

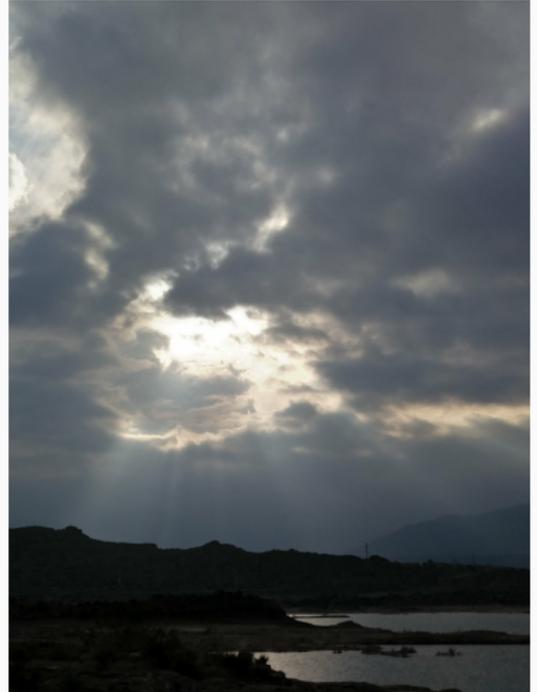
Exploration des paramètres nuageux du schéma de rayonnement ecRad avec un outil de calibration automatique

Najda Villefranque

CNRM/GMME/TROPIC²S
LAPLACE/GREPHE

Contexte et motivations

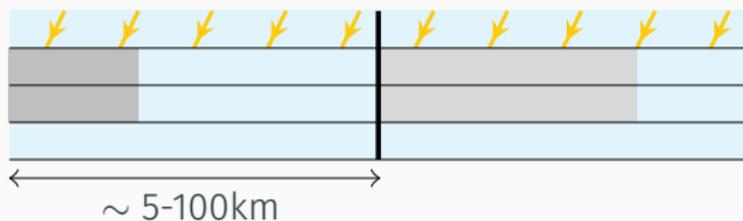
- Le **rayonnement** solaire
Source énergétique de l'atmosphère
- Ses **interactions avec les nuages**
Complexes et sources d'incertitudes
- Les **comprendre et les représenter**
Un enjeu majeur pour les modèles de
prévision du temps et de climat, et
pour l'industrie de l'énergie solaire



1. Représentation du milieu

=> calcul des propriétés optiques à partir des propriétés physiques

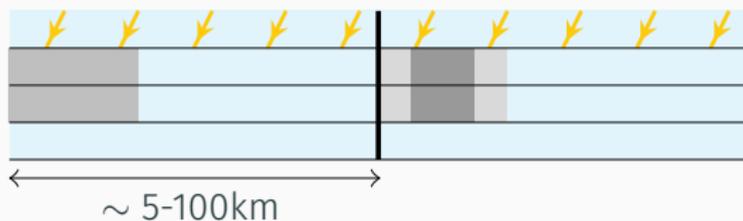
- couverture nuageuse



1. Représentation du milieu

=> calcul des propriétés optiques à partir des propriétés physiques

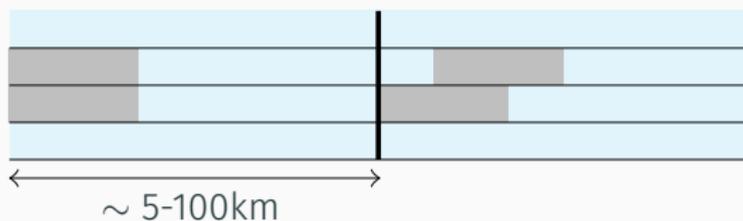
- couverture nuageuse
- hétérogénéité



1. Représentation du milieu

=> calcul des propriétés optiques à partir des propriétés physiques

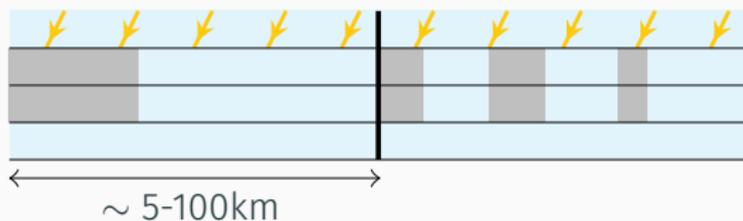
- couverture nuageuse
- hétérogénéité
- **overlap vertical**



1. Représentation du milieu

=> calcul des propriétés optiques à partir des propriétés physiques

- couverture nuageuse
- hétérogénéité
- overlap vertical
- interface nuage-clair

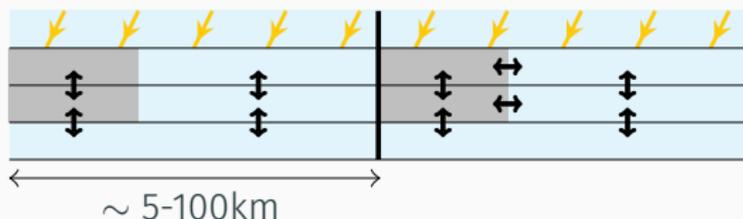


Paramétrisation du rayonnement dans un modèle atmo

1. Représentation du milieu

=> calcul des propriétés optiques à partir des propriétés physiques

- couverture nuageuse
- hétérogénéité
- overlap vertical
- interface nuage-clair



2. Représentation du transport

=> calcul des propriétés radiatives à partir des propriétés optiques

- McICA, TripleClouds: 2-flux verticaux (1D)
- SPARTACUS: 2-flux verticaux + termes échanges horizontaux (3D)

1. **Ecart** paramétrisation – référence

Quel est l'écart param – ref et sa sensibilité au choix des paramètres intervenant dans la représentation du milieu ?

2. **Exploration** de l'espace des paramètres

Que nous apprend l'exploration de l'espace des paramètres sur les interactions nuages – rayonnement ?

3. **Calibration** versus représentation des **processus**

Existe-t-il des valeurs de ces paramètres tels que l'écart param – ref est systématiquement inférieur à un seuil donné ?

Référence

Code radiatif Monte Carlo 3D + champs nuageux 3D réalistes issus de simulations à haute résolution (LES)

Métrique

Transmissivité en surface à différents angles solaires et pour différentes scènes nuageuses

Paramétrisation

Schéma de rayonnement offline ecRad¹ avec transport 3D (SPARTACUS) + champs nuageux moyennés horizontalement + **paramètres nuageux**

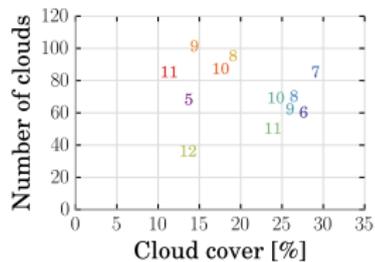
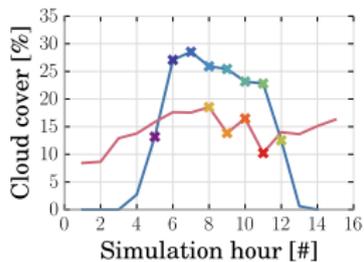
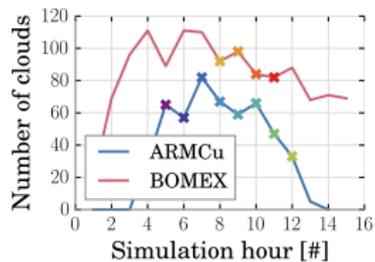
¹Hogan & Bozzo, *A flexible and efficient radiation scheme for the ECMWF model*, JAMES, 2018

Question 1. Ecart paramétrisation – référence

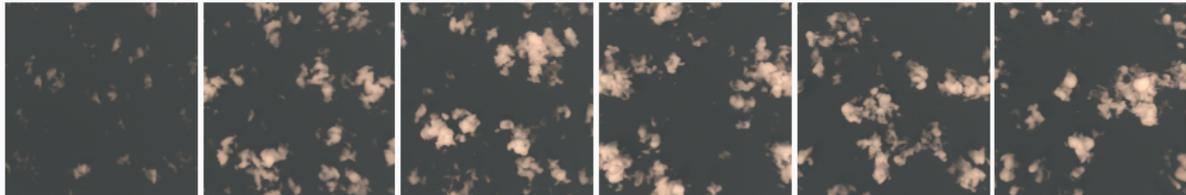
SPARTACUS versus Monte Carlo

- Les valeurs par défaut des paramètres nuageux de SPARTACUS sont-elles représentatives de nos 12 scènes de cumulus ?
- Quelle est l'erreur SPARTACUS – Monte Carlo quand on utilise les valeurs par défaut des paramètres ?
- Quand on utilise les valeurs issues des champs 3D LES ?
- Dépend-elle de la scène considérée ?

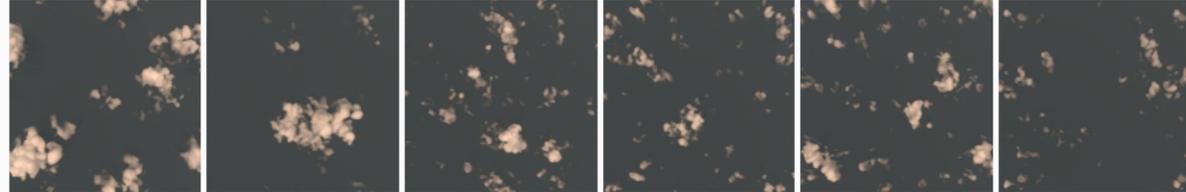
Champs nuageux issus de LES à 25m de résolution



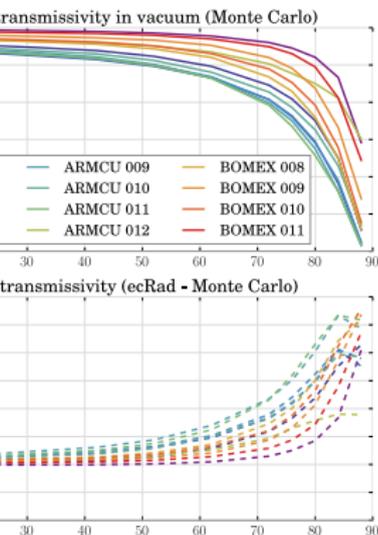
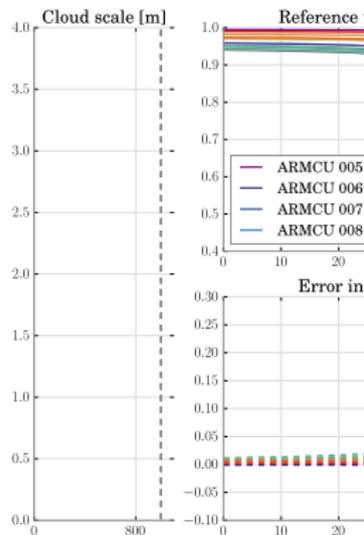
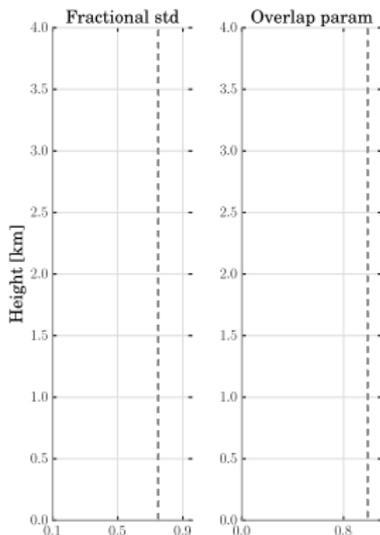
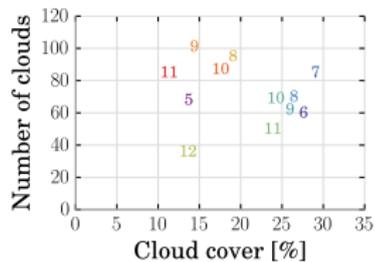
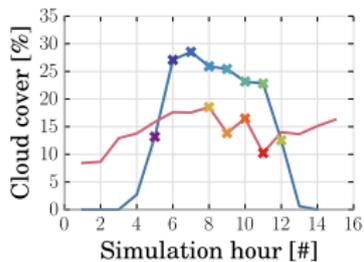
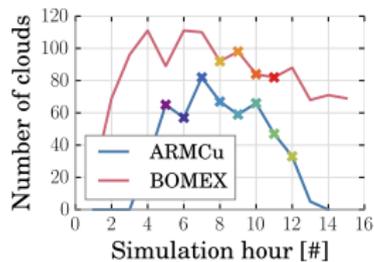
ARMCu005 ARMCu006 ARMCu007 ARMCu008 ARMCu009 ARMCu010



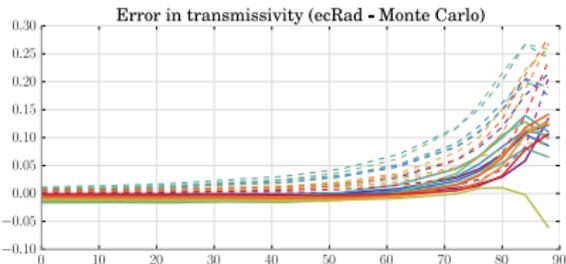
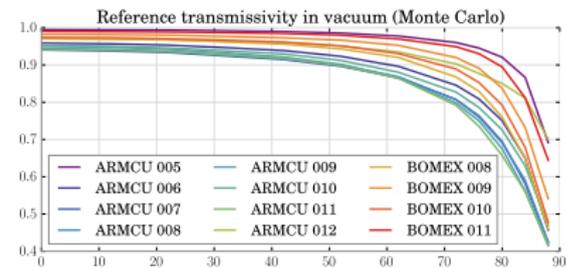
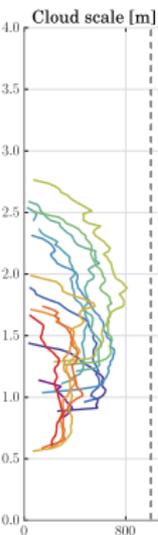
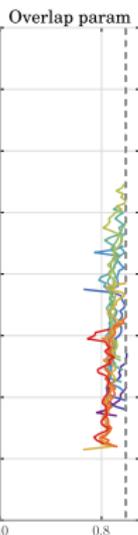
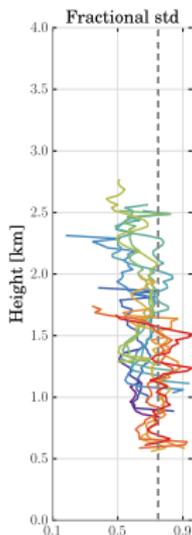
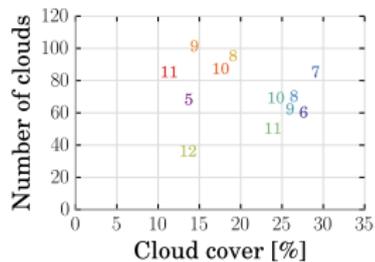
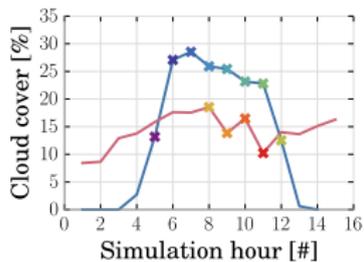
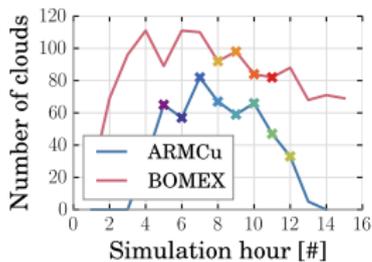
ARMCu011 ARMCu012 BOMEX008 BOMEX009 BOMEX010 BOMEX011



Champs nuageux issus de LES à 25m de résolution



Champs nuageux issus de LES à 25m de résolution



Question 1. Ecart paramétrisation – référence

SPARTACUS versus Monte Carlo

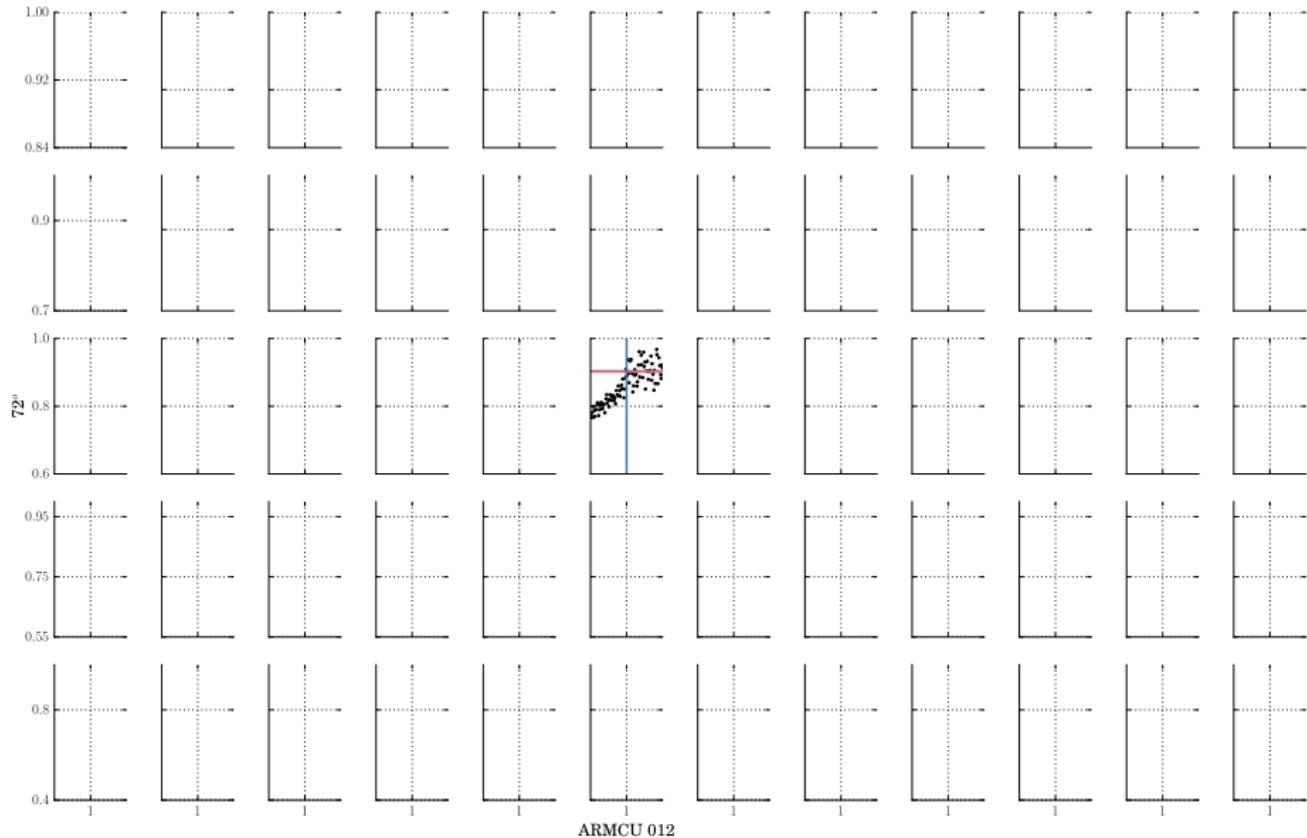
- Les valeurs par défaut des paramètres nuageux de SPARTACUS sont-elles représentatives de nos 12 scènes de cumulus ?
Assez proche sauf taille des nuages, plus petits dans les LES
- Quelle est l'erreur SPARTACUS – Monte Carlo quand on utilise les valeurs par défaut des paramètres ?
Jusqu'à environ 60% aux angles solaires élevés
- Quand on utilise les valeurs issues des champs 3D LES ?
Plus petite, jusqu'à 30% environ, faiblement < 0 proche zénith.
- Dépend-elle de la scène considérée ?
L'écart semble inversement proportionnel à la transmissivité
⇒ la diffusion multiple première source d'erreur

Question 2. Exploration de l'espace des paramètres

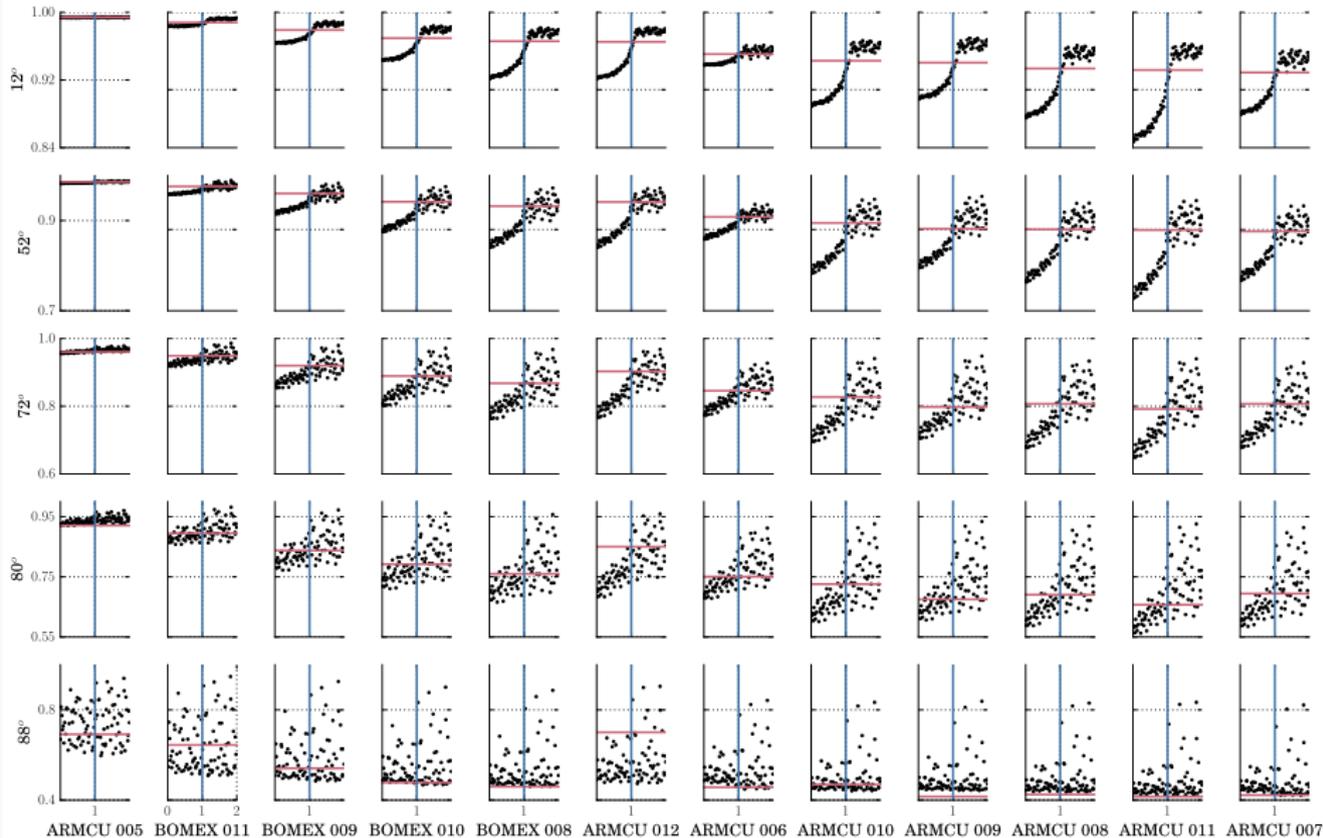
Perturbations des profils de paramètres calculés dans les LES

- Quel impact des paramètres sur la transmissivité ?
- Quels paramètres contrôlent la transmissivité ?
- Quelle dépendance à l'angle solaire ?
- À la scène considéré ?
- Quelle critique des paramètres diagnostiqués dans les LES ?

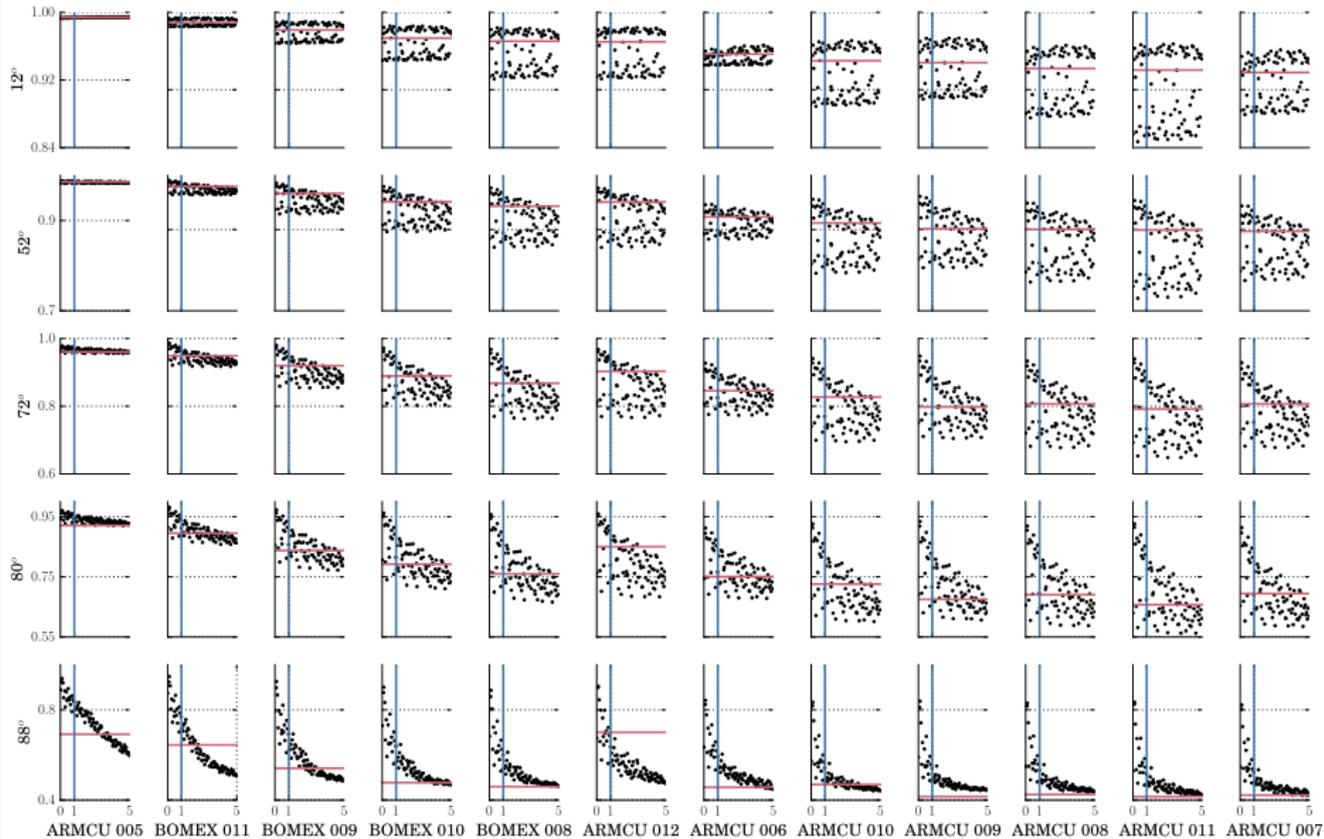
Recouvrement vertical (overlap param)



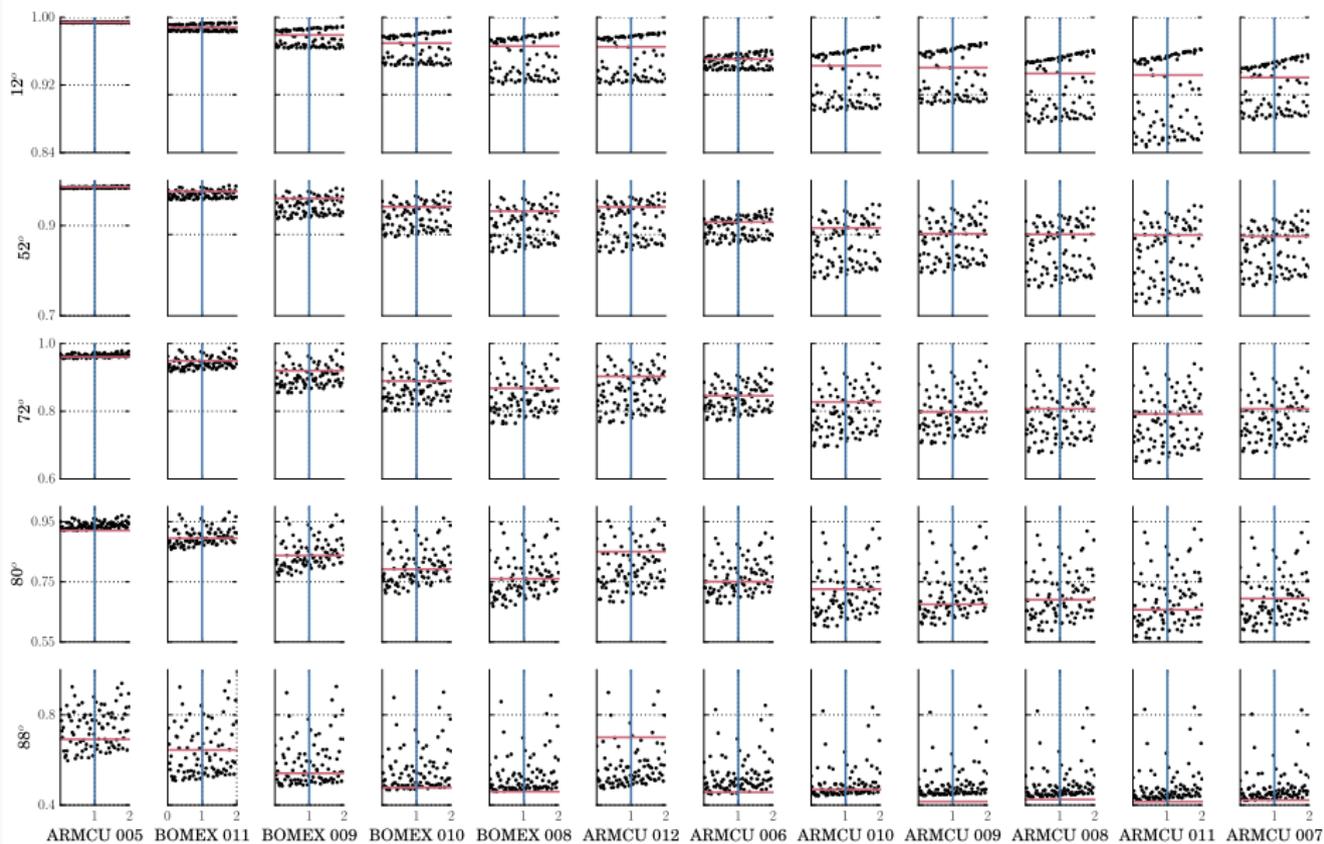
Recouvrement vertical (overlap param)



Inverse taille nuage (inv cloud scale)



Hétérogénéité (fractional std)



Question 2. Exploration de l'espace des paramètres

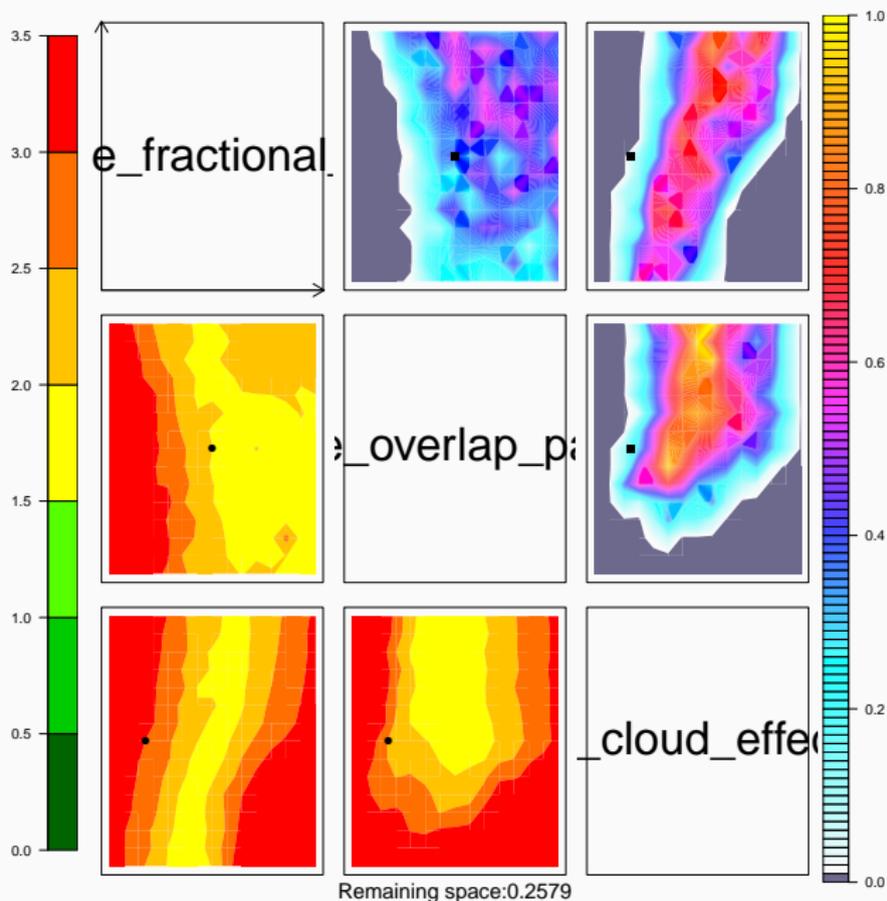
Perturbations des profils de paramètres calculés dans les LES

- Quel impact des paramètres sur la transmissivité ?
↗ avec "maximum" recouvrement, taille de nuage, hétérogénéité
- Quels paramètres contrôlent la transmissivité ?
Recouvrement (couverture nuageuse) et taille de nuages (effets 3D), signal de l'hétérogénéité quand recouvrement max
- Quelle dépendance à l'angle solaire ?
Recouvrement au zénith, taille de nuages proche horizon
- À la scène considéré ?
+ de variabilité pour les scènes + épaisses, ARMCu012 sort du lot
- Quelle critique des paramètres diagnostiqués dans les LES ?
Taille de nuage basée sur l'identification d'objets: 2D vs 3D ?
Ellipses vs cercles ?

Question 3. Calibration vs représentation des processus

- Existe-t-il une stratégie commune de calibration des paramètres diagnostiqués dans la LES qui permette de trouver pour toutes les scènes et les angles solides, une transmissivité proche de la référence ?

Combinaison de toutes les scènes et tous les angles solaires



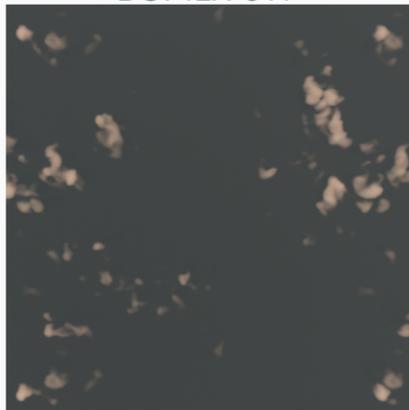
Question 3. Calibration vs représentation des processus

Vers une diminution de la taille des nuages mais quid de la scène ARMCu012 où la transmissivité était déjà sous-estimée ?

ARMCu 012



BOMEX 011



$$T(A = 0) \sim 70\%, \quad \frac{1}{2\pi} \int_{2\pi} T(A) dA \sim 60\% \quad T(A = 0) \sim \frac{1}{2\pi} \int_{2\pi} T(A) dA \sim 64\%$$

Orientation de la scène par rapport au soleil \Rightarrow **Organisation ?**

Conclusions

- **Ecart param-ref**

Diagnostic des paramètres dans les LES réduit erreur SPARTACUS : à tester avec périmètre nuageux "ellipse" plutôt que "cercle".
SPARTACUS = assez bonne estimation de la transmissivité pour un large intervalle de positions solaires. Plus difficile quand beaucoup de diffusion multiple (nuages épais ou soleil à l'horizon)

- **Exploration de l'espace des paramètres**

Sensibilité au **recouvrement vertical au zénith** et à la **taille des nuages à l'horizon**. Peu d'énergie solaire quand soleil bas donc importance des effets 3D pour le feedback peut être négligeable ?

- **Calibration versus représentation des processus**

Représentation de l'**organisation sous maille** : caractère aléatoire de l'orientation des nuages ? Impact seulement proche horizon, feedback négligeable ? Besoin de complexifier (coût) vs apports pour la PNT, climat, industrie solaire (bénéfice) ?