

Process-based climate model development
harnessing machine learning: III.
The Representation of Cumulus Geometry and
their 3D Radiative Effects
en cours de rev. pour JAMES

Najda Villefranque, S. Blanco, F. Couvreur, R. Fournier,
J. Gautrais , R. J. Hogan, F. Hourdin, V. Volodina,
D. Williamson

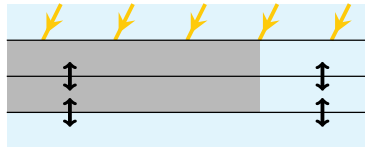
February 2, 2021

Motivations

- ▷ Effet radiatif des nuages = crucial pour le climat

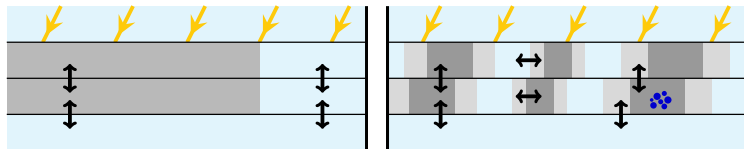
Motivations

- ▷ Effet radiatif des nuages = crucial pour le climat
- ▷ Modélisation du transfert radiatif dans les GCM
 - ▷ formulation “1D” de la propagation de l'énergie
 - ▷ effet des nuages, au 1er ordre : fraction nuageuse



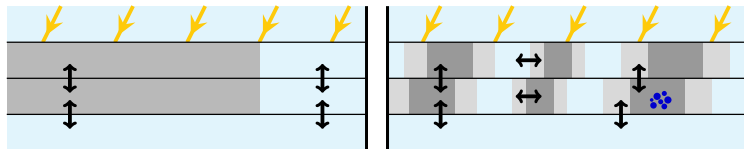
Motivations

- ▷ Effet radiatif des nuages = crucial pour le climat
- ▷ Modélisation du transfert radiatif dans les GCM
 - ▷ formulation “1D” de la propagation de l’énergie
 - ▷ effet des nuages, au 1er ordre : fraction nuageuse
- ▷ Amélioration des paramétrisations du rayonnement
 - ▷ intégration des processus “de second ordre”
 - ▷ exploration, évaluation et réglage des paramètres



Motivations

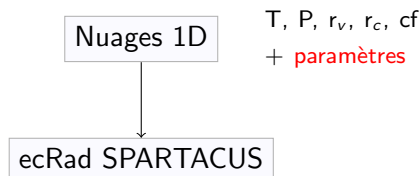
- ▷ Effet radiatif des nuages = crucial pour le climat
- ▷ Modélisation du transfert radiatif dans les GCM
 - ▷ formulation “1D” de la propagation de l’énergie
 - ▷ effet des nuages, au 1er ordre : fraction nuageuse
- ▷ Amélioration des paramétrisations du rayonnement
 - ▷ intégration des processus “de second ordre”
 - ▷ exploration, évaluation et réglage des paramètres



Ici : évaluation et réglage des **paramètres de géométrie nuageuse** dans le schéma de rayonnement : recouvrement vertical, hétérogénéité horizontale, taille des nuages

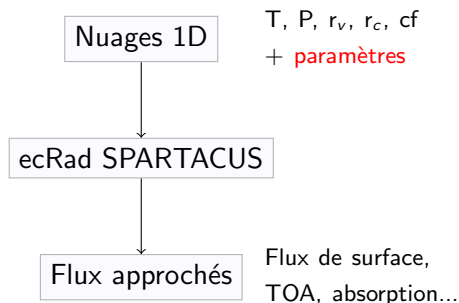
Méthodologie

- ▷ Paramétrisation à calibrer : SPARTACUS (effets géométriques + transport horizontal) dans ecRad (code CEP, Hogan et al.)



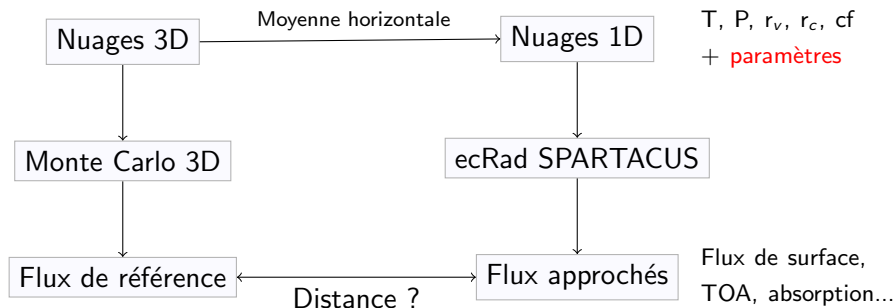
Méthodologie

- ▷ Paramétrisation à calibrer : SPARTACUS (effets géométriques + transport horizontal) dans ecRad (code CEP, Hogan et al.)
- ▷ Métriques cibles : flux ↓ en surface, flux ↑ au TOA, flux absorbé par l'atmosphère, à $\neq$ angles solaires



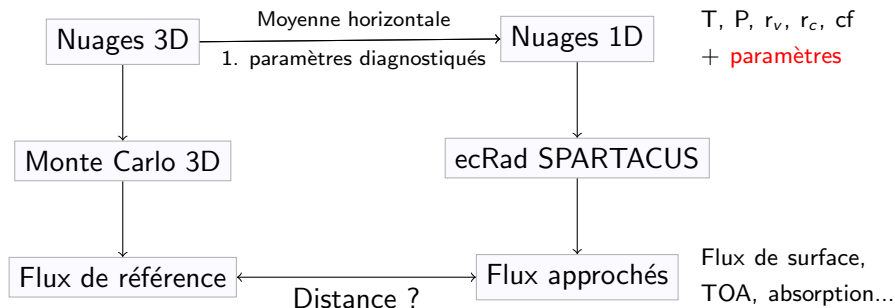
Méthodologie

- ▷ Paramétrisation à calibrer : SPARTACUS (effets géométriques + transport horizontal) dans ecRad (code CEP, Hogan et al.)
- ▷ Métriques cibles : flux ↓ en surface, flux ↑ au TOA, flux absorbé par l'atmosphère, à $\neq$ angles solaires
- ▷ Références : calculs Monte Carlo dans des champs 3D LES



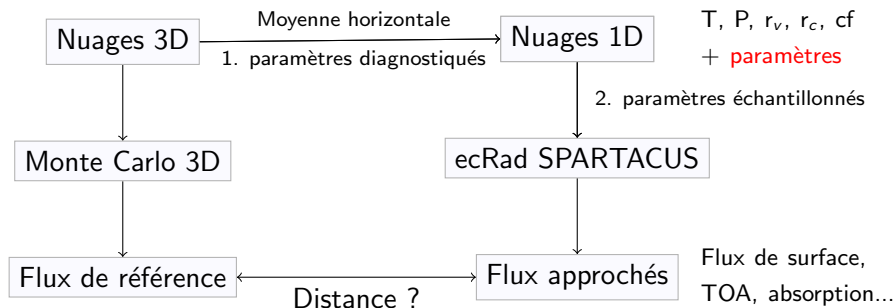
Méthodologie

- ▷ Paramétrisation à calibrer : SPARTACUS (effets géométriques + transport horizontal) dans ecRad (code CEP, Hogan et al.)
- ▷ Métriques cibles : flux ↓ en surface, flux ↑ au TOA, flux absorbé par l'atmosphère, à $\neq$ angles solaires
- ▷ Références : calculs Monte Carlo dans des champs 3D LES

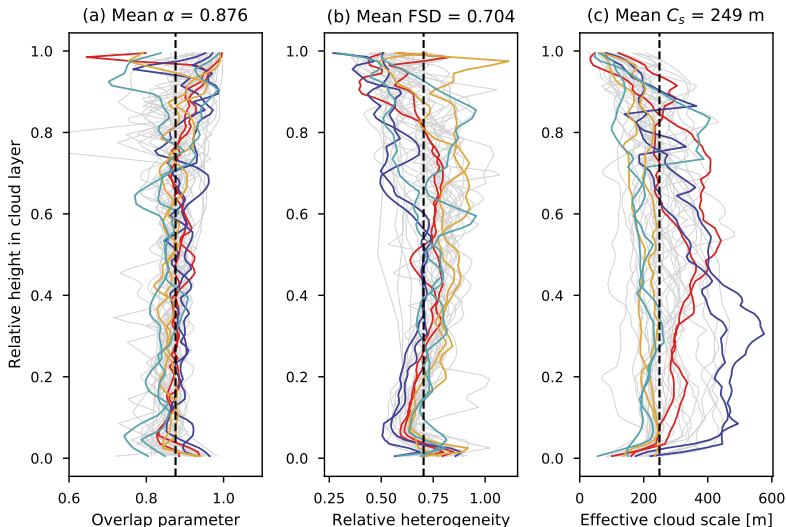


Méthodologie

- ▷ Paramétrisation à calibrer : SPARTACUS (effets géométriques + transport horizontal) dans ecRad (code CEP, Hogan et al.)
- ▷ Métriques cibles : flux ↓ en surface, flux ↑ au TOA, flux absorbé par l'atmosphère, à $\neq$ angles solaires
- ▷ Références : calculs Monte Carlo dans des champs 3D LES



Paramètres géométriques calculés dans les champs LES

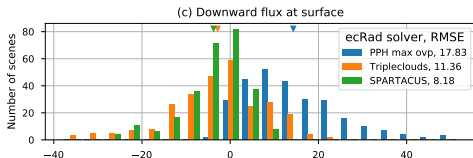
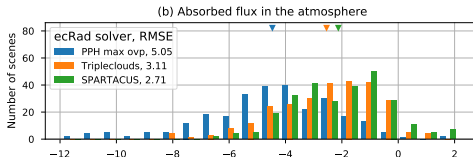
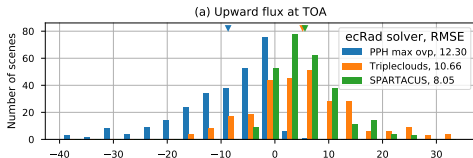


ARM-Cumulus, BOMEX, RICO, SCMS, couverture nuageuse de 1 à 44%

Erreurs ecRad par rapport à Monte Carlo

Avec les paramètres calculés dans les champs LES pour différents solveurs

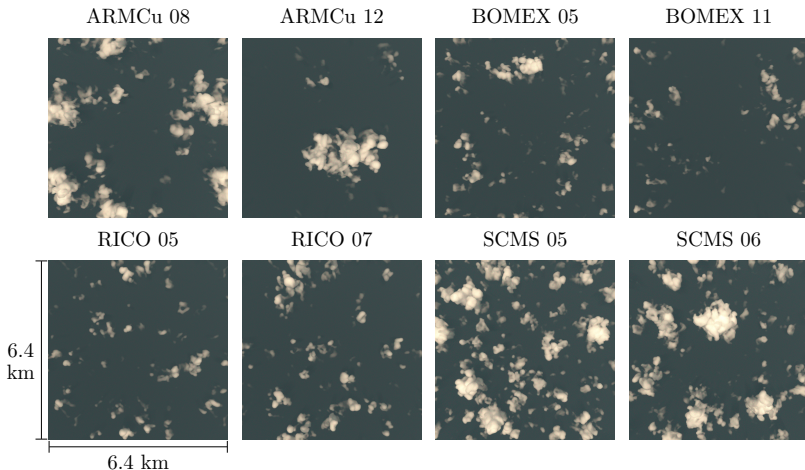
Distribution of errors (ecRad - MC) [Wm^{-2}]



- Plan Parallèle Homogène
Maximum Overlap
- Tripleclouds = hétérogène
overlap réaliste
- SPARTACUS = Tripleclouds +
transport horizontal

Exploration de l'espace des paramètres

Trois paramètres (géométrie nuageuse), 72 métriques (flux radiatifs)

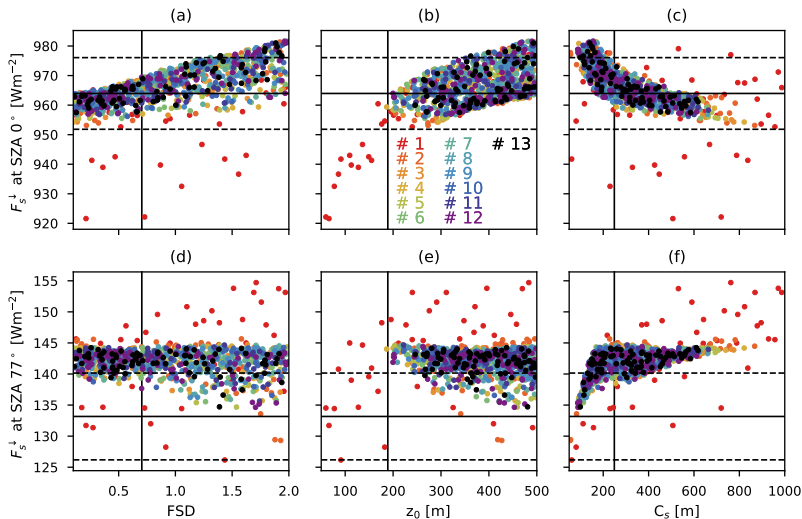


Flux surf, TOA, absorbé $\times$ angles solaires 0° , 44° , $77^\circ \times 8$ champs

Résultat d'un ensemble de simulations ecRad

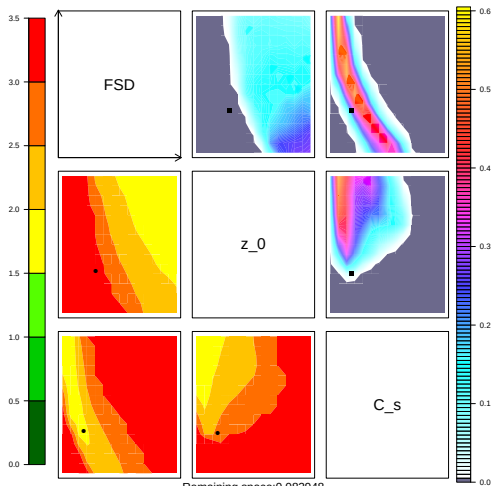
Pour le flux de surface sous la 8ème heure du cas ARM-Cumulus

Downward surface flux in ARMCu 8th hour field



points = SPARTACUS ; bande horizontale = référence $\pm$ incertitude ; ligne verticale = paramètre LES

Configurations acceptables de SPARTACUS



- . Triangle sup : densité de configs acceptables
- . Triangle inf : qualité des configs
- . FSD = hétérogénéité horizontale
- . z_0 = décorrélation recouvrement vertical
- . C_s = diamètre des nuages
- . Point noir : paramètres calculés dans les LES

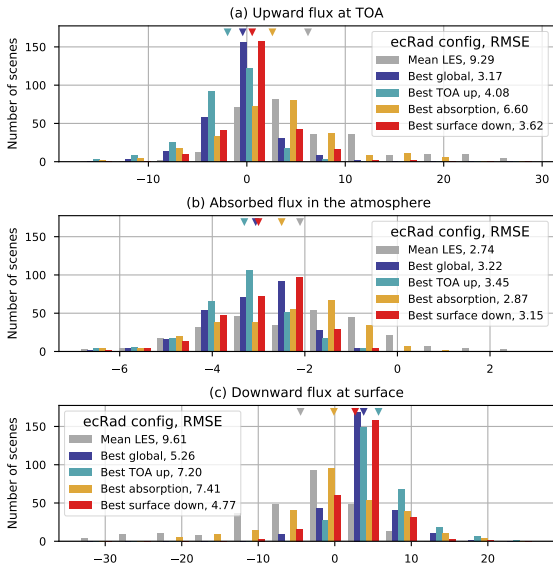
Quelques “super configs”

Table: Parameter values for the “best” configurations of ecRad

Parameters	FSD	z_0 [m]	C_s [m]
Mean LES-derived	0.705	187	247
Best global	1.079	436	155
Best TOA up	1.646	493	119
Best absorbed	0.102	294	821
Best surface down	1.469	374	113

Evaluation de ces configurations

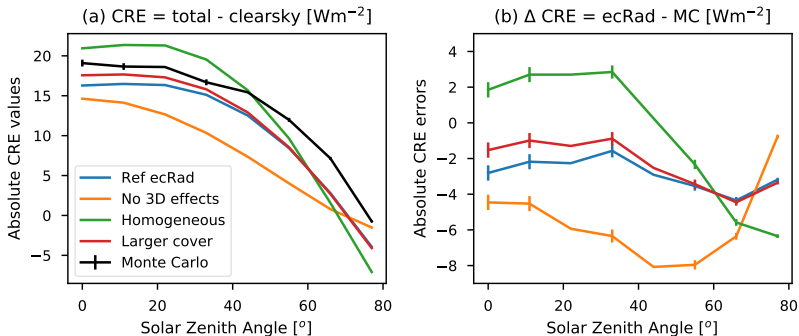
Distribution of errors (ecRad - MC) [Wm^{-2}]



Le curieux cas de l'absorption

En fonction de l'angle solaire, pour la 5ème heure du cas SCMS

CRE on absorbed flux in SCMS 05



ref ecRad = best surface (petits nuages hétérogènes) : la bonne forme fonctionnelle mais biais de $\sim 2 \text{ Wm}^{-2}$

Dernière slide, courage !

- ▷ On peut faire mieux que les paramètres des LES !
 - paramètre physique vs. effectif
 - objectif = le bon terme source pour les eqs. résolues
 - valeur ajustée trop loin des obs : revisiter la param ?

Dernière slide, courage !

- ▷ On peut faire mieux que les paramètres des LES !
 - paramètre physique vs. effectif
 - objectif = le bon terme source pour les eqs. résolues
 - valeur ajustée trop loin des obs : revisiter la param ?
- ▷ On peut encore améliorer en faisant dépendre les paramètres des cas et de la verticale (paramétrisation des paramètres)

Dernière slide, courage !

- ▷ On peut faire mieux que les paramètres des LES !
 - paramètre physique vs. effectif
 - objectif = le bon terme source pour les eqs. résolues
 - valeur ajustée trop loin des obs : revisiter la param ?
- ▷ On peut encore améliorer en faisant dépendre les paramètres des cas et de la verticale (paramétrisation des paramètres)
- ▷ Il y a un truc qui va pas avec l'absorption...
 - on l'a repéré grâce au tuning
 - erreur structurelle ? limite de la param 2-flux ?

Dernière slide, courage !

- ▷ On peut faire mieux que les paramètres des LES !
 - paramètre physique vs. effectif
 - objectif = le bon terme source pour les eqs. résolues
 - valeur ajustée trop loin des obs : revisiter la param ?
- ▷ On peut encore améliorer en faisant dépendre les paramètres des cas et de la verticale (paramétrisation des paramètres)
- ▷ Il y a un truc qui va pas avec l'absorption...
 - on l'a repéré grâce au tuning
 - erreur structurelle ? limite de la param 2-flux ?
- ▷ Une nouvelle étape dans la stratégie de tuning globale... lien nuages / rayonnement. Encore plein de possibilités : étape sans effets 3D, calibration des paramètres nuageux issus de SCM à partir de métriques radiatives (ecRad offline), calibration ecRad online...