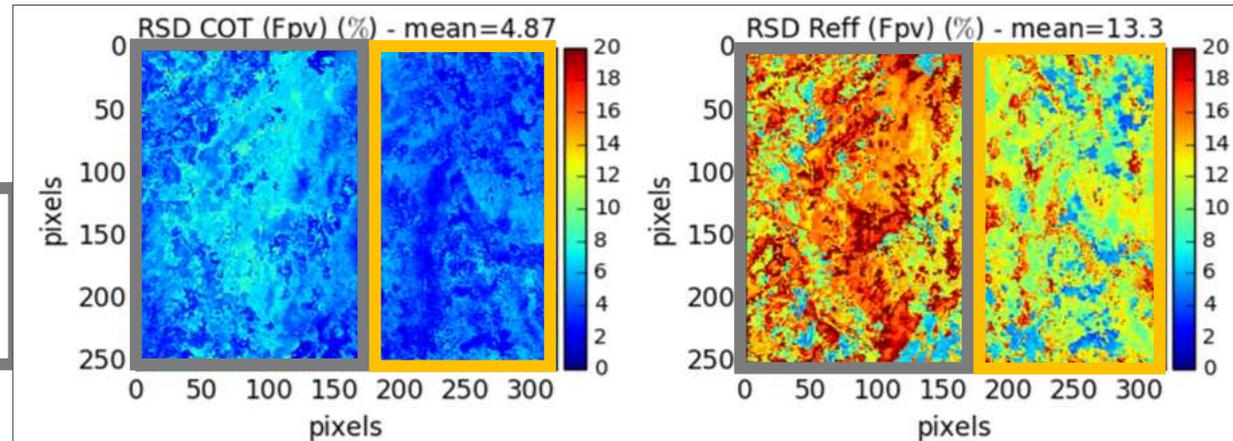


Vertically heterogeneous cloud model



$$\Delta F = F_1 - F_2$$

High RSD COT
Small RSD COT



High RSD Reff
Small RSD Reff

High COT => Small penetration of radiation : radiation goes through the higher part of the cloud only (ΔF is high)
→ RSD COT and R_{eff} (Fpv) are high

High COT zone

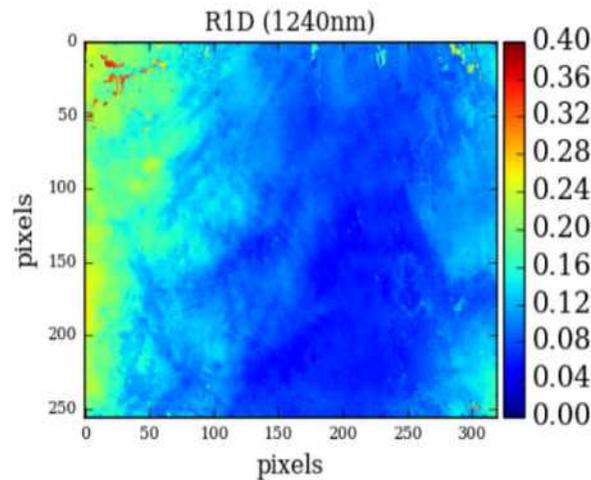
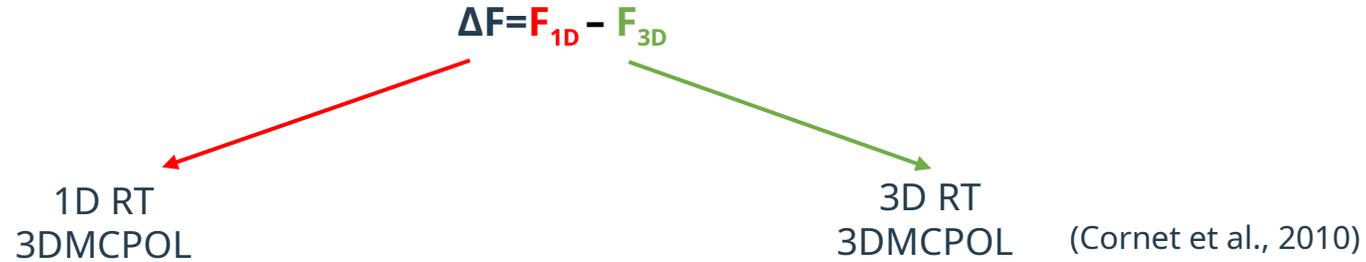
Small COT => High penetration of radiation : radiation goes through the same integrated vertical profiles (ΔF is small)
→ RSD COT and R_{eff} (Fpv) are small

Small COT zone

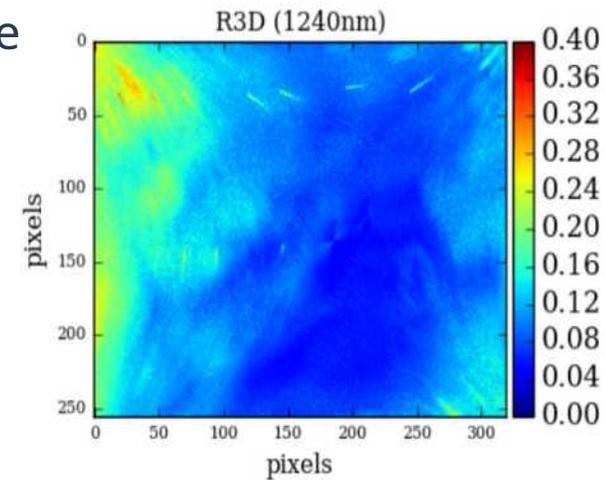
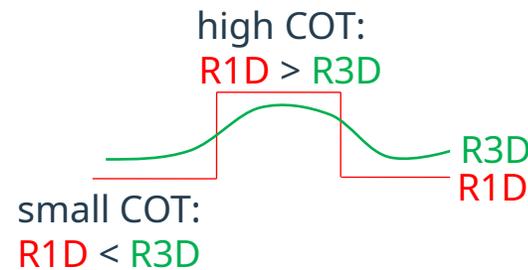


Détermination des incertitudes sur les produits nuages restitués

Incertitudes liées au modèle de nuages : transfert radiatif 3D vs 1D



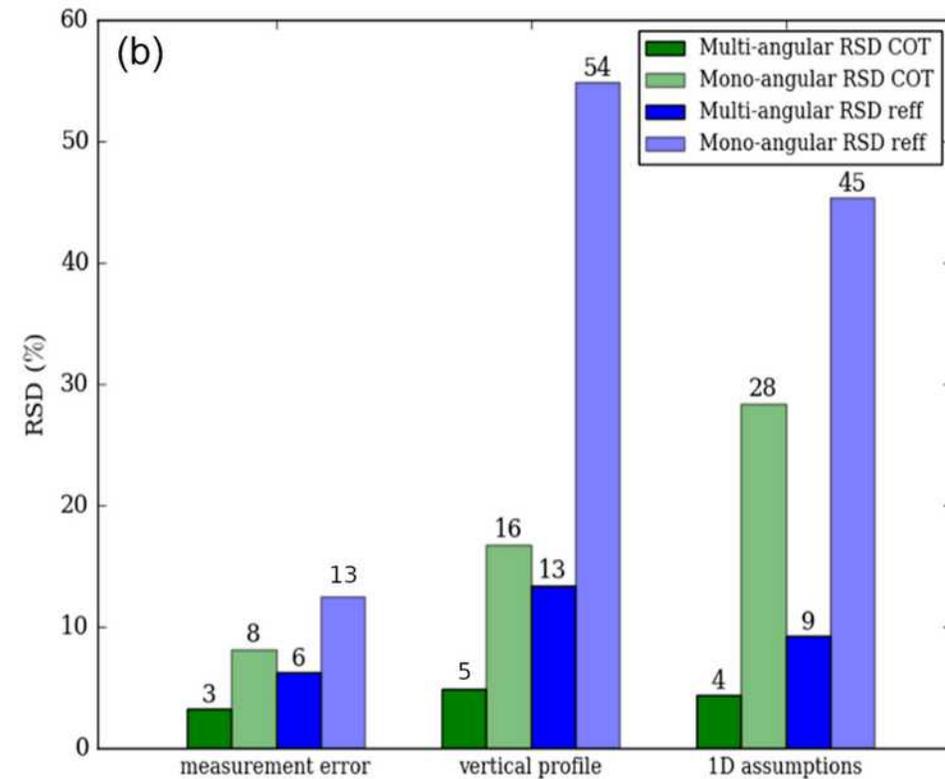
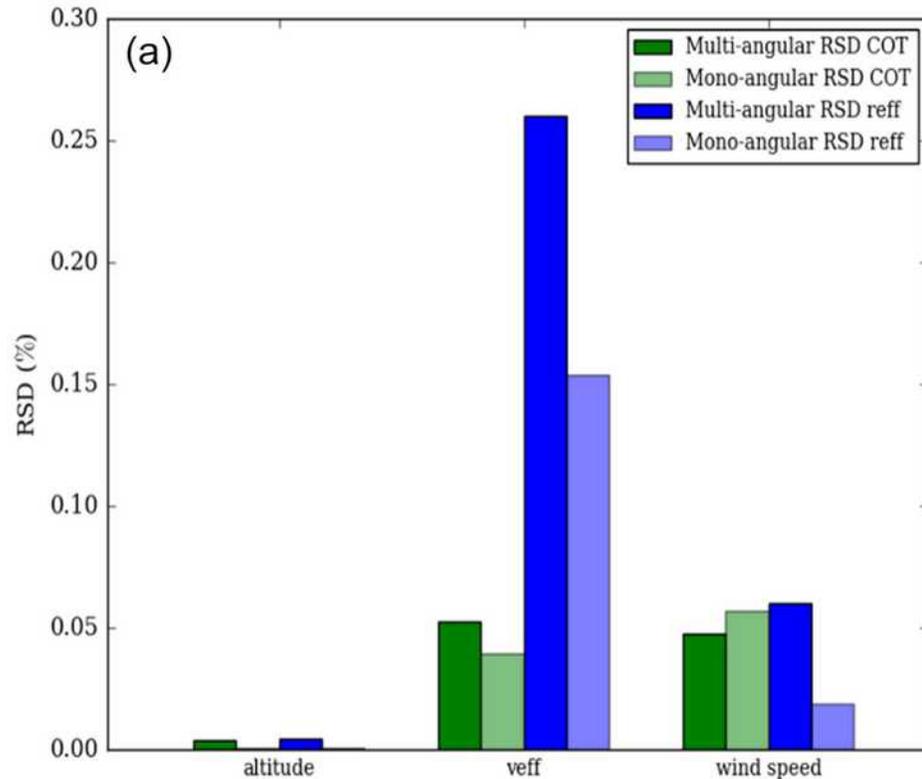
Transport horizontal entre les colonnes :



Lissage du champ radiatif



Détermination des incertitudes sur les produits nuages restitués

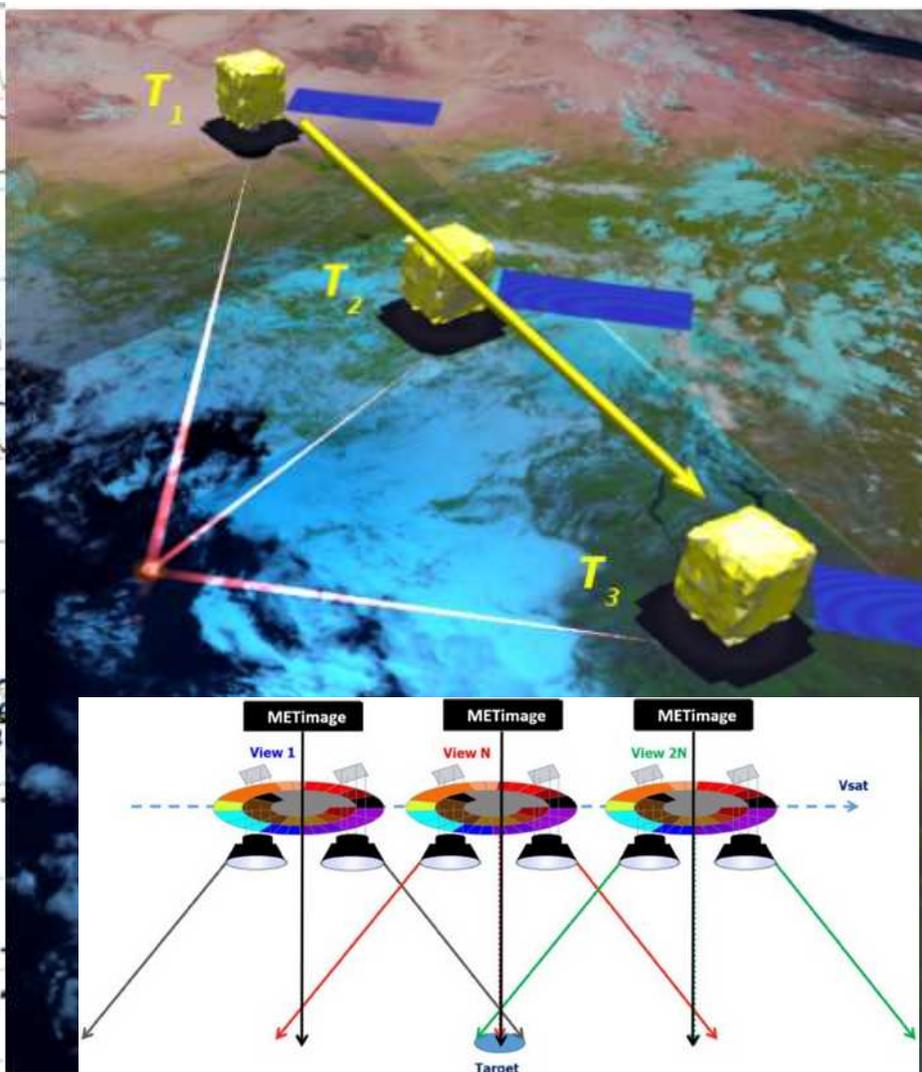
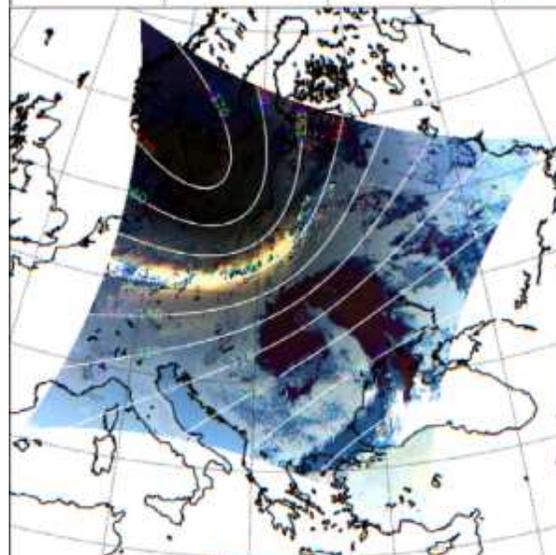
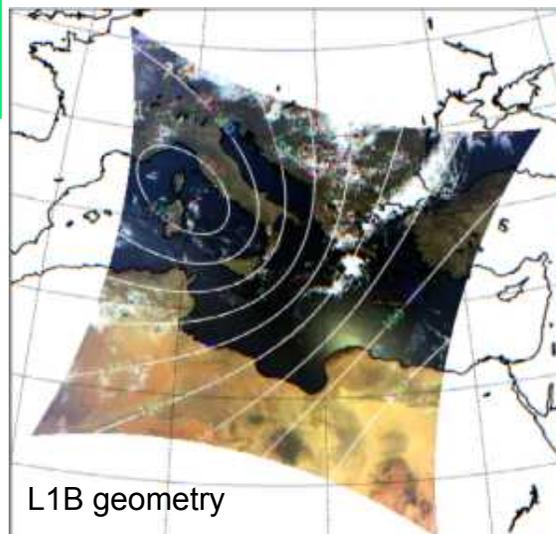


For multiangular retrieval (dark bars) :

- Uncertainties coming from the measurements are around 5%
- Uncertainties due to fixed parameters (left panel) are negligible
- **The homogeneity assumptions contribute to around 4% on COT and 9% on R_{eff}**

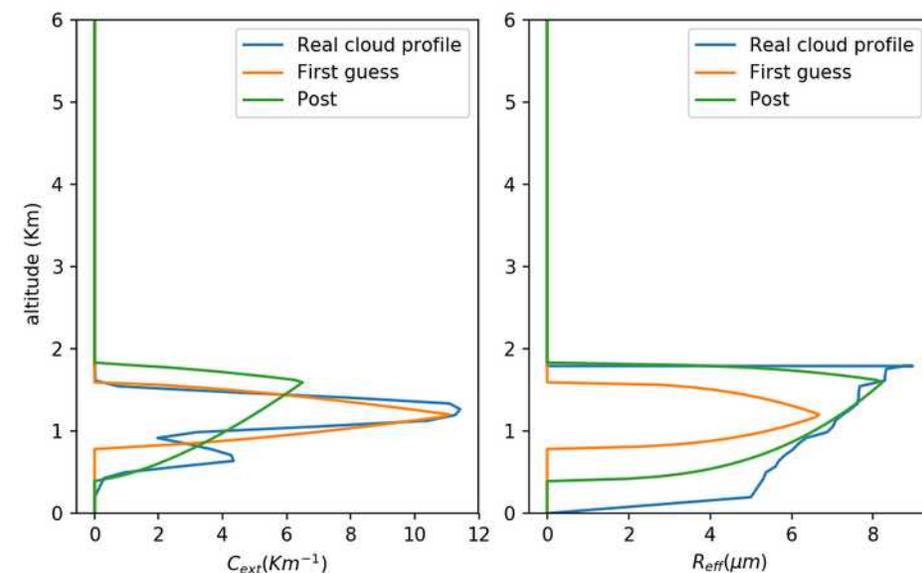


3MI/EPS-SG (Multi-spectral, Multi_directional, Multi-polarization)



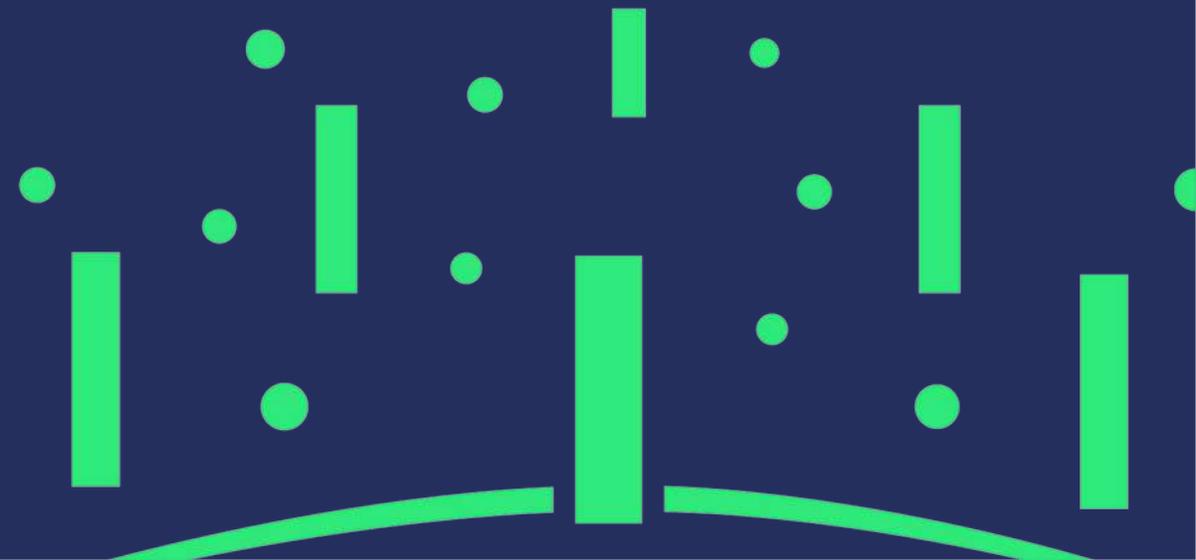
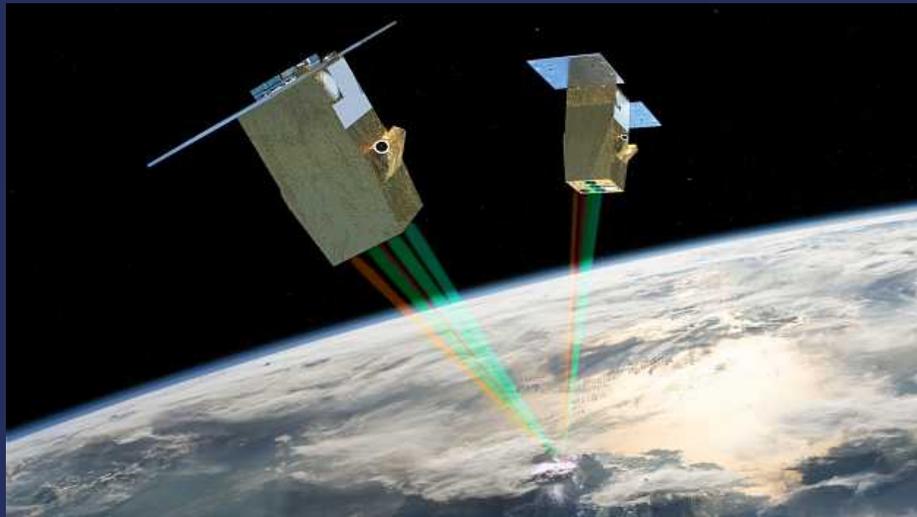
<https://www.eumetsat.int/metop-sg>

- **Lot of information => possibility to retrieve cloud vertical profile** (Thèse G. Merlin , 2016) – Day 2 algorithm



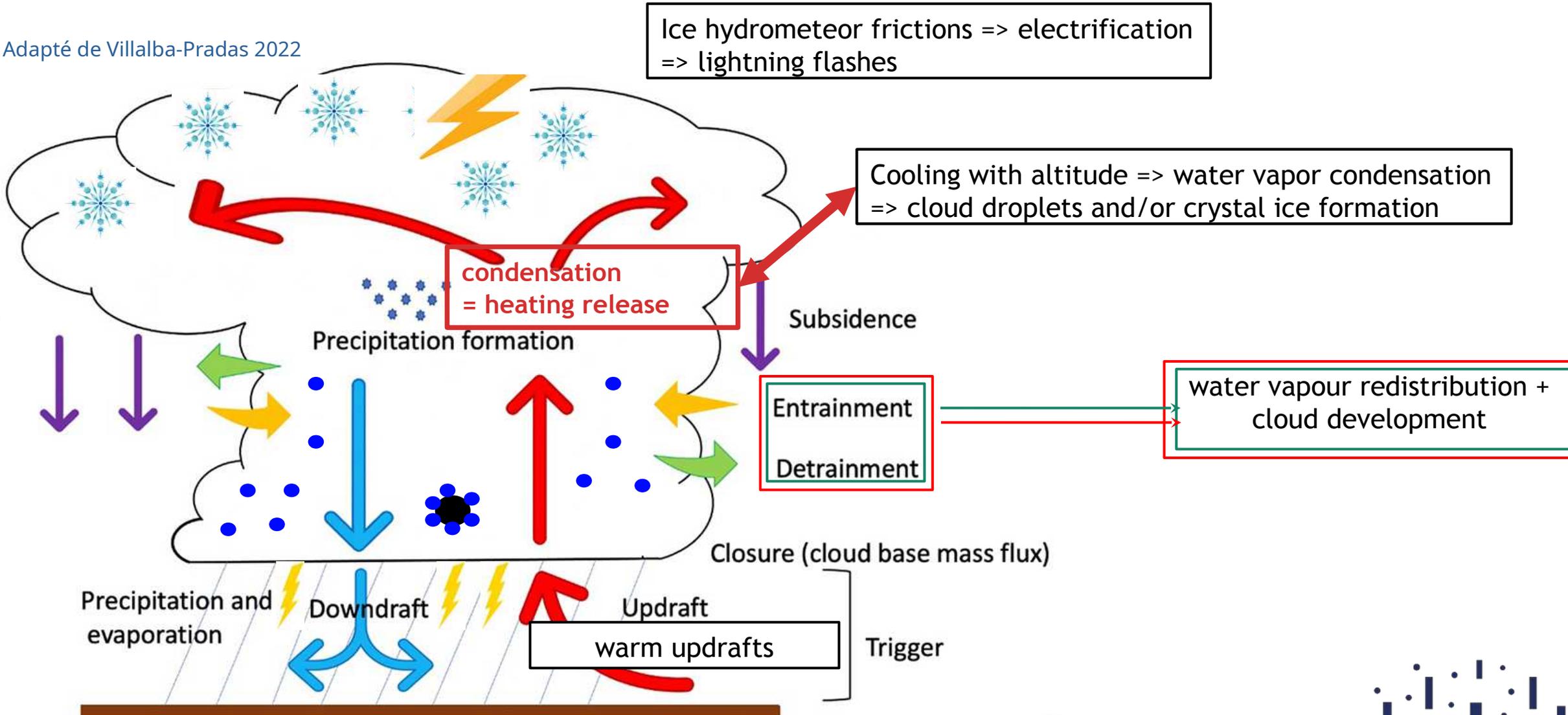
La mission C³IEL : Cluster for Cloud Climate and Lightning

L'observation à haute résolution spatiale et temporelle des nuages convectifs par satellite



Les nuages convectifs, des systèmes complexes

Adapté de Villalba-Pradas 2022



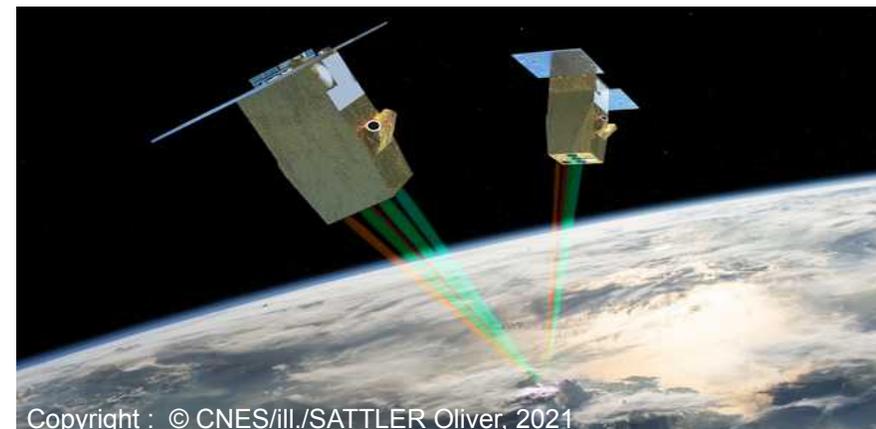
C³IEL : Principe et stratégie d'observation



Lancement prévu début 2028 !

https://videotheque.cnes.fr//index.php?urlaction=doc&id_doc=37977&rang=1

2 satellites identiques avec :



Copyright : © CNES/ILL./SATTler Oliver, 2021

Instrument	Variable documentée	Principe de restitution	Caractéristiques de l'instrument	
CLOUD	Dynamique de l'enveloppe nuageuse	Imagerie et stéréoscopie	Imageur visible centré à 670 nm <ul style="list-style-type: none"> • Résolution au nadir = 17 m / acquisition d'une image toutes les 20 secondes pendant 200 secondes • Champ de vue = 80 km x 45 km • 3 à 4 séquences de 200 secondes par orbite de jour 	
VW	Contenu intégré en vapeur d'eau au-dessus et autour des nuages	Imagerie et tomographie	Imageurs SWIR centrés à 1,04, 1,13 et 1,37 µm <ul style="list-style-type: none"> • Résolution au nadir = 125 m / acquisition d'une image toutes les 20 secondes pendant 200 secondes • Champ de vue = 80 km x 64 km • 3 à 4 séquences de 200 secondes par orbite de jour 	
LOIP	Activité électrique spatiale et temporelle	Imagerie et stéréoscopie Photométrie	Imageur visible à 777,4 nm <ul style="list-style-type: none"> • Résolution au nadir = 140 m / acquisition continue d'une image toutes les 15 ms pendant 200 secondes • Champ de vue 360 km x 302 km 	Enregistrement continu durant 200 secondes 3 ou 4 séquences de 200 secondes par orbite de jour
			Photomètre à 777,4 et 337 nm <ul style="list-style-type: none"> • Echantillonnage à une résolution temporelle de 50 µs pendant 200 secondes • Champ de vue = diamètre de ~300 km 	Enregistrement continu durant 20 minutes par orbite de nuit

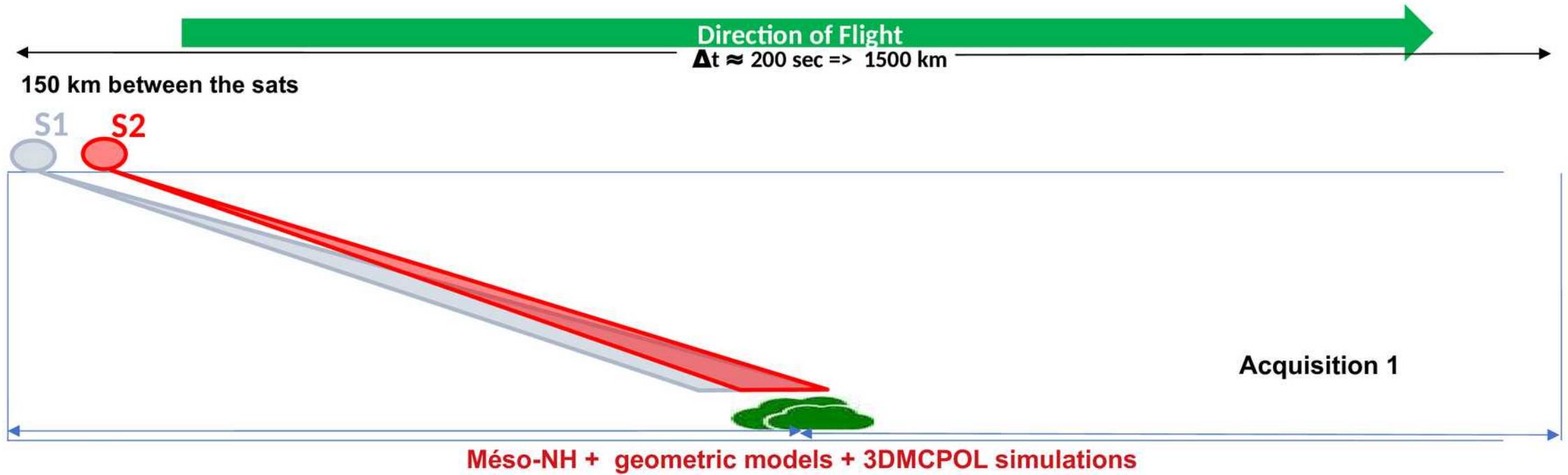
Orbite de jour : 3 à 4 séquences de 11 acquisitions de 2 scènes (images) nuageuses

Orbite de nuit (LOIP) : mesure en continu pendant 1200s (20 min)

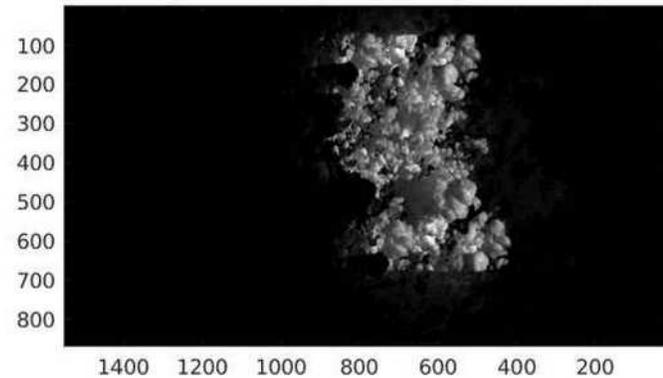
Orbite héliosynchrone avec heure passage à l'équateur entre 12h et 14h



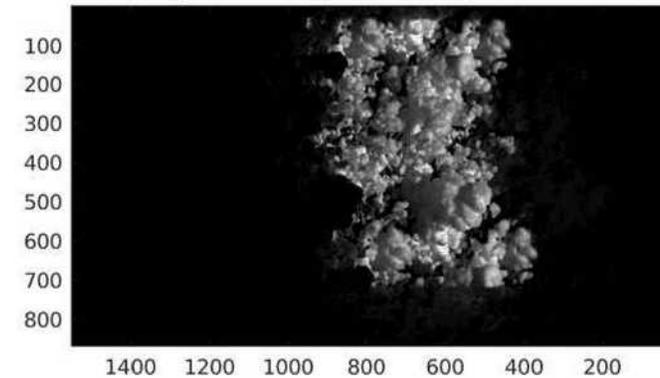
C³IEL : Simulation d'observations réalistes



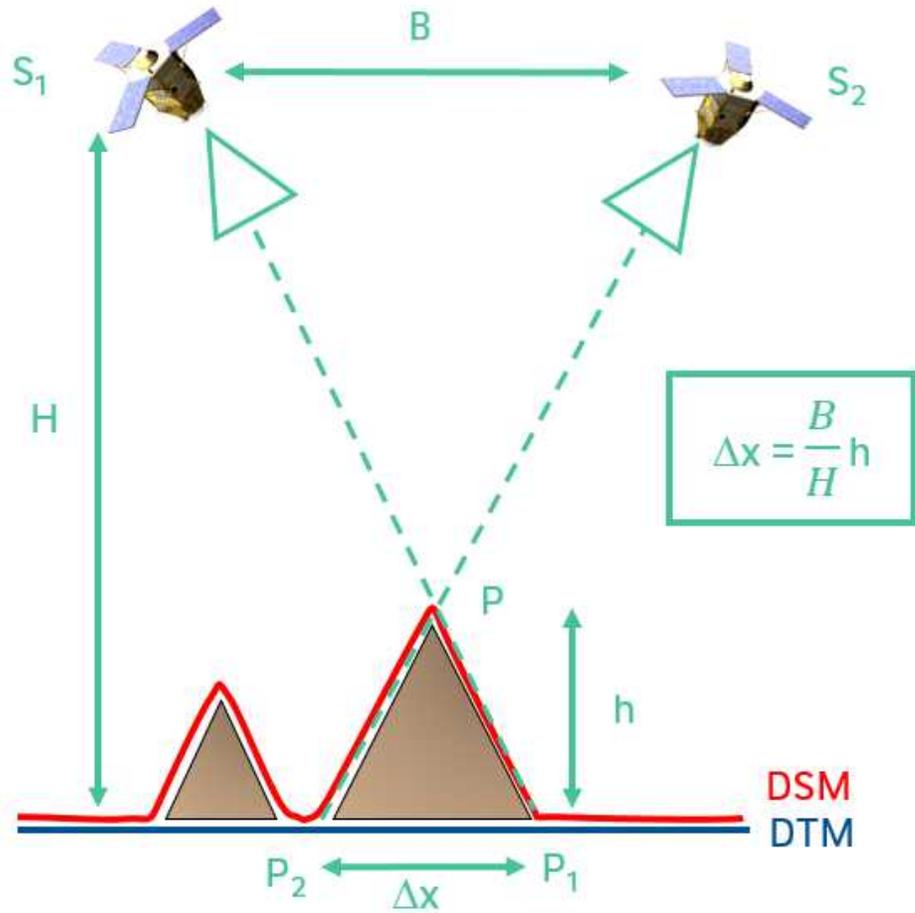
$\theta_s = 13.6^\circ; \theta_v = 59.1^\circ; \phi_v = -96.5^\circ$



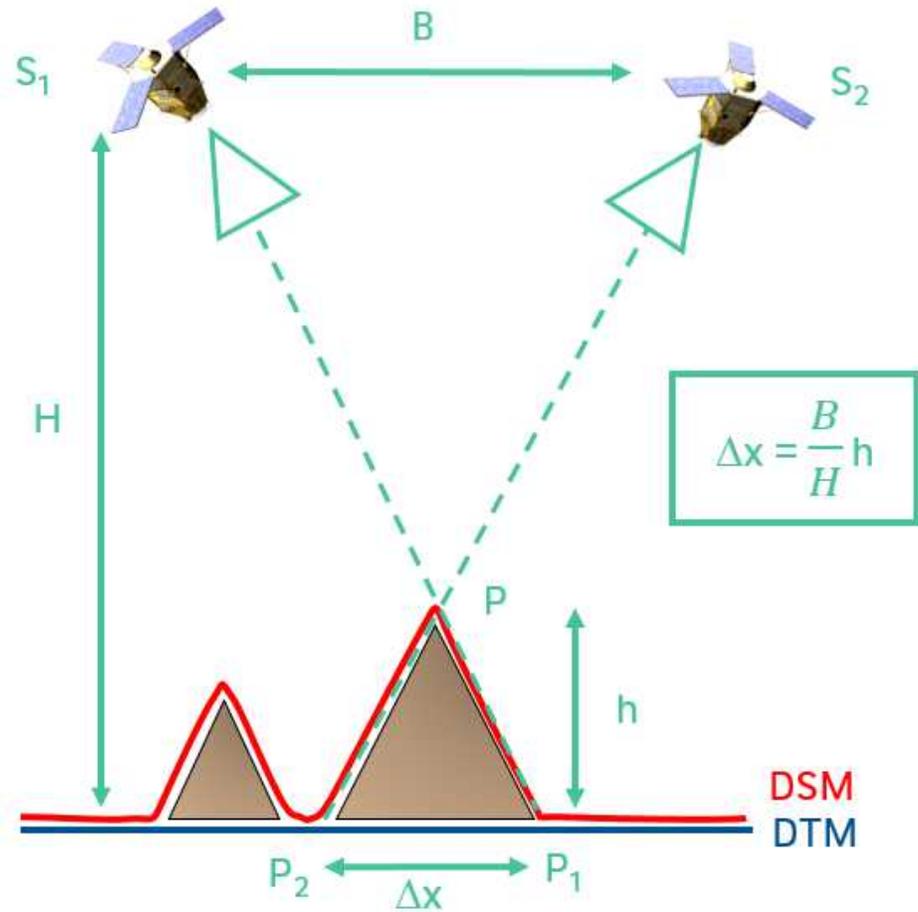
$\theta_s = 13.6^\circ; \theta_v = 53.6^\circ; \phi_v = -96.5^\circ$



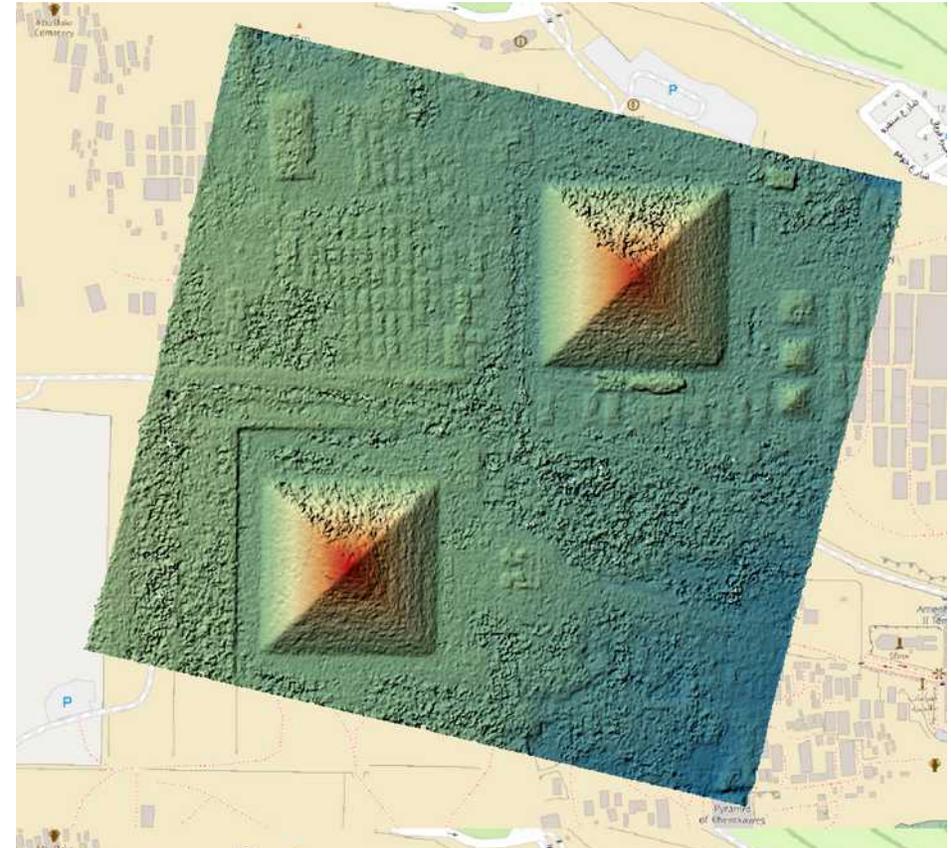
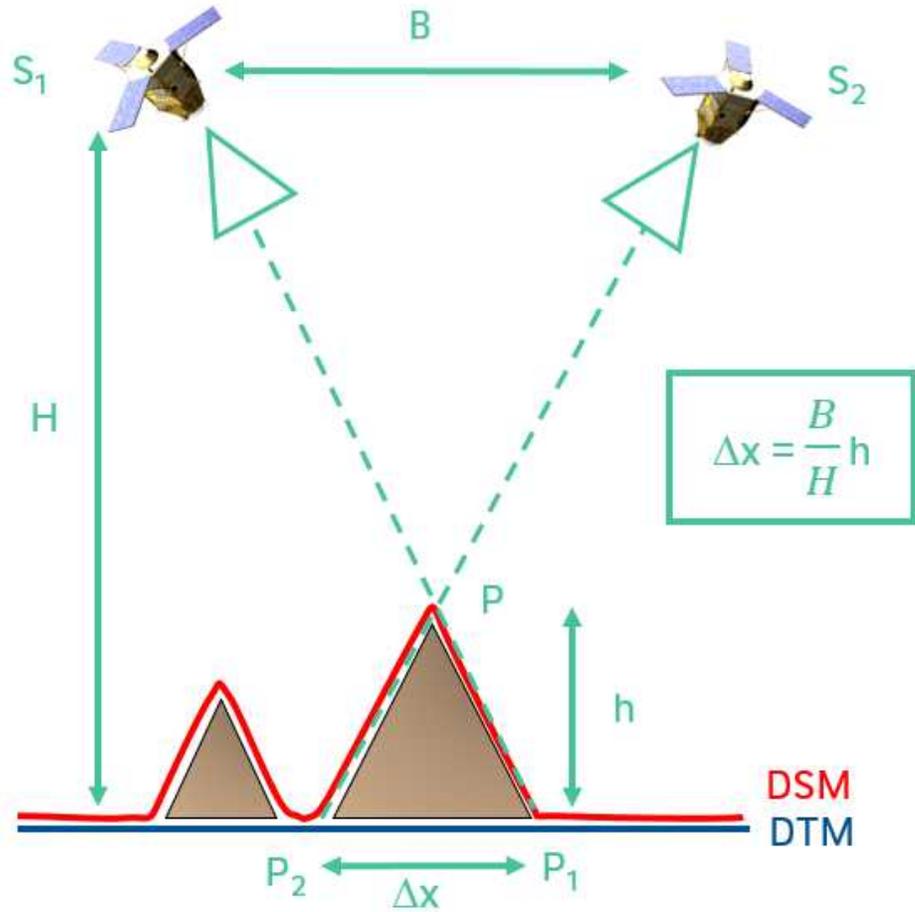
Principe de la stéréo-restitution



Principe de la stéréo-restitution



Principe de la stéréo-restitution



CLOUD/C³IEL : Enveloppe 3D par stéréo-restitution et vitesse de développement des nuages

Méthode :

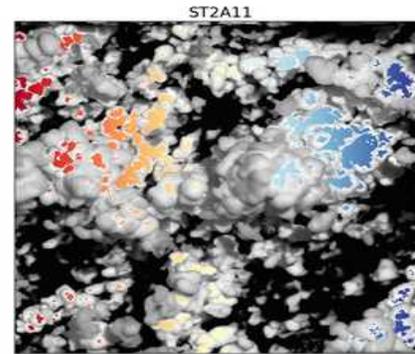
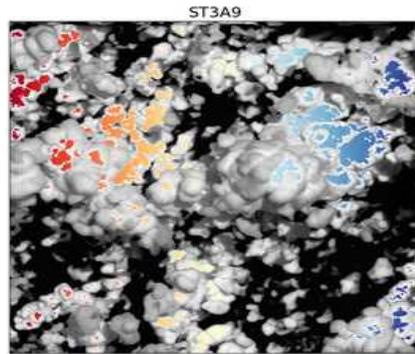
(Step 1) Recherche des points homologues sur 2 images successives séparées de 20s

(Step 2) Interpolation des coordonnées des points homologues à partir des enveloppes

(Step 3) Calcul des vecteurs vitesses

Step 1

A5 → A6

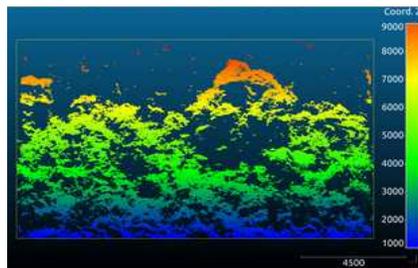


i_5, j_5

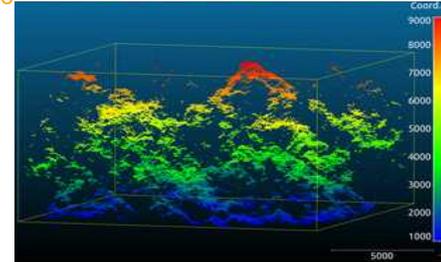
i_6, j_6

Step 2

A5



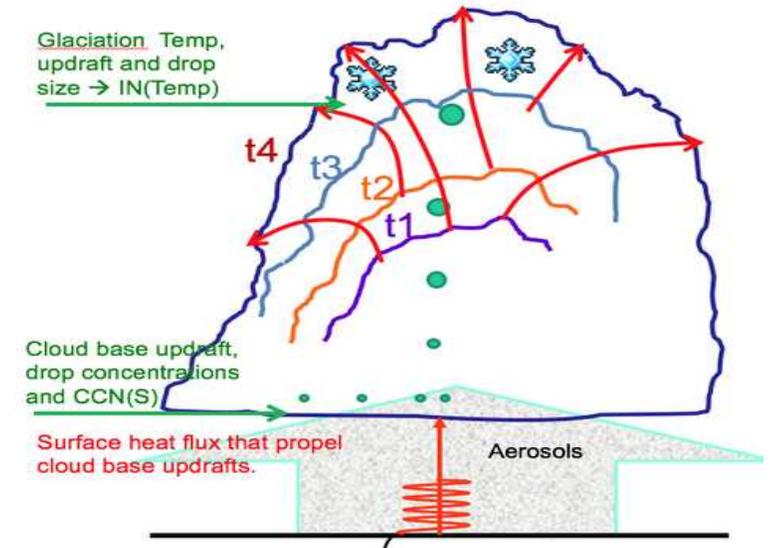
A6



x_5, y_5, z_5

x_6, y_6, z_6

Step 3



enveloppes obtenues à partir de 2 images simultanées par stéréorestitution

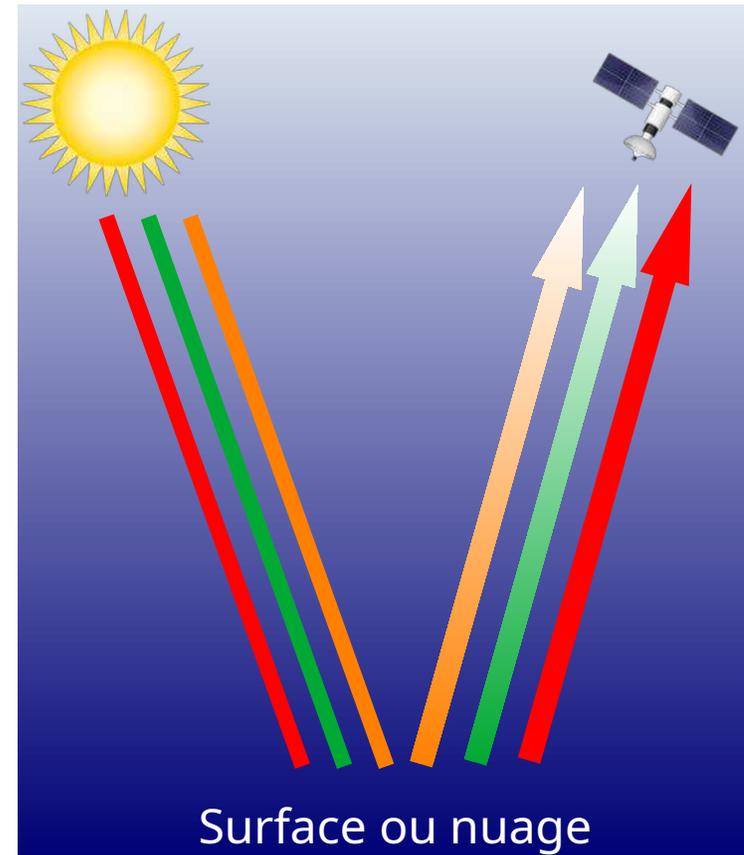
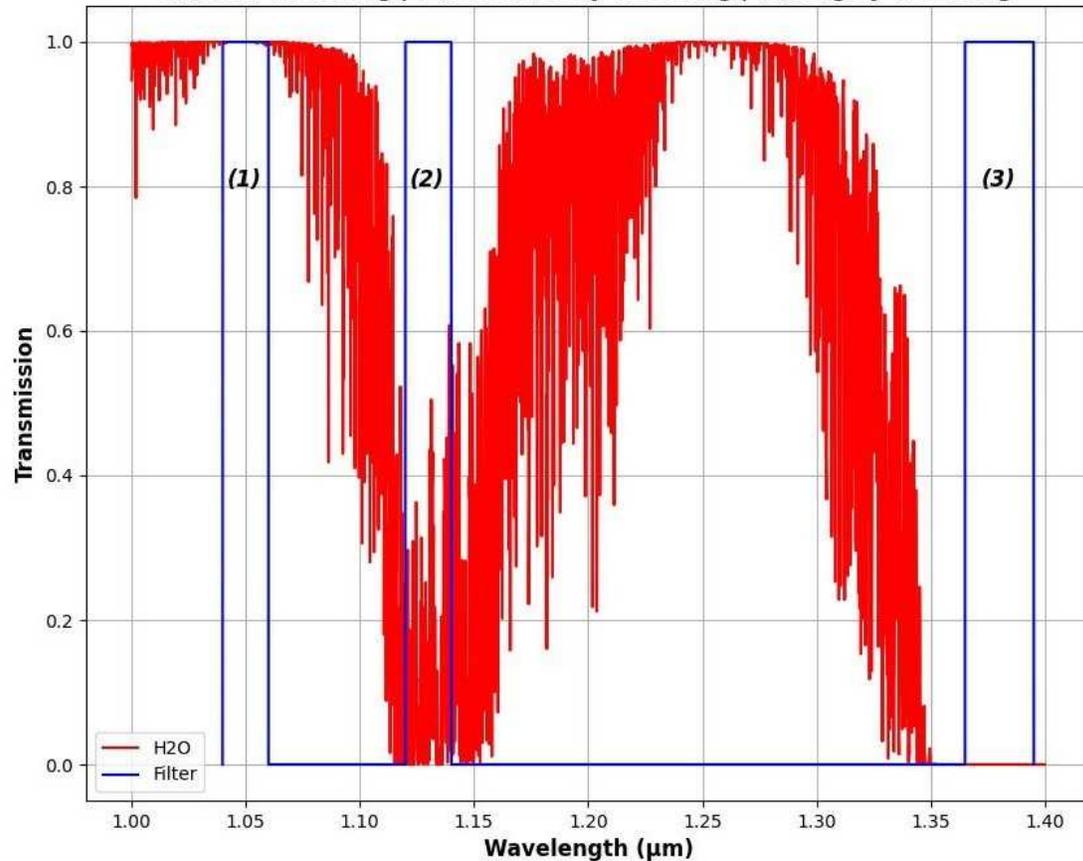


WV/C3IEL : contenu en vapeur d'eau au-dessus des nuages

Canaux « vapeur d'eau » : principe

(2) ou (3)
(1)

(1): Non-absorbing | (2): Moderately absorbing | (3): Highly absorbing

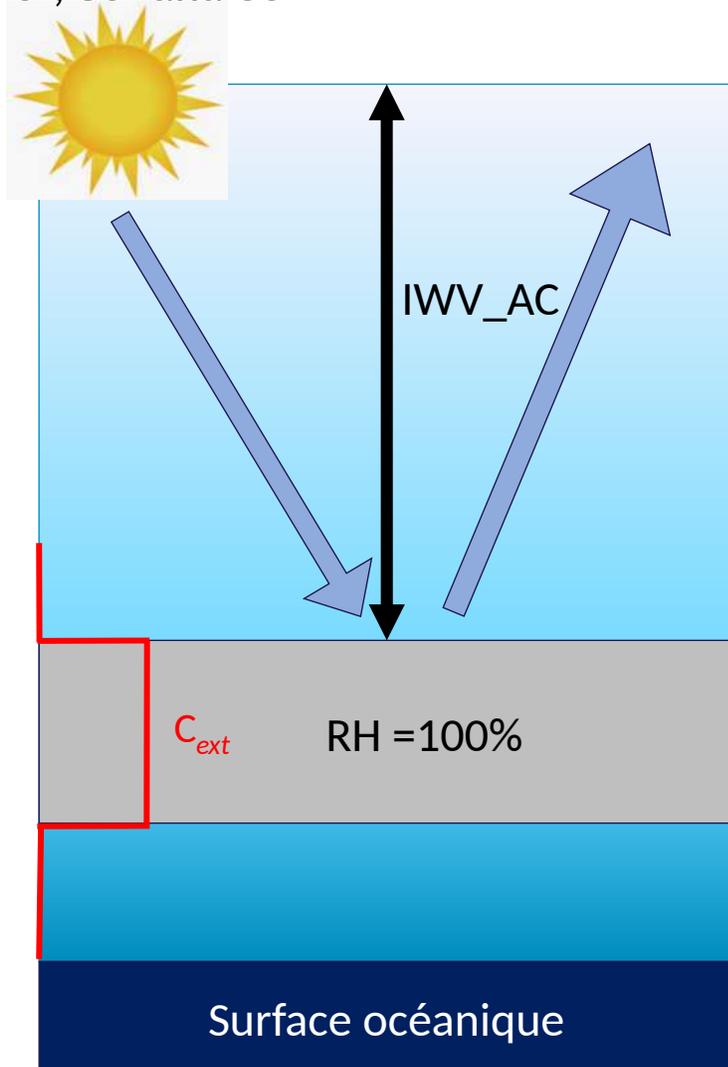


(1) non absorbant
(2) moyennement absorbant
(3) Fortement absorbant



WV/C3IEL : contenu en vapeur d'eau au-dessus des nuages

SZA = 0°, 30° and 60°



Paramètres d'entrées

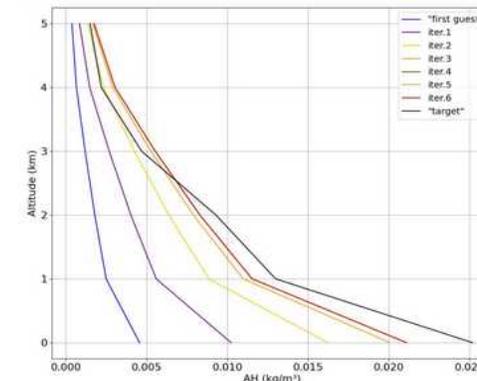
Méthode d'estimation optimale

<p>Vecteur mesures</p> <ul style="list-style-type: none"> - $L_{1.04 \mu\text{m}} \pm 5 \%$ - $L_{1.13 \mu\text{m}} \pm 5 \%$ - $L_{1.37 \mu\text{m}} \pm 5 \%$ <p>5 % → spécification MRD</p>	<p>Paramètres fixes du modèle direct</p> <ul style="list-style-type: none"> - CTH (km) : imageur CLOUD ± 0.04 km (Dandini <i>et al.</i>, 2022) - Albédo de surface : 0.060 ± 0.006 (10 %) - R_{eff} gouttelettes (μm) : $10 \mu\text{m}$ (King <i>et al.</i>, 2004) $\pm 5 \mu\text{m}$ (50 %)
<p>Connaissances a priori</p> <ul style="list-style-type: none"> - COT 1D → 10 000 % - IWV AC → 10 000 % <p>10 000 % → minimiser impact des <i>a priori</i> dans l'inversion</p>	

↓ Méthode d'estimation optimale : **processus itératif**

Restitution
 COT 1D & IWV AC \pm incertitude *a posteriori*
 $L_{1.04 \mu\text{m}}$: restitution COT
 $L_{1.13 \mu\text{m}}$ et $L_{1.37 \mu\text{m}}$: restitution IWV AC

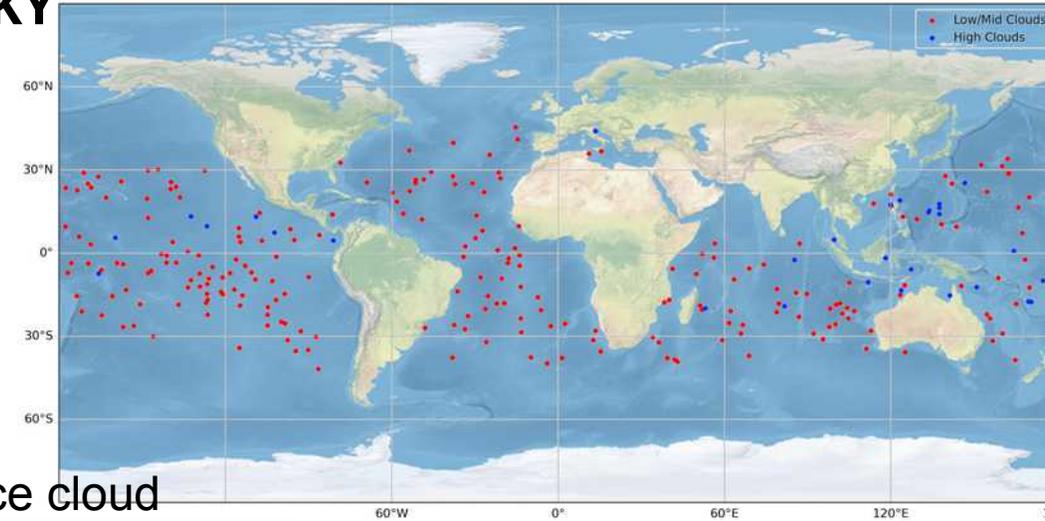
A chaque itération, le profil est décalé de manière uniforme :



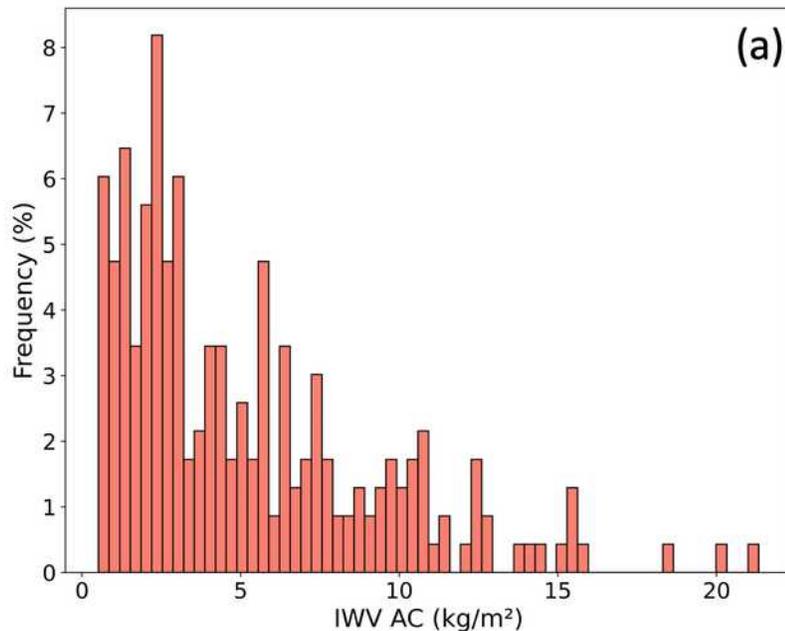
WV/C3IEL : contenu en vapeur d'eau au-dessus des nuages

L2_WV EVALUATION USING ECMWF PROFILES : CLOUDY SKY

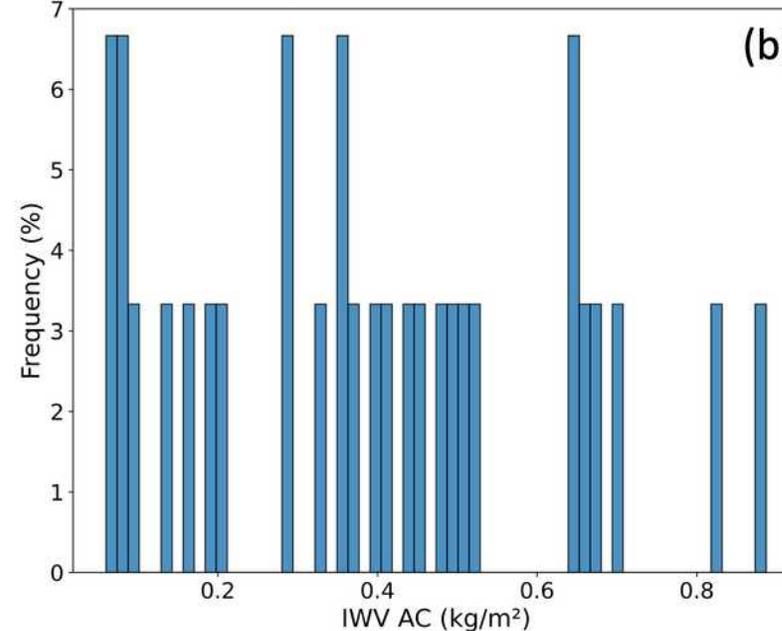
- Target radiances 232 profiles:
Latitude $\pm 60^\circ$ - Monolayer Clouds - COT > 10
- Plan-parallel, infinite clouds : $C_{\text{ext}} \neq c^{\text{te}}$



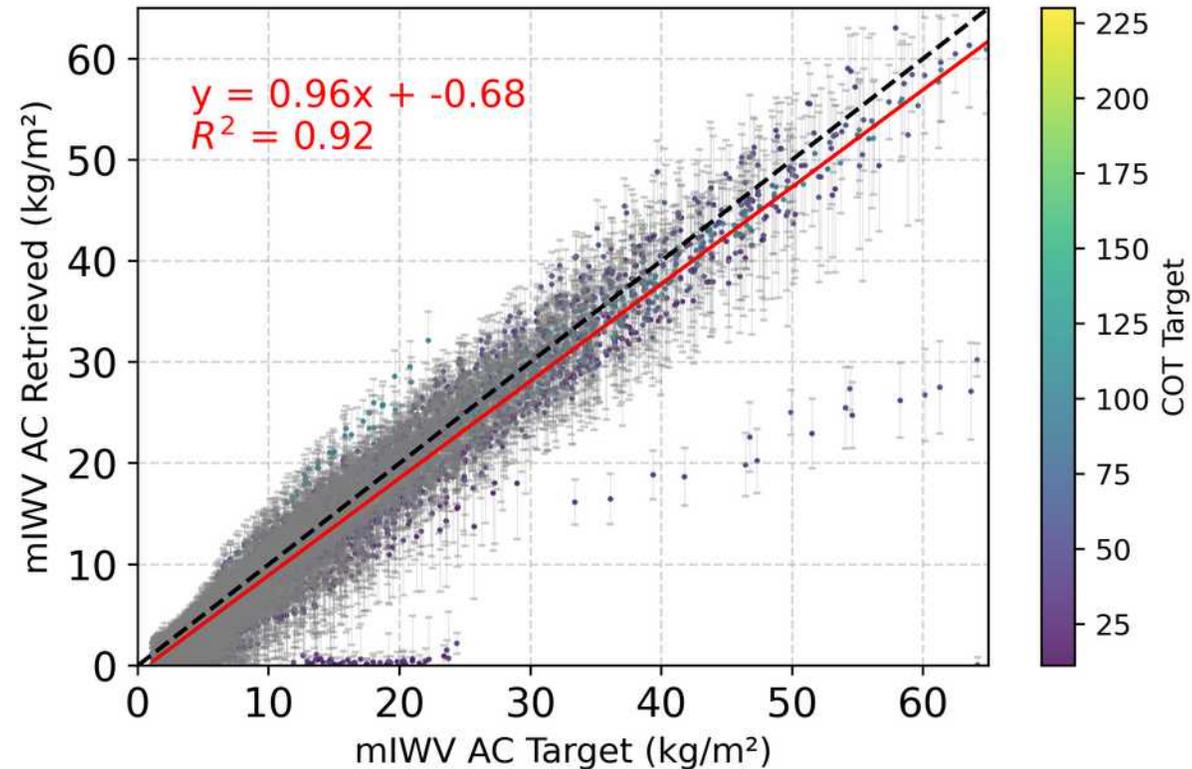
Liquid cloud



Liquid and ice cloud



L2_WV EVALUATION USING ECMWF PROFILES : LIQUID CLOUD

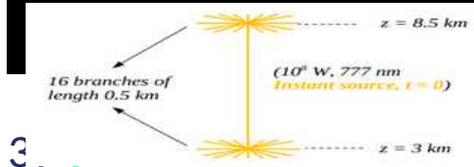
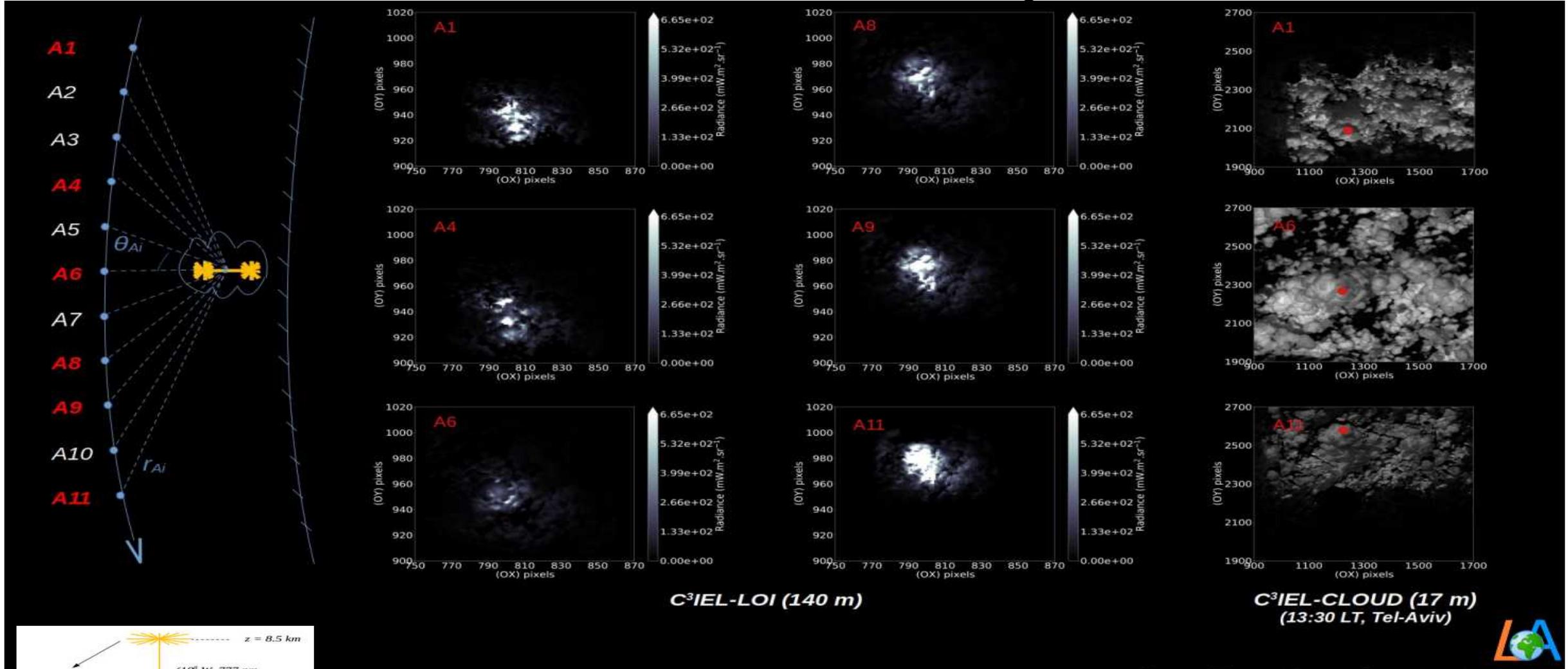


Relationship between the retrieved and target mIWV AC values for profiles containing low-/mid-level clouds. The red line represents the linear regression and the black dashed line indicates the $y = x$ line. Error bars represent the uncertainty estimated by the retrieval algorithm



LOIP : simulations d'observation réalistes de l'activité électrique

Simulation de nuit des imageurs LOIP



Rimboud A., Defer E., Cornet C., Thieuleux F. and Ricard D.: On the use of 3DMCPOL atmospheric radiative transfer code to understand the optical lightning signal detected from space, en préparation pour AMT ou JQSRT



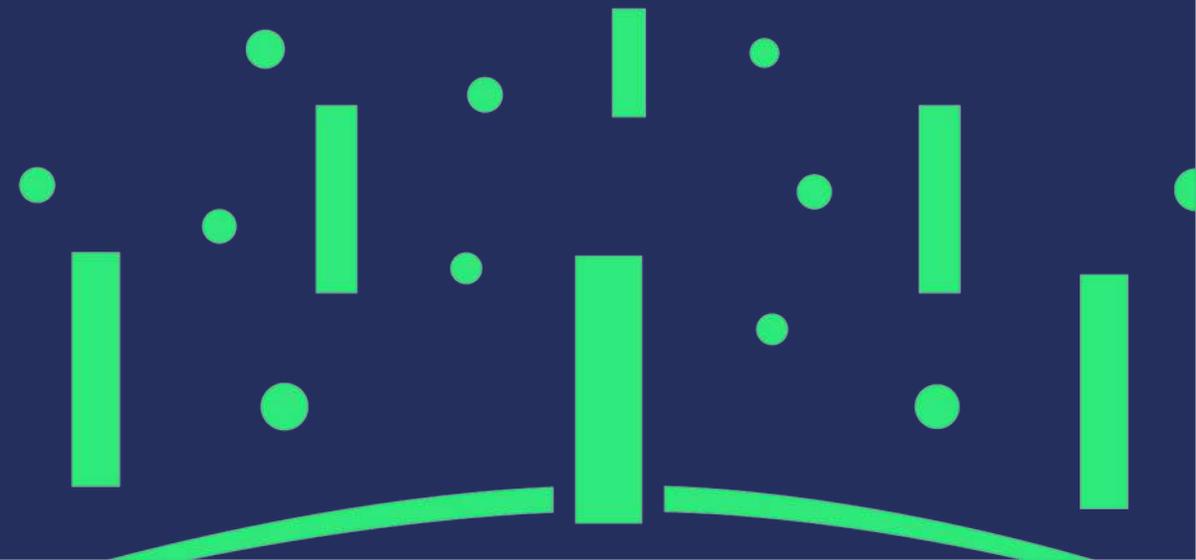
Pour conclure, la télédétection passives des nuages dans un futur plus ou moins proche...

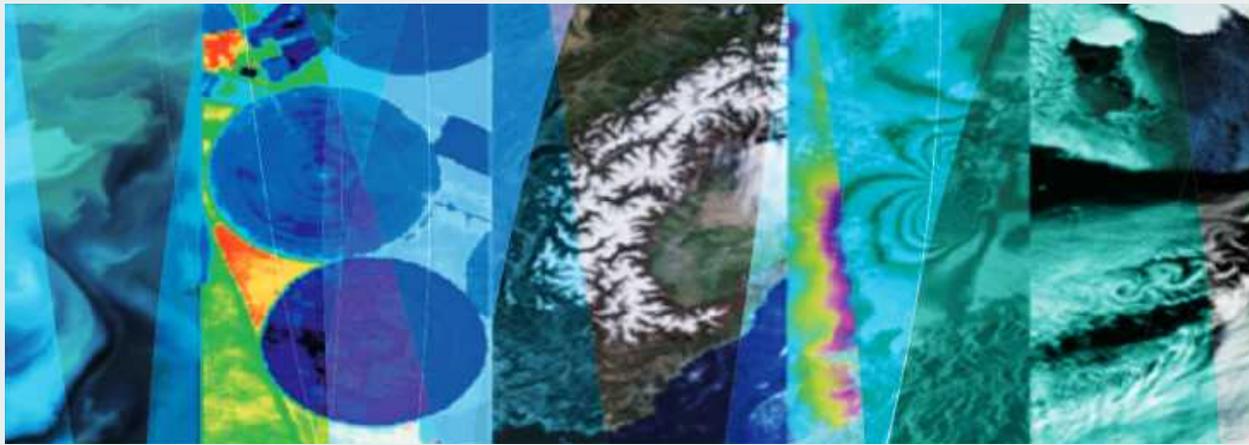
- **Nouvelles missions spatiales pour l'observation des nuages : EPS-SG (3MI, Met-Image, IASI-NG...) en 2025, INCUS en 2026-2027, C³IEL en 2028, C²OMODO/AOS en 2030,...**
- **Développement de nouveaux algorithmes d'inversion des observations :**
 - Vers la restitution de profils verticaux en utilisant les informations multispectrales, polarisé et multiangulaires des capteurs (ex. 3MI)
 - Haute résolution spatiale et observations simultanées = prise en compte de la structure des nuages....vers la restitution "3D" des propriétés nuageuses ?
 - Intervalle de temps entre 2 observations => dynamique des processus nuageux (C³IEL, C²OMODO, INCUS)

Thèses aux LOA : https://www.loa.univ-lille.fr/theses_stages.html



Le Programme National de Télédétection Spatiale





Le Programme National de Télédétection Spatiale

Programme national de l'INSU/CNRS

INSU : Institut national des sciences de l'Univers (<https://www.insu.cnrs.fr/fr>)



<http://programmes.insu.cnrs.fr/pnts/>



Présentation générale du PNTS

Le PNTS, Programme National de Télédétection Spatiale, soutient des activités de recherche en lien avec l'observation de la Terre depuis l'espace

Domaines: Surfaces Continentales, Cryosphère, Physique et Biogéochimie de l'Océan, Atmosphère, Terre Solide

Programme incubateur : soutien aux méthodologies exploratoires en télédétection spatiale, soutien aux jeunes chercheurs, un soutien R&D et à l'innovation, une aide à la préparation à des projets plus conséquents (TOSCA, ANR, ERC...)

Le programme soutient :

- des études exploratoires pour des futurs instruments spatiaux
- des études de physique de la mesure, y compris la modélisation du transfert radiatif
- le développement de nouvelles méthodes de traitement et d'exploitation de la donnée spatiale
- la caractérisation et qualification des produits satellitaires par comparaison avec des données exogènes
- une utilisation particulièrement originale de l'observation spatiale pour une application thématique
- des colloques, ateliers en lien avec l'observation de la Terre

Liste de diffusion avec 440 abonnés (AAP, Anonces thèses, post-doc, CDD/CDI, conférence,...) : nouvelles-du-pnts@groupe.renater.fr



Membres du Comité d'Expertise Scientifique

Bureau : Céline Cornet (Présidente), Juan Cuesta (Secrétaire)



Brice Barret (LAERO/OMP) : chimie atmosphérique, HRS (IASI) , mesures in- situ

Julien Brajard (LOCEAN/SU détaché au NERSC, No) : Couleur de l'océan, machine learning, dynamique océanique, assimilation de données, télédétection passive spectrale

Céline Cornet (LOA/Univ. Lille) : Nuages transfert radiatif, télédetect. passive multispectrale

Juan Cuesta (LISA/UPEC) : Aérosols, polluant gazeux, composition atmosphérique, télédetect. multispectrale passive et active

Pierre Gernez (LSIS/ Univ. Nantes) : Optique Marine et Couleur de l'océan, télédétection passive multi et hyperspectrale pour des applications en écologie benthique et côtière



Odin Marc (GET/OMP) : Géomorphologie quantitative, risques naturels, glissement de terrains, évolution des paysages, empreinte carbone

Emilie Klein (GEO/ENS) : Déformations terrestres, tremblement de Terre, GPS, INSAR



Karine Adeline (DOTA/ONERA) : Végétation arborée, modélisation 3D, transfert radiatif et méthodes inverse, télédétection passive multi- et hyperspectrale

Laurent Ferro-Famil (CESBIO/Sup-Aero) : Traitement radar et imagerie SAR. Application forêts, zones urbaines et cryosphère

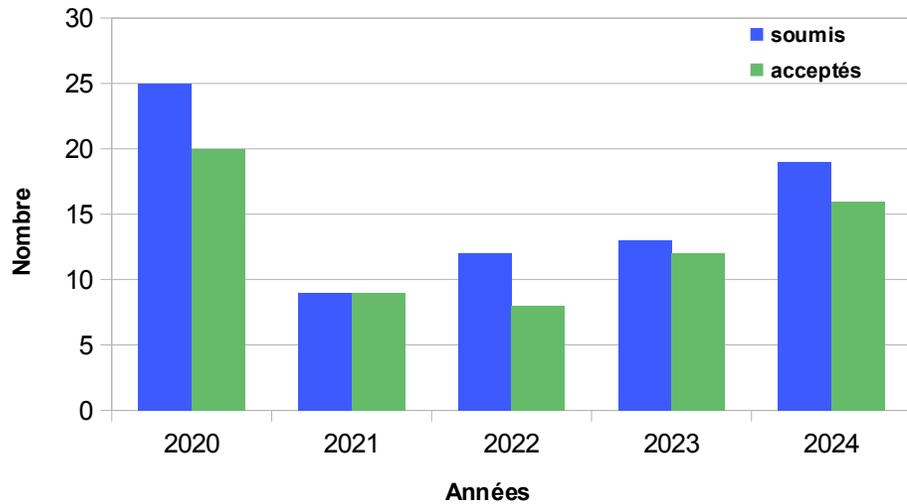
Frédéric Frappart (ISPA/INRAE) : Cycle de l'eau sur les continents et biomasse végétale. Micro ondes passives et actives

Raoul Lopez Lozano (EmmaH,INRAE) : Caractérisation du fonctionnement de la végétation agricole à haute résolution spatiale. Phénotypage à haut débit de variétés

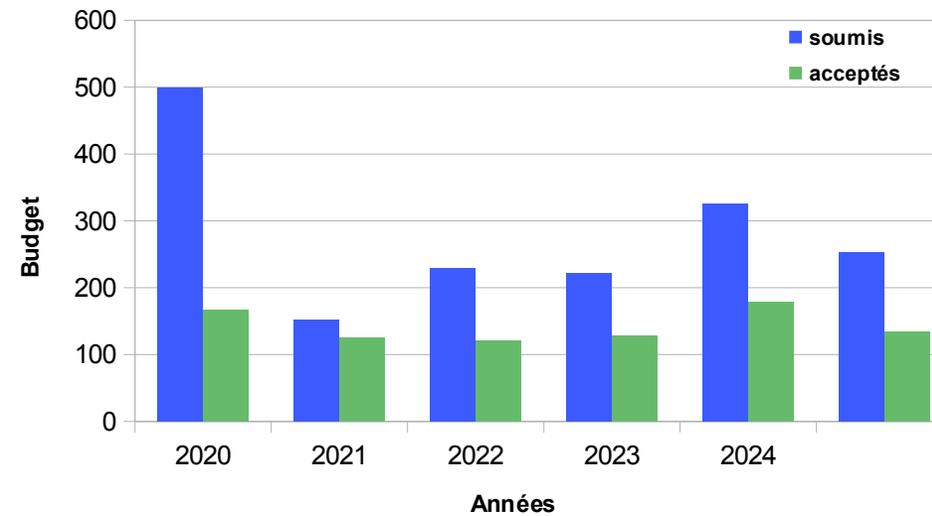
Yajing Yan (LISTIC/Univ. SMBC) : Glaciers, Volcans, InSAR, IA

Projets soumis AAP 2020-2024

Projets soumis/acceptés



Budgets demandés/obtenus

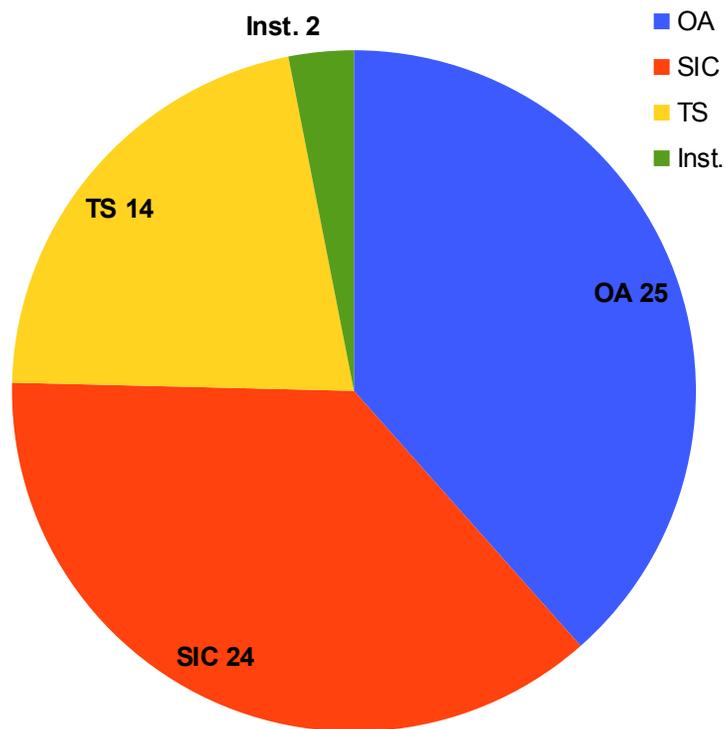


En moyenne sur 5 ans :

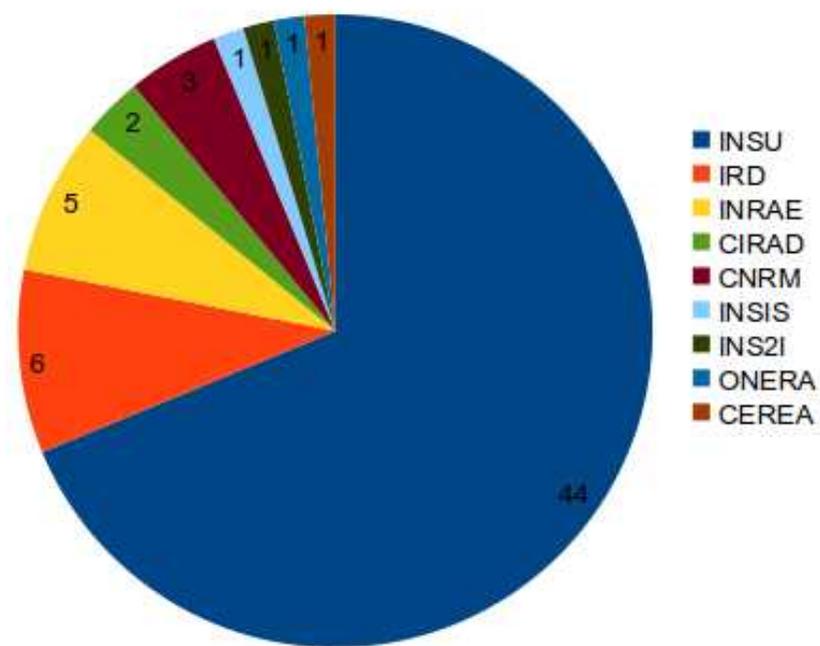
- **Projets soumis : 15.6 ; Projets acceptés : 13 ; Taux d'acceptation : 85 %**
- **Budget soumis : 286 k€ ; Budget financé : 148k€**
- **Budget moyen / projet : 11.4 k€ entre [5 ; 29]k€**

Porteur de projet 2020-2024 par domaine et par institut

Répartition par domaine



Répartition par institut





Journée Thématiques 2025

10 ans observations par la mission Sentinel-2 : apports et perspectives
Les apports de la haute résolution spatiale et de la revisite temporelle fréquente

En mode hybride, ISPA, INRAE/Bordeaux Sciences Agro, Centre INRAE Nouvelle Aquitaine, Villenave d'Ornon.:

<https://jtpnts2025.sciencesconf.org/> (Site à venir courant mars 2025)

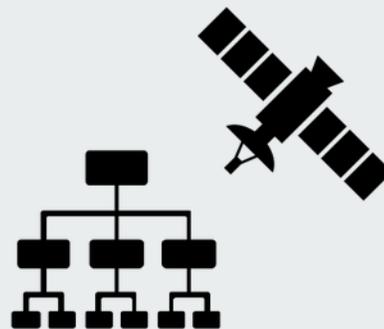
Session 1: Présentations
invitées

25 min

Experts couvrant les
domaines OA, SIC, TS

Session 2: "Je partage ma
problématique ou solution"

5 min, Contributions de la
communauté



Session 3: Concours "Ma
thèse depuis l'espace"

3 min vidéo pré-
enregistrée, doctorants



Infos : nouvelles-du-pnts@groupes.renater.fr