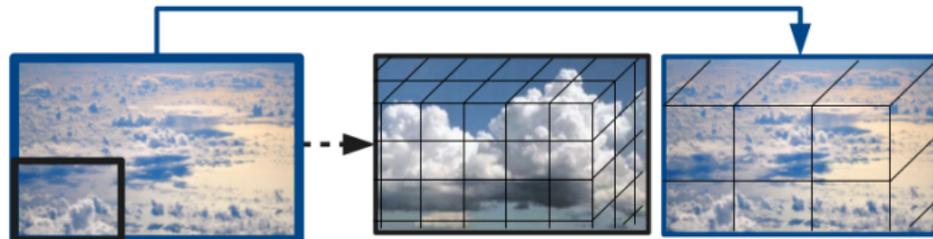


Simulations explicites avec MesoNH pour étudier le transfert radiatif dans des scènes nuageuses réalistes

Najda VILLEFRANQUE

Fleur COUVREUX (CNRM) & Richard FOURNIER (LAPLACE)



Modèles de différentes échelles



Contexte & Motivations

Comment étudier ces questions avec Meso-NH ?

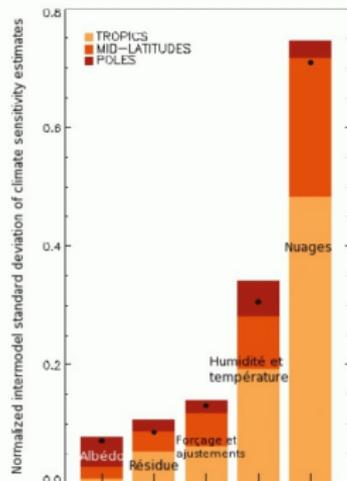
Simuler des scènes nuageuses avec Meso-NH idéalisé

Quelques calculs...

Pourquoi étudier les nuages bas et le rayonnement ?

- Nuages = composante clé du système atmosphérique
= paramètres sensibles des modèles PNT et climat
- Effet radiatif global des nuages : $\sim -20\text{W}/\text{m}^2 \pm 5\text{W}/\text{m}^2$

Vial et al., 2013 ↓

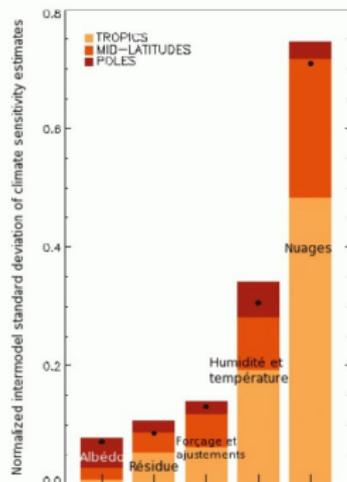


Pourquoi étudier les nuages bas et le rayonnement ?

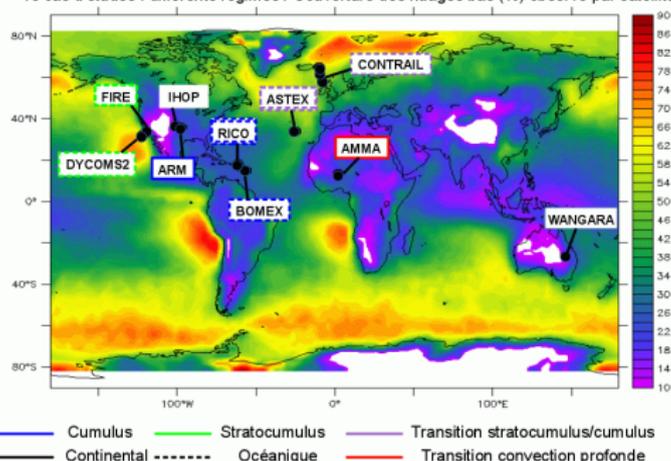
- Nuages = composante clé du système atmosphérique
= paramètres sensibles des modèles PNT et climat
- Effet radiatif global des nuages : $\sim -20\text{W}/\text{m}^2 \pm 5\text{W}/\text{m}^2$
- Forte occurrence de nuages bas, associés à des biais modèles
- Chauds et optiquement épais \Rightarrow effet parasol $>$ effet de serre

Vial et al., 2013 \downarrow

\downarrow Couvreur



10 cas d'études : différents régimes / Couverture des nuages bas (%) observé par satellite

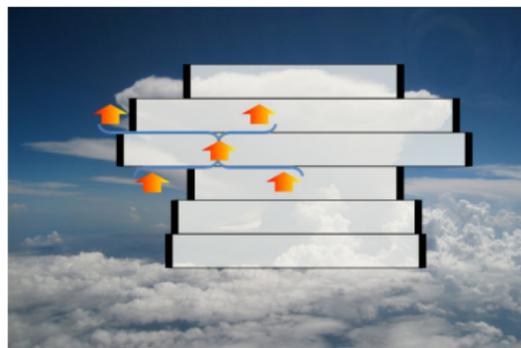


Comment sont représentées les interactions entre nuages et rayonnement dans nos modèles ?

Paramétrisation 1D du transfert radiatif dans les GCM & LES, *Hogan* ↓

Les interactions nuages - rayonnement sont généralement mal représentées :

- Transfert radiatif 1D (transport vertical)
- + Nuage plan parallèle homogène (PPH)
- + Hypothèses de recouvrement



Mes questions :

Quel **impact** de la prise en compte des **caractéristiques 3D** des nuages et du rayonnement sur l'**effet radiatif** des nuages bas ?

Quelles caractéristiques 3D sont d'**importance** majeure à l'**échelle** du nuage ? du champ de nuages ? de la planète ?

Contexte & Motivations

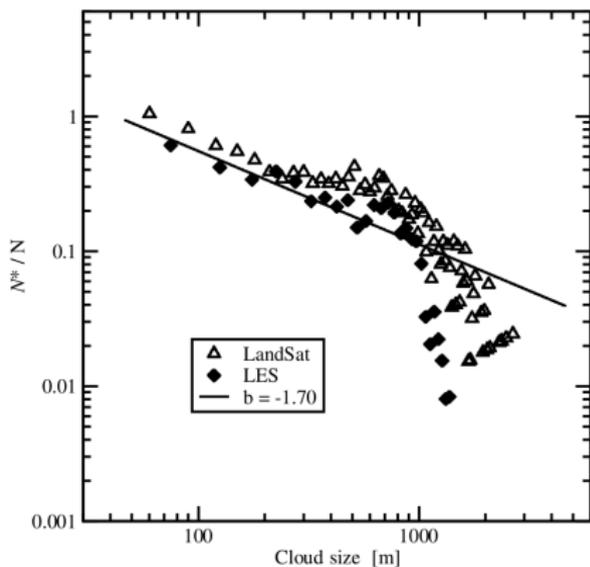
Comment étudier ces questions avec Meso-NH ?

Simuler des scènes nuageuses avec Meso-NH idéalisé

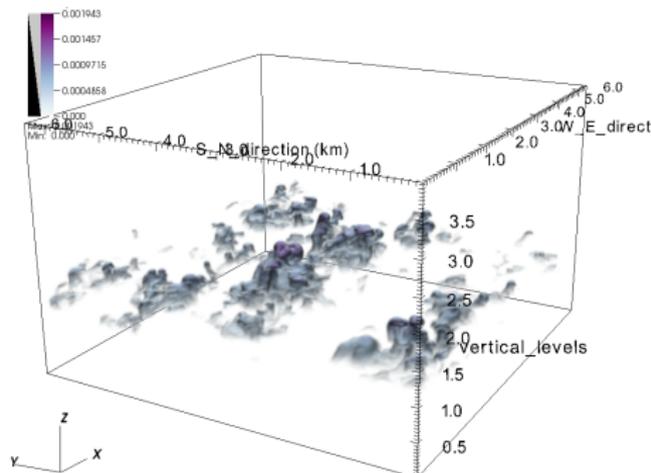
Quelques calculs...

Intérêt des Large Eddy Simulations

Simulations explicites pour générer des scènes nuageuses réalistes



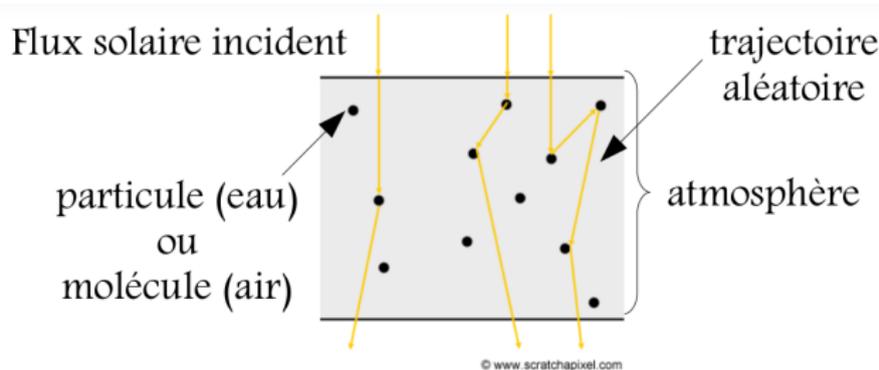
← Obs vs LES *Neggers et al., 2003*
ARMCu LES 3D cloud field ↓



Sorties LES en entrée d'un code radiatif

Code Monte Carlo pour un transfert radiatif 3D

- 1 Emission de photons au TOA, dans la direction du soleil
- 2 Suivi des photons dans la scène nuageuse 3D (LES) : propagation libre, diffusions, absorptions, réflexions...
- 3 Compteurs de particules pour estimer par exemple en surface : transmissivité ; au TOA : albedo...



Contexte & Motivations

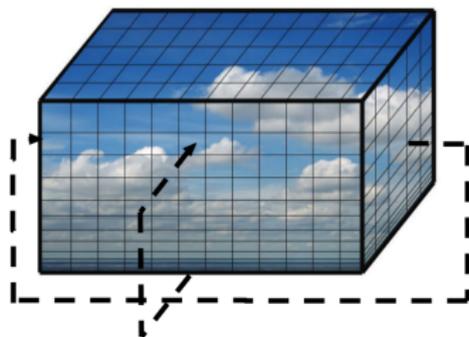
Comment étudier ces questions avec Meso-NH ?

Simuler des scènes nuageuses avec Meso-NH idéalisé

Quelques calculs...

LES avec Meso-NH : set-up numérique

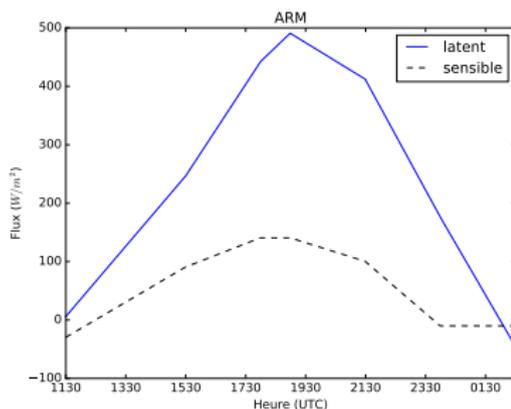
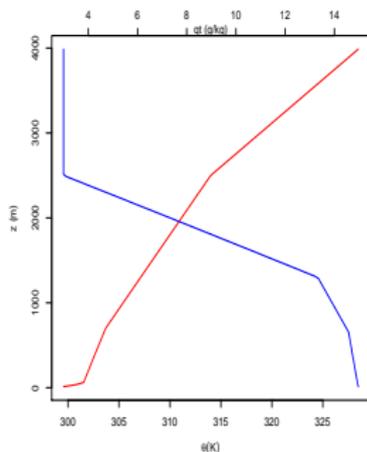
- Haute résolution $\sim 25\text{m}$
- Petit domaine $\sim 10\text{km}$
- Conditions aux limites cycliques
- Durée de simulation (12 à 24h) et fréquence sortie (5min)
- Schémas d'advection
 - Discrétisation temporelle : Runge Kutta 4
 - Discrétisation spatiale : Centrée ordre 4
 - Diffusion numérique pour éviter des pics d'énergie artificiels



Domaine LES, *Guichard and Couvreur, 2017*

LES avec Meso-NH : set-up physique

- Profils initiaux : vents, température potentielle, eau totale, d'après radiosondages
- Forçages surfaciques *en l'absence de schéma de surface interactif* : flux de chaleur sensible et latente ou SST, homogènes



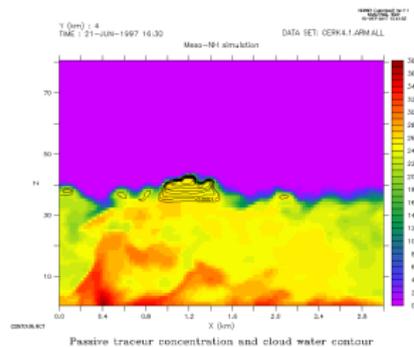
ARMCu profils initiaux et forçages de surface

LES avec Meso-NH : set-up physique

- Forçages de grande échelle : vents géostrophiques, advection de température et d'humidité
- Forçage radiatif *en l'absence de schéma de rayonnement interactif* : profils de taux de refroidissement moyen, uniforme horizontalement
- Paramétrisation des processus sous-maille
 - schéma de turbulence (longueur de mélange de Deardorff)
 - schéma microphysique (schéma bulk, condensation 'tout ou rien')

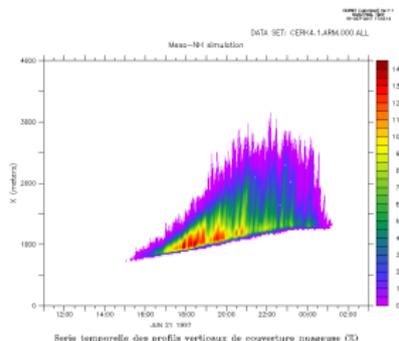
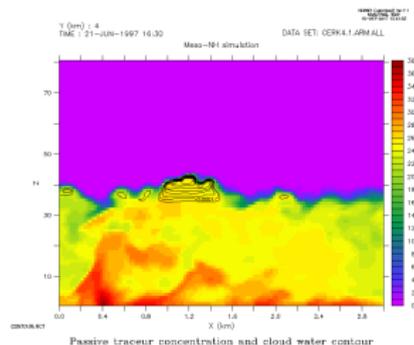
LES avec Meso-NH : les sorties

- Champs 3D : θ , P, vents, **rappports de mélanges**, TKE, traceurs



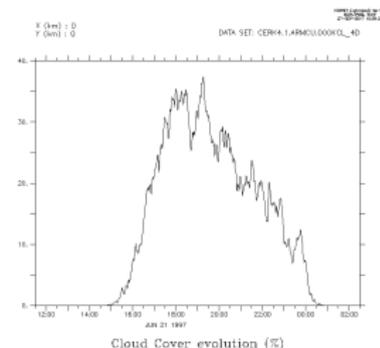
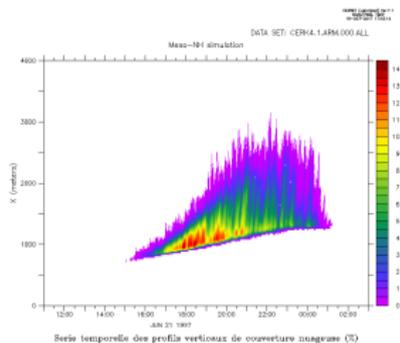
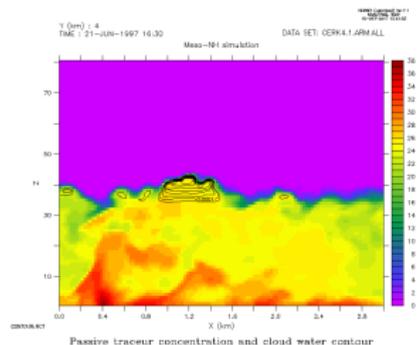
LES avec Meso-NH : les sorties

- Champs 3D : θ , P, vents, **rappports de mélanges**, TKE, **traceurs**
- Champs 2D : **séries temporelles de profils verticaux** (fraction de points thermiques, **nuages**, coeurs de nuages ; flux de masse ; flux d'humidité et de température...)



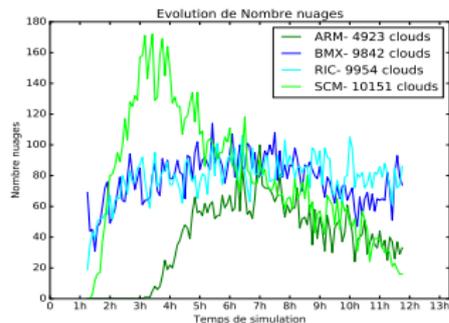
LES avec Meso-NH : les sorties

- Champs 3D : θ , P, vents, **rapports de mélanges**, TKE, traceurs
- Champs 2D : **séries temporelles de profils verticaux** (fraction de points thermiques, **nuages**, coeurs de nuages ; flux de masse ; flux d'humidité et de température...)
- Champs 1D : **séries temporelles intégrées** (flux de chaleur en surface, liquid water path, **couverture nuageuse totale**, hauteur de couche limite...)



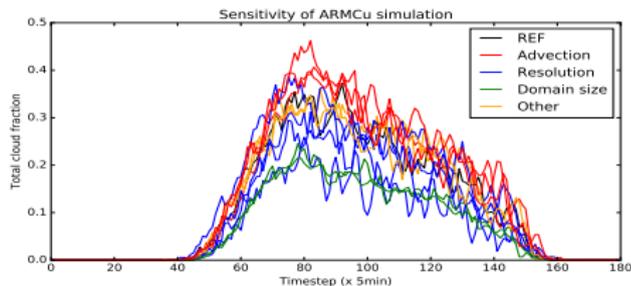
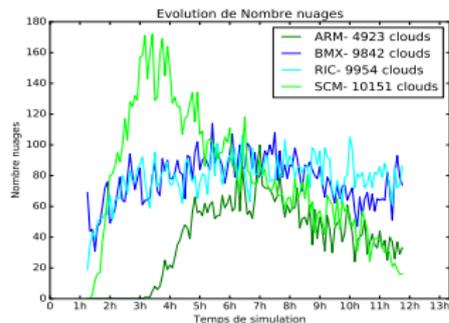
LES avec Meso-NH : 4 cas de cumulus + sensibilités

Evolution du nombre de nuages dans ARMCu, BOMEX, RICO et SCMS ↓



LES avec Meso-NH : 4 cas de cumulus + sensibilités

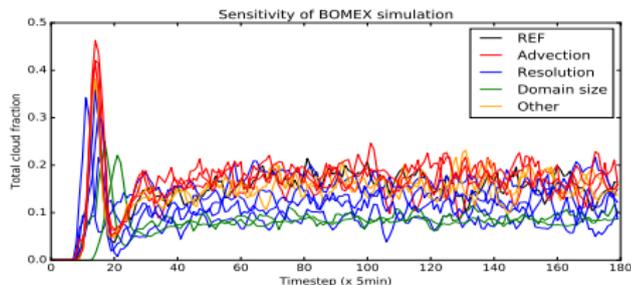
Evolution du nombre de nuages dans ARMCu, BOMEX, RICO et SCMS ↓



Evolution de couverture nuageuse dans ARMCu (↑) et BOMEX (↓)

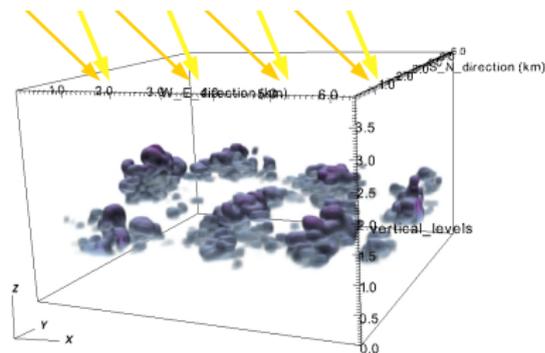
Tests de sensibilité :

- Resolution : 25 à 100m
- Taille de domaine : 6.4 à 25.
- Surface : continent ou océan
- Schémas d'advection
- Paramétrisations



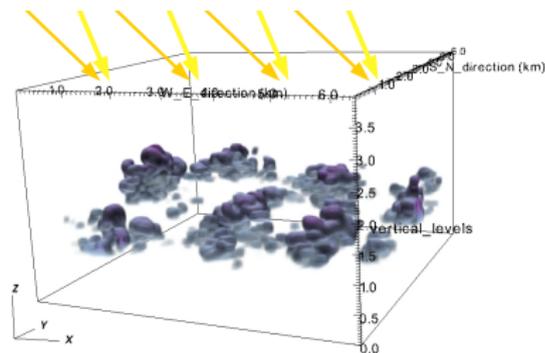
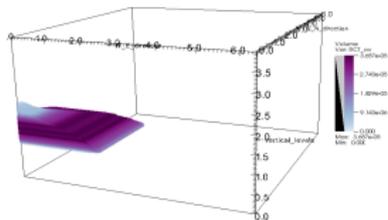
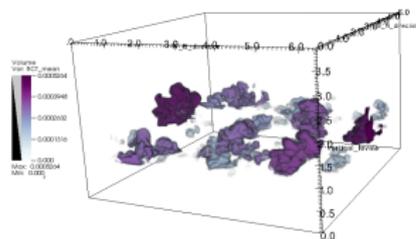
Combiner LES et MC pour mieux comprendre le TR 3D

Valeurs de référence pour
différentes scènes (cas,
heure, résolution...) et
différents SZA →



Combiner LES et MC pour mieux comprendre le TR 3D

Valeurs de référence pour différentes scènes (cas, heure, résolution...) et différents SZA →



← Modif des champs LES pour étudier l'impact de la représentation du nuage

- homogénéité inter / intra nuageuse
- distribution verticale / horizontale
- taille, rapport d'aspect...

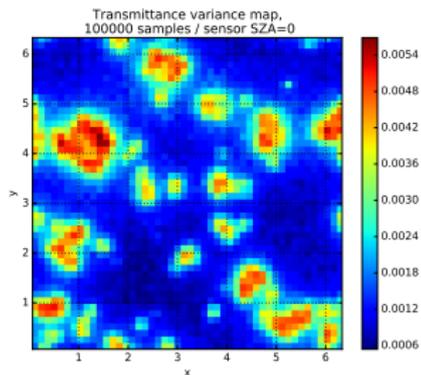
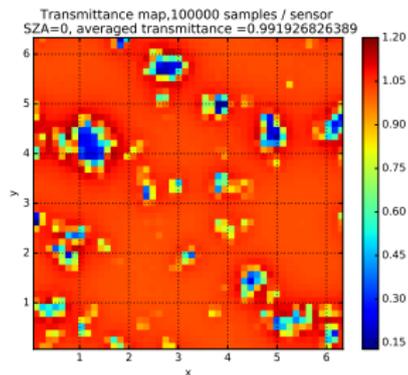
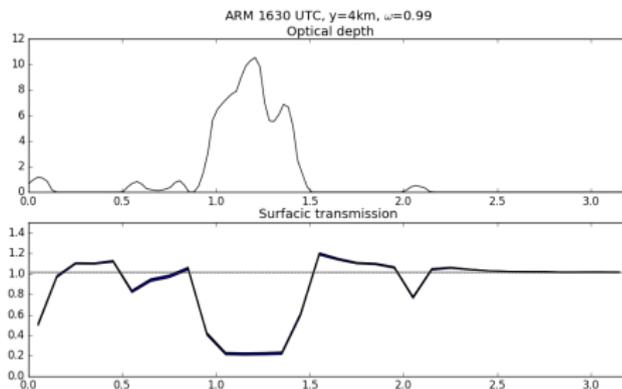
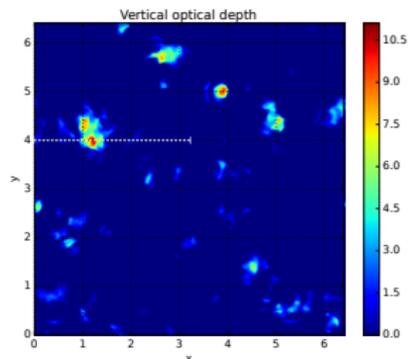
Contexte & Motivations

Comment étudier ces questions avec Meso-NH ?

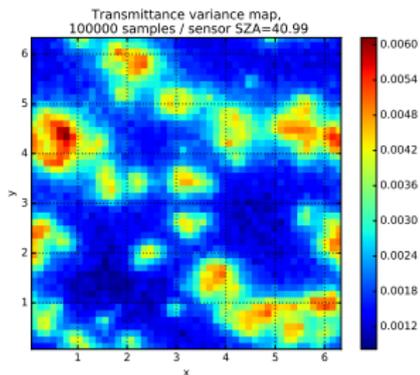
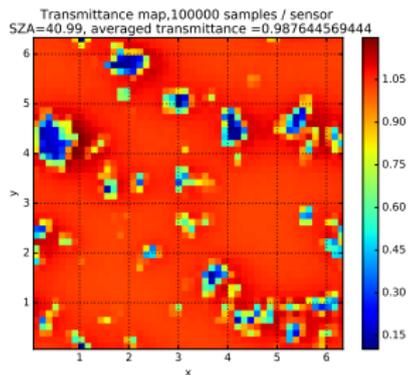
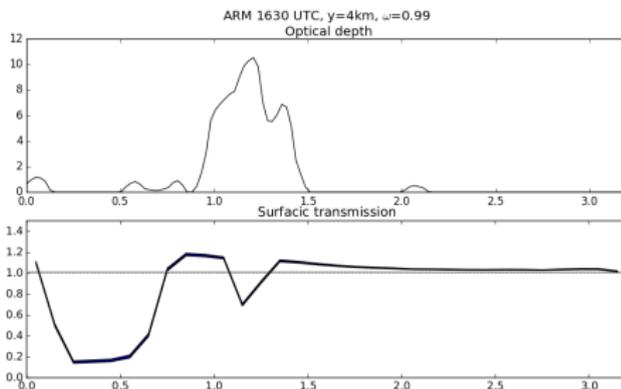
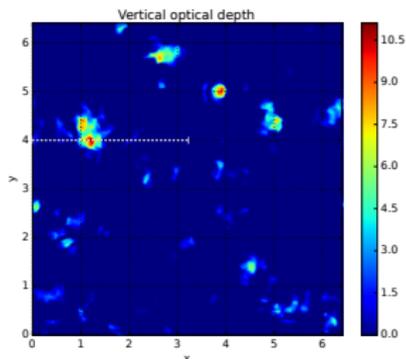
Simuler des scènes nuageuses avec Meso-NH idéalisé

Quelques calculs...

Transmission solaire ARM Cu 1030 local, $\theta = \phi = 0$



Transmission solaire ARMCu 1030 local, $\theta = 41$, $\phi = 186$



Utilisation de Meso-NH pour répondre aux questions

- Quel **impact** de la prise en compte des **caractéristiques 3D** des nuages et du rayonnement sur l'**effet radiatif** des nuages bas ?
 - **Simulation de champs de cumulus réalistes**
 - et de simulations perturbées = **sensibilités**
 - **Diagnostics** nuages pour différents cas et configs
 - Calculs offline 3D MC vs 1D = **effets radiatifs 3D des cumulus**
- Quelles caractéristiques 3D sont d'**importance** majeure à l'**échelle** du nuage ? du champ de nuages ? de la planète ?
 - **Simulation de champs nuageux réalistes**
 - Modification de ces champs pour **isoler caractéristiques 3D** :
hétérogénéité intra / inter nuageuse, recouvrement vertical, distribution horizontale, agrégation, taille, rapport d'aspect...
 - Calculs 3D scènes modifiées vs ref LES = **importance relative**
 - à la **résolution de la scène et moyennées** en temps et en espace



Merci !

