

Les nuages bas sont-ils réellement “too few too bright” dans les GCMs ?

Najda Villefranque, Maëlle Coulon–Decorzens, Frédéric Hourdin, Abderrahmane Idelkadi



Simulated cloud field (ARM-Cumulus at 8 m resolution) rendered using a Monte Carlo path-tracing model (htrdr, Villefranque et al. 2019)

Les nuages bas sont-ils réellement “too few too bright” dans les GCMs ?

Spoiler alert: Oui ! Mais pourquoi ? Et ça veut dire quoi ?

Najda Villefranque, Maëlle Coulon–Decorzens, Frédéric Hourdin, Abderrahmane Idelkadi



Simulated cloud field (ARM-Cumulus at 8 m resolution) rendered using a Monte Carlo path-tracing model (htrdr, Villefranque et al. 2019)

Contexte

- Travail de Maëlle sur les compensations d'erreurs nuages / rayonnement (présentation à suivre: stay tuned!)
- Biblio compensations d'erreurs nuages / rayonnement ? “Too few, too bright” bien sûr !

Contexte

- Travail de Maëlle sur les compensations d'erreurs nuages / rayonnement (présentation à suivre: stay tuned!)
- Biblio compensations d'erreurs nuages / rayonnement ? “Too few, too bright” bien sûr !

Combining ERBE and ISCCP data to assess clouds in the Hadley Centre, ECMWF and LMD atmospheric climate models

Published: September 2001

Volume 17, pages 905–922, (2001) [Cite this article](#)

[M. Webb, C. Senior, S. Bony & J.-J. Morcrette](#)

 597 Accesses  304 Citations  10 Altmetric  1 Mention [Explore all metrics](#) →

Sous-estimation du forçage radiatif SW des nuages hauts et moyens, + dans les régions de stratocu ; compensé par une surestimation dans les zones de cumulus

Contexte

- Travail de Maëlle sur les compensations d'erreurs nuages / rayonnement (présentation à suivre: stay tuned!)
- Biblio compensations d'erreurs nuages / rayonnement ? “Too few, too bright” bien sûr !

Combining ERBE and ISCCP data to assess clouds in the Hadley Centre, ECMWF and LMD atmospheric climate models

Published: September 2001

Volume 17, pages 905–922, (2001) [Cite this article](#)

[M. Webb](#), [C. Senior](#), [S. Bony](#) & [J.-J. Morcrette](#)

 597 Accesses  304 Citations  10 Altmetric  1 Mention [Explore all metrics](#) →

Sous-estimation du forçage radiatif SW des nuages hauts et moyens, + dans les régions de stratocu ; compensé par une surestimation dans les zones de cumulus

Cloud radiative forcing of subtropical low level clouds in global models

Published: 19 October 2007

Volume 30, pages 779–786, (2008) [Cite this article](#)

[Focus nuages bas (marine subtropics region)]

[Johannes Karlsson](#)  [Gunilla Svensson](#) & [Henning Rodhe](#)

 548 Accesses  40 Citations  9 Altmetric  1 Mention [Explore all metrics](#) →

“negative bias in the low cloud fraction (model mean bias of -15%). [...] excess of cloud radiative cooling in the region (model mean excess of 13 W m⁻²).”

Contexte

- Travail de Maëlle sur les compensations d'erreurs nuages / rayonnement (présentation à suivre: stay tuned!)
- Biblio compensations d'erreurs nuages / rayonnement ? “Too few, too bright” bien sûr !

Combining ERBE and ISCCP data to assess clouds in the Hadley Centre, ECMWF and LMD atmospheric climate models

Published: September 2001

Volume 17, pages 905–922, (2001) [Cite this article](#)

M. Webb, C. Senior, S. Bony & J.-J. Morcrette

597 Accesses 304 Citations 10 Altmetric 1 Mention [Explore all metrics](#) →

Sous-estimation du forçage radiatif SW des nuages hauts et moyens, + dans les régions de stratocu ; compensé par une surestimation dans les zones de cumulus

Cloud radiative forcing of subtropical low level clouds in global models

Published: 19 October 2007

Volume 30, pages 779–786, (2008) [Cite this article](#)

[Focus nuages bas (marine subtropics region)]

Johannes Karlsson, Gunilla Svensson & Henning Rodhe

548 Accesses 40 Citations 9 Altmetric 1 Mention [Explore all metrics](#) →

“negative bias in the low cloud fraction (model mean bias of -15%). [...] excess of cloud radiative cooling in the region (model mean excess of 13 W m⁻²).”

Geophysical Research Letters

Atmospheric Science | [Free Access](#)

The ‘too few, too bright’ tropical low-cloud problem in CMIP5 models

C. Nam, S. Bony, J.-L. Dufresne, H. Chepfer

[Utilise COSP ; mentionne le tuning]

First published: 01 November 2012 | <https://doi.org/10.1029/2012GL053421> | Citations: 240

+ “models are found to [...] poorly represent the dependence of the low-cloud vertical structure on large-scale environmental conditions”

Contexte

- Travail de Maëlle sur les compensations d'erreurs nuages / rayonnement (présentation à suivre: stay tuned!)
- Biblio compensations d'erreurs nuages / rayonnement ? “Too few, too bright” bien sûr !

Combining ERBE and ISCCP data to assess clouds in the Hadley Centre, ECMWF and LMD atmospheric climate models

Published: September 2001

Volume 17, pages 905–922, (2001) [Cite this article](#)

M. Webb, C. Senior, S. Bony & J.-J. Morcrette

597 Accesses 304 Citations 10 Altmetric 1 Mention [Explore all metrics](#) →

Sous-estimation du forçage radiatif SW des nuages hauts et moyens, + dans les régions de stratocu ; compensé par une surestimation dans les zones de cumulus

Cloud radiative forcing of subtropical low level clouds in global models

Published: 19 October 2007

Volume 30, pages 779–786, (2008) [Cite this article](#)

[Focus nuages bas (marine subtropics region)]

Johannes Karlsson, Gunilla Svensson & Henning Rodhe

548 Accesses 40 Citations 9 Altmetric 1 Mention [Explore all metrics](#) →

“negative bias in the low cloud fraction (model mean bias of -15%). [...] excess of cloud radiative cooling in the region (model mean excess of 13 W m^{-2}).”

Geophysical Research Letters

Atmospheric Science | [Free Access](#)

The ‘too few, too bright’ tropical low-cloud problem in CMIP5 models

C. Nam, S. Bony, J.-L. Dufresne, H. Chepfer [Utilise COSP ; mentionne le tuning]

First published: 01 November 2012 | <https://doi.org/10.1029/2012GL053421> | Citations: 240

+ “models are found to [...] poorly represent the dependence of the low-cloud vertical structure on large-scale environmental conditions”

Geophysical Research Letters

Research Letter | [Free Access](#)

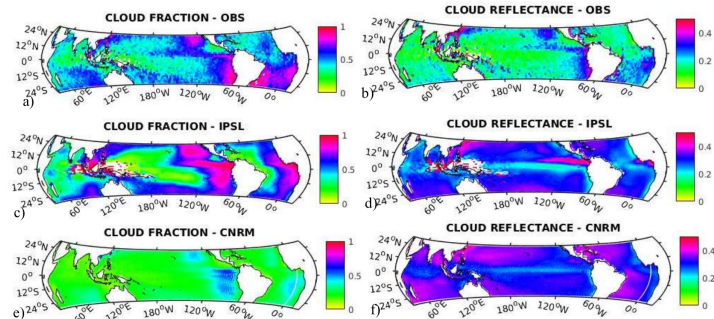
Low-Level Marine Tropical Clouds in Six CMIP6 Models Are Too Few, Too Bright but Also Too Compact and Too Homogeneous

Dimitra Konsta, Jean-Louis Dufresne, Hélène Chepfer, Jessica Vial, Tsuyoshi Koshiro, Hideaki Kawai, Alejandro Bodas-Salcedo, Romain Roehrig, Masahiro Watanabe, Tomoo Ogura

First published: 27 May 2022 | <https://doi.org/10.1029/2021GL097593> | Citations: 9

“too few, too bright” bias still present. Reflectance particularly overestimated when cloud cover is low. Models do not simulate any optically thin clouds.

Où en est-on dans CMIP6 ? Figures extraites de Konsta et al. 2022; nuages bas océans tropicaux 2007-2010



• “cloud fraction” = “cloud cover”
= fraction du pixel couverte par des nuages, vu depuis l'espace.

• “cloud reflectance” = $\frac{(R - (1 - C)R_{cs})}{C}$

R : réflectivité moyenne dans le pixel,

R_{cs} : réflectivité du ciel clair,

C : couverture nuageuse

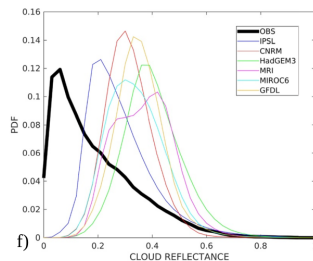
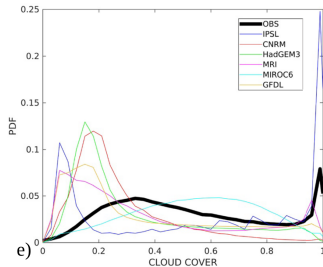
Reflectance = directionnel ($\approx 25 - 30^\circ$)

Albedo = hémisphérique

• OBS = satellite = lidar CALIOP-GOCCP pour la couverture, PARASOL pour la réflectance

• IPSL = GCM parisien, COSP pour la couverture et la réflectance

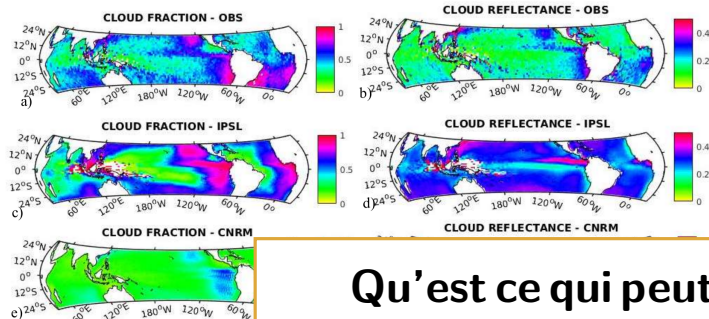
• CNRM = GCM toulousain, COSP pour la couverture et la réflectance



COSP = CFMIP Observation Simulator Package

GOCCP = GCM-Oriented CALIPSO Cloud Product

Où en est-on dans CMIP6 ? Figures extraites de Konsta et al. 2022; nuages bas océans tropicaux 2007-2010



• “cloud fraction” = “cloud cover”
= fraction du pixel couverte par des nuages, vu depuis l'espace.

• “cloud reflectance” = $\frac{(R - (1 - C)R_{cs})}{C}$

R : réflectivité moyenne dans le pixel,

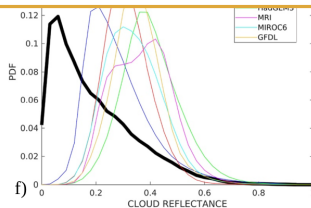
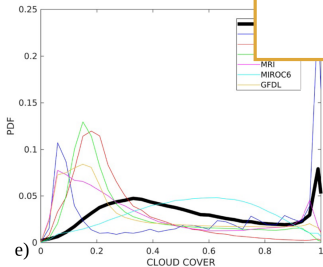
R_{cs} : réflectivité du ciel clair,

C : couverture nuageuse

Reflectance = directionnel ($\approx 25 - 30^\circ$)
hémisphérique

te = lidar CALIOP-
couverture, PARASOL
ce

Qu'est ce qui peut bien expliquer ces biais ?



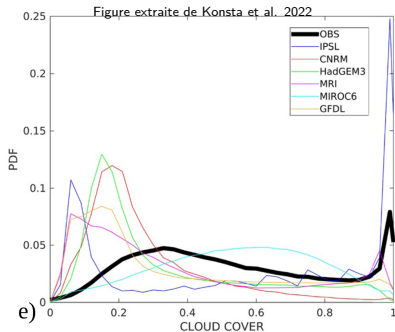
• IPSL = GCM parisien, COSP pour la couverture et la réflectance

• CNRM = GCM toulousain, COSP pour la couverture et la réflectance

COSP = CFMIP Observation Simulator Package

GOCCP = GCM-Oriented CALIPSO Cloud Product

Le biais “too few”



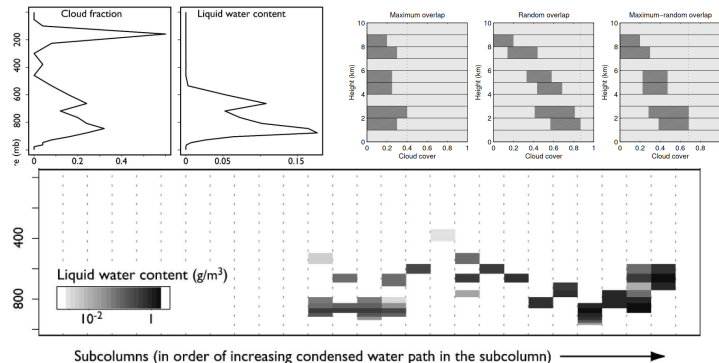
Diagnostic COSP de la cloud cover dans les modèles :

Inputs: profils verticaux de fractions nuageuses et contenu en eau

+ modèle de recouvrement vertical (overlap)

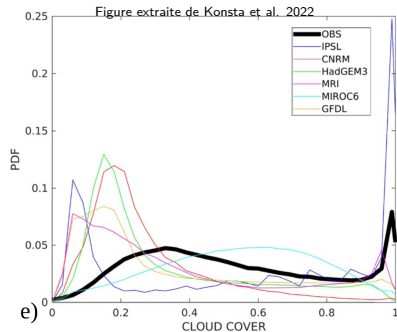
→ génération de profils nuageux “tout ou rien” ($\sim$ McICA)

→ simulateur de lidar sur ces profils



Figures extraites de Pincus et al., 2006 et Hogan et al., 2000

Le biais “too few”



Or, la plupart des GCMs font une hypothèse de recouvrement “max-random”, c’est à dire “max” pour les nuages contigus, ce qui est souvent le cas pour les nuages bas. Sauf GFDL et HadGEM3 qui ont le modèle “exp-rand” de Hogan et al. (2000) avec une longueur de décorrélation de 2 km et 100 hPa respectivement.

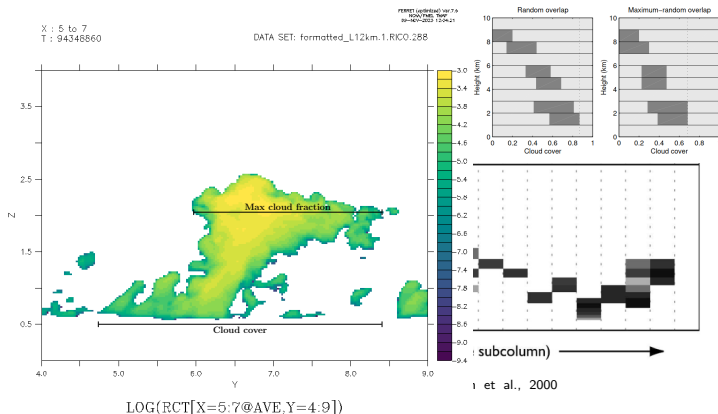
Diagnostic COSP de la cloud cover dans les modèles :

Inputs: profils verticaux de fractions nuageuses et contenu en eau

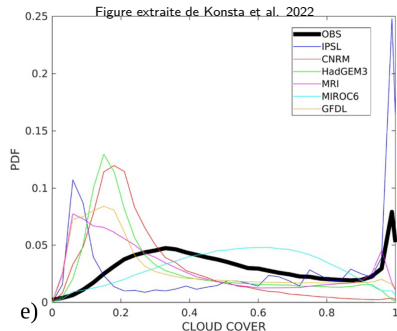
+ modèle de recouvrement vertical (overlap)

→ génération de profils nuageux “tout ou rien” ($\sim$ McICA)

→ simulateur de lidar sur ces profils



Le biais “too few”



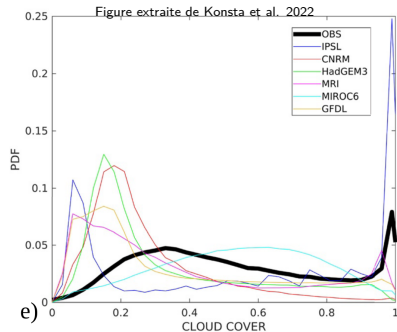
Or, la plupart des GCMs font une hypothèse de recouvrement “max-random”, c’est à dire “max” pour les nuages contigus, ce qui est souvent le cas pour les nuages bas. Sauf GFDL et HadGEM3 qui ont le modèle “exp-rand” de Hogan et al. (2000) avec une longueur de décorrélation de 2 km et 100 hPa respectivement.

Diagnostic COSP de la cloud cover dans les modèles :

Inputs: profils verticaux de fractions nuageuses et contenu en eau
+ modèle de recouvrement vertical (overlap)
→ génération de profils nuageux “tout ou rien” ($\sim$ McICA)
→ simulateur de lidar sur ces profils

Donc ce qu’on voit sur les courbes modèles, c’est à peu près le **maximum de fraction** nuageuse sur la verticale

Le biais “too few”

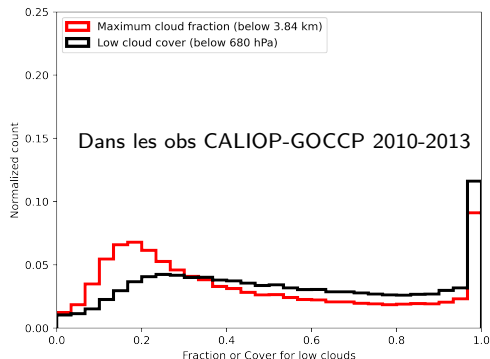


Or, la plupart des GCMs font une hypothèse de recouvrement “max-random”, c’est à dire “max” pour les nuages contigus, ce qui est souvent le cas pour les nuages bas. Sauf GFDL et HadGEM3 qui ont le modèle “exp-rand” de Hogan et al. (2000) avec une longueur de décorrélation de 2 km et 100 hPa respectivement.

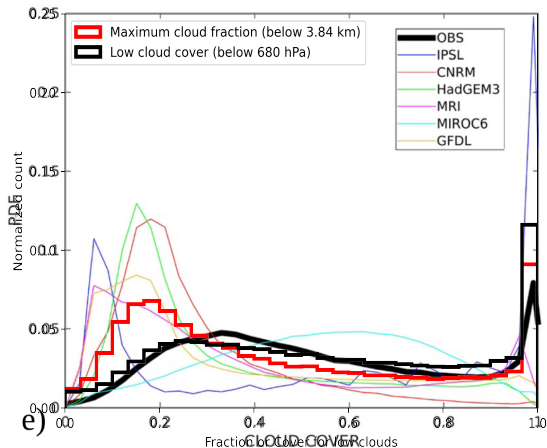
Diagnostic COSP de la cloud cover dans les modèles :

Inputs: profils verticaux de fractions nuageuses et contenu en eau
+ modèle de recouvrement vertical (overlap)
→ génération de profils nuageux “tout ou rien” ($\sim$ McICA)
→ simulateur de lidar sur ces profils

Donc ce qu’on voit sur les courbes modèles, c’est à peu près le **maximum de fraction** nuageuse sur la verticale

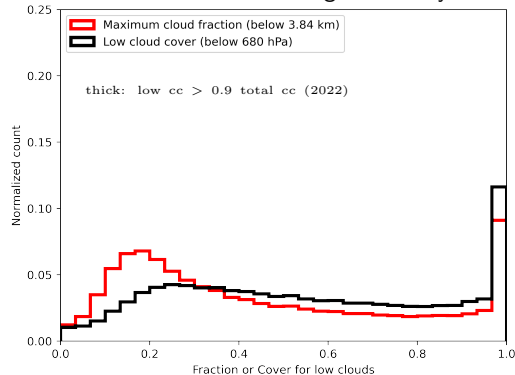


Le biais “too few”

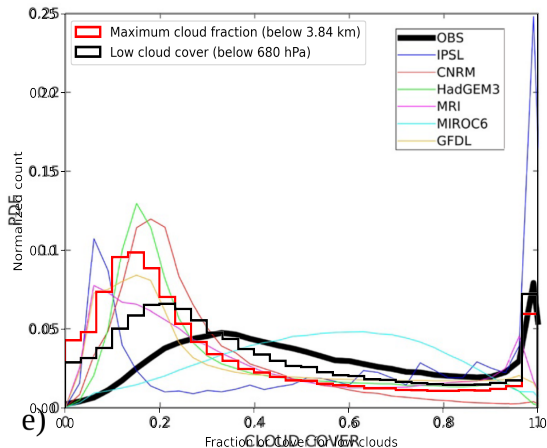


Pas exactement les mêmes filtres ? Dans Konsta et al., “only grid boxes containing more than 30 % of the maximum possible number of measurements (based on the satellite overflights)” (je ne sais pas comment calculer ça)

Sensibilité définition “nuages bas only”

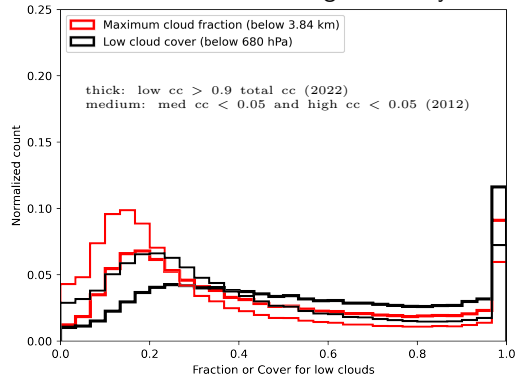


Le biais “too few”

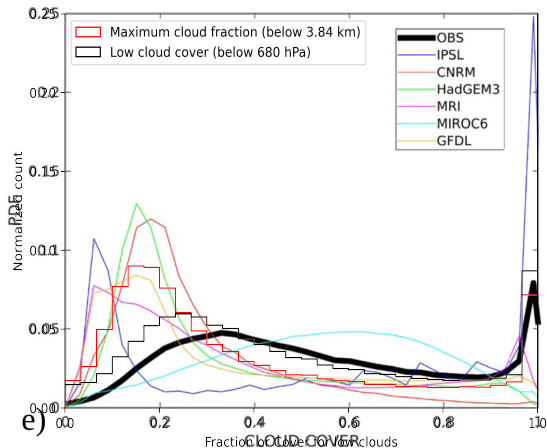


Pas exactement les mêmes filtres ? Dans Konsta et al., “only grid boxes containing more than 30 % of the maximum possible number of measurements (based on the satellite overflights)” (je ne sais pas comment calculer ça)

Sensibilité définition “nuages bas only”

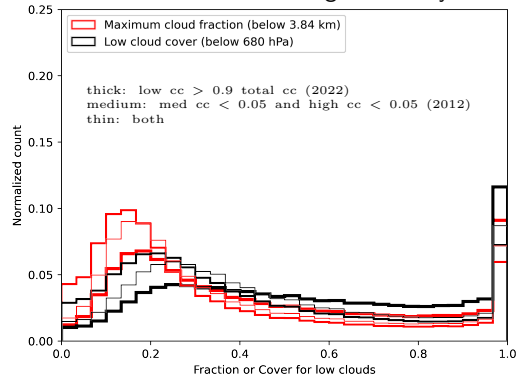


Le biais “too few”

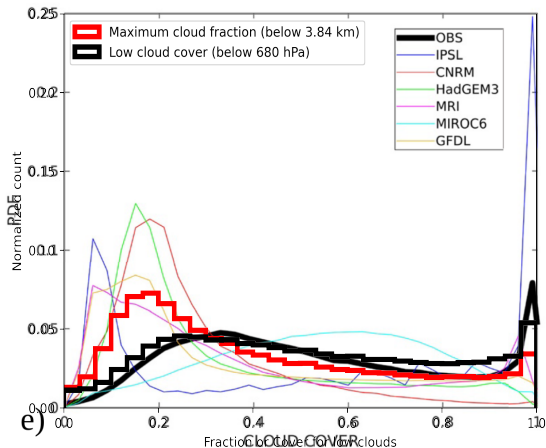


Pas exactement les mêmes filtres ? Dans Konsta et al., “only grid boxes containing more than 30 % of the maximum possible number of measurements (based on the satellite overflights)” (je ne sais pas comment calculer ça)

Sensibilité définition “nuages bas only”

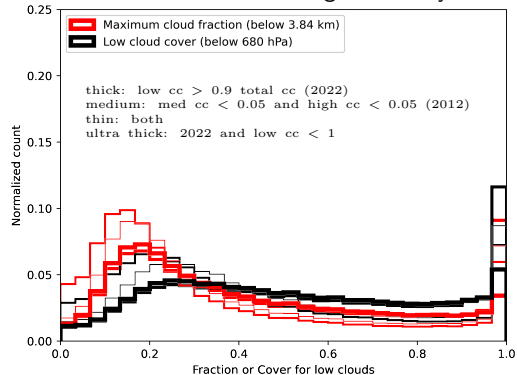


Le biais “too few”



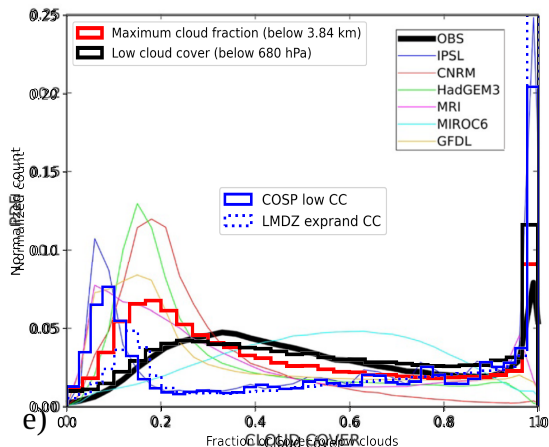
Pas exactement les mêmes filtres ? Dans Konsta et al., “only grid boxes containing more than 30 % of the maximum possible number of measurements (based on the satellite overflights)” (je ne sais pas comment calculer ça)

Sensibilité définition “nuages bas only”

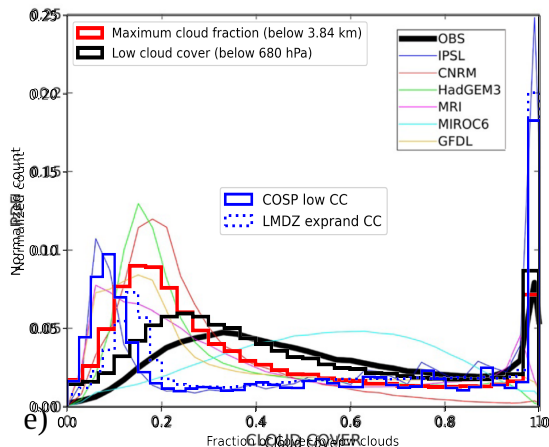


Le biais “too few”

Expériences avec LMDZ, couverture COSP (max-random) vs ecRad (exp-random, $L = 200$ m)



Selection nuages bas : low cc < 0.9 cc (2022)



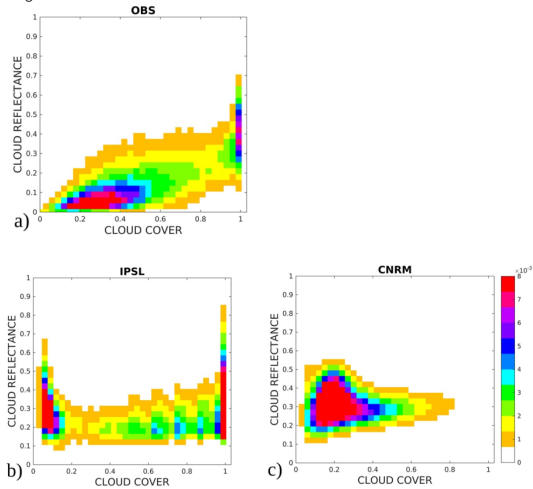
low cc < 0.9 cc & high|med cc < 0.05 (2022&2012)

Un effet de l'overlap mais encore du boulot pour améliorer les nuages de LMDZ !

Le biais “too few too bright”

$$CR = \frac{R - (1 - C)R_{cs}}{C}$$

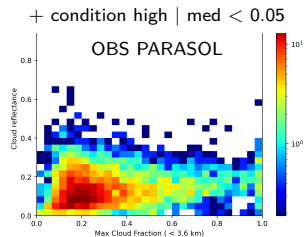
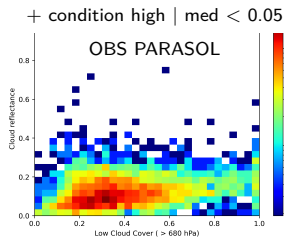
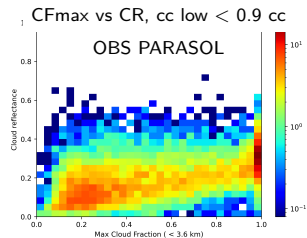
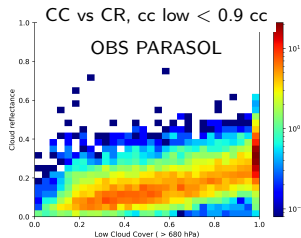
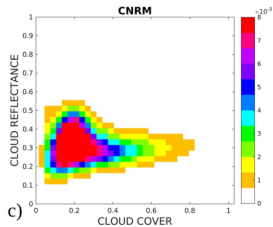
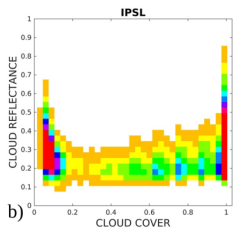
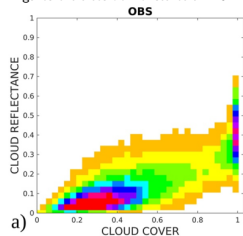
Figures extraites de Konsta et al. 2022



Le biais “too few too bright”

$$CR = \frac{R - (1 - C)R_{CS}}{C}$$

Figures extraites de Konsta et al. 2022



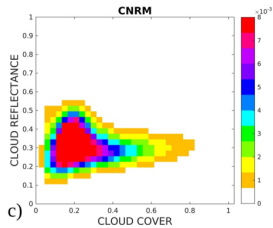
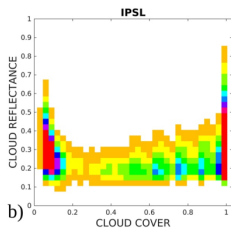
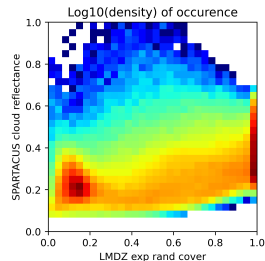
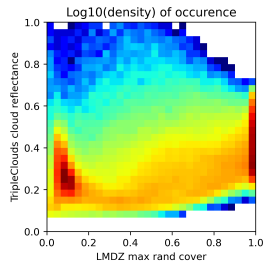
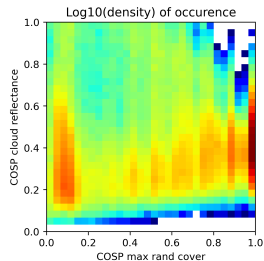
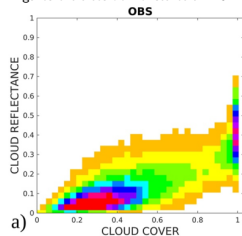
Le biais “too few too bright”

LMDZ, premières expériences...

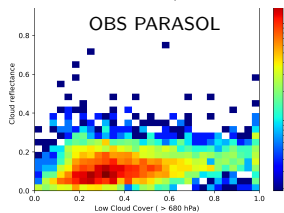
$$C_R = \frac{R - (1 - C)R_{Cs}}{C}$$

Rayonnement COSP ; TripleClouds (maxrand homogène) ; SPARTACUS (exprand+hétérogène+3D

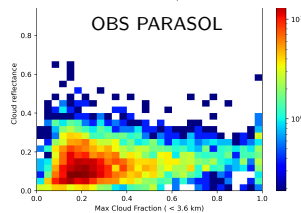
Figures extraites de Konsta et al. 2022



+ condition high | med < 0.05



+ condition high | med < 0.05



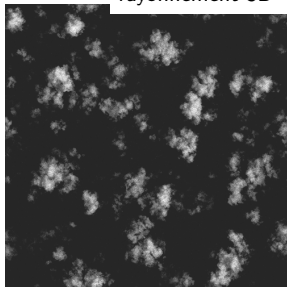
Le biais “too few too bright”, en résumé

- Les nuages bas de CMIP6 étaient “too few too bright” (Konsta et al., 2022)
- A la recherche des origines de ce biais... en plus des pistes qui sont déjà dans le papier e.g. overlap sous maille pour avoir les bons profils verticaux de fractions, processus sous maille pour avoir le bon contenu en eau moyen...
- **Une partie du biais “too few” pourrait venir des hypothèses de recouvrement vertical des fractions nuageuses**
- Des candidats pour le biais “too bright” : recouvrement vertical, hétérogénéité horizontale de l'eau dans le calcul de rayonnement, manque d'effets 3D dans le calcul de rayonnement...

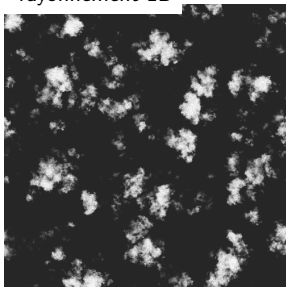
Le biais “too few too bright”, en résumé

- Les nuages bas de CMIP6 étaient “too few too bright” (Konsta et al., 2022)
- A la recherche des origines de ce biais... en plus des pistes qui sont déjà dans le papier e.g. overlap sous maille pour avoir les bons profils verticaux de fractions, processus sous maille pour avoir le bon contenu en eau moyen...
- Une partie du biais “too few” pourrait venir des hypothèses de recouvrement vertical des fractions nuageuses
- Des candidats pour le biais “too bright” : recouvrement vertical, hétérogénéité horizontale de l'eau dans le calcul de rayonnement, manque d'effets 3D dans le calcul de rayonnement...

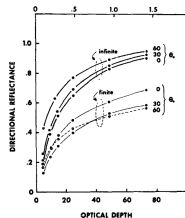
rayonnement 3D



rayonnement 1D



← champ de ARMCumulus à 8m de résolution (MesoNH)
image de synthèse rayonnement Monte Carlo (htdr)



← McKee and Cox, 1974

FIG. 2. Directional reflectance of infinite clouds and finite cubic clouds. The upper abscissa (given here and in Figs. 3, 4, 5 and 8) is the geometrical thickness (km) for a 0.2 gm m^{-2} model cloud.

Le biais “too few too bright”, en résumé

- Les nuages bas de CMIP6 étaient “too few too bright” (Konsta et al., 2022)
- A la recherche des origines de ce biais... en plus des pistes qui sont déjà dans le papier e.g. overlap sous maille pour avoir les bons profils verticaux de fractions, processus sous maille pour avoir le bon contenu en eau moyen...
- **Une partie du biais “too few” pourrait venir des hypothèses de recouvrement vertical des fractions nuageuses**
- Des candidats pour le biais “too bright” : recouvrement vertical, hétérogénéité horizontale de l'eau dans le calcul de rayonnement, manque d'effets 3D dans le calcul de rayonnement...
- Montée en complexité des codes radiatifs disponibles pour les GCMs (ecRad, Hogan and Bozzo 2016)
⇒ **on va pouvoir étudier le rôle des hypothèses de rayonnement dans le biais “too few too bright”!**
Des expériences en cours au LMD et bientôt au CNRM.
- Importance de la calibration des modèles pour interpréter le biais ?
- Des efforts importants dans la communauté pour faciliter la mise en cohérence de COSP et des hypothèses des modèles (COSPV2, Swales et al., 2018) mais pas infaillible : important de garder en tête les hypothèses de modélisation qui sont faites dans COSP et dans le GCM !