

Quelques spécificités du bilan radiatif et de l'impact des nuages en Afrique de l'ouest

Françoise Guichard CNRM-GAME (CNRS UMR 3589 et Météo-France)

Dominique Bouniol, Olivier Geoffroy, Fleur Couvreur, Romain Roehrig

Observations : Kergoat et collègues (OMP/GET, AMMA-Catch)

Modélisation GCM (évaluation) : Hourdin et collègues (LMD/IPSL)



MOUSSON D'AFRIQUE DE L'OUEST, VISION/PERCEPTION TRADITIONNELLE

importance de la **basse troposphere**, des aérosols (poussières désertiques)

couplages forts entre **précipitations convectives**, processus de **surface** (bilan énergétique surface)

Cependant, les **nuages** en tant que tels **participent** aux **bilans d'énergie surface** (aussi **TOA, atmosp.**) dans les Tropiques "humides" (zone guinéenne, $< 10^{\circ}\text{N}$) mais aussi dans les régions semi-arides (Sahel, au nord de 10°N) et arides, via notamment un **impact radiatif** loin d'être négligeable.

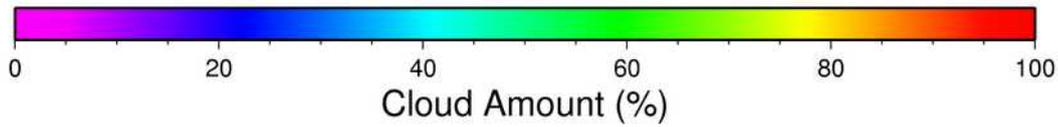
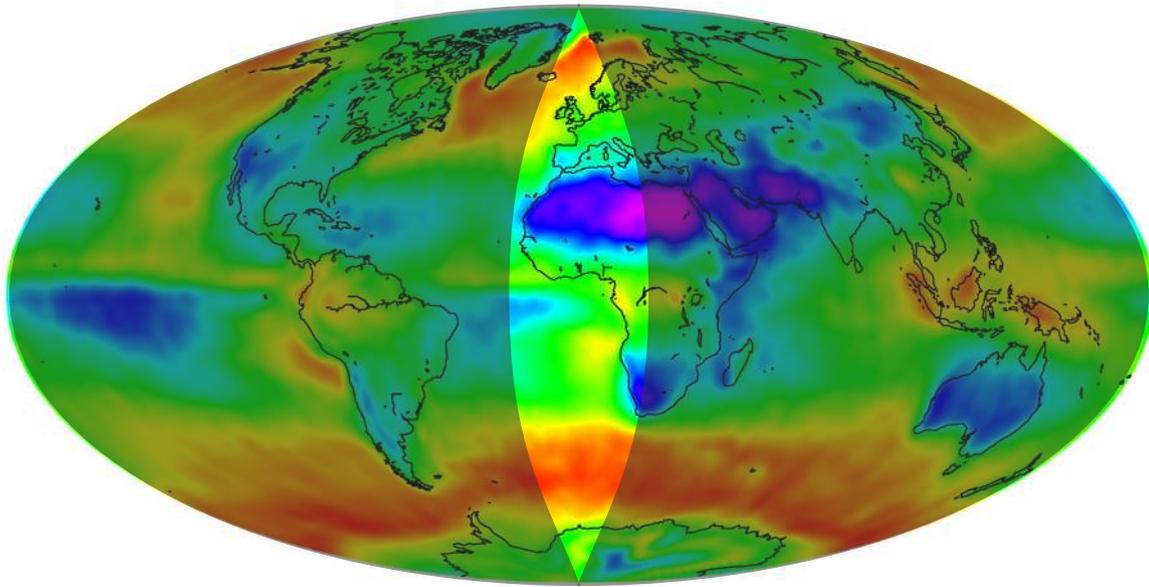
IMPLICATIONS ET QUESTIONS MULTIPLES

Rétroactions, depuis la surface, la couche limite et le système de mousson, à différentes échelles

aux **courtes échelles de temps**, au sein du cycle diurne, influence sur la convection

à **grande échelle**: sur la dynamique de la mousson? (position de ITCZ, morphologie...) - cf EUCLIPSE, expérience COOKIE ; variabilité interannuelle?



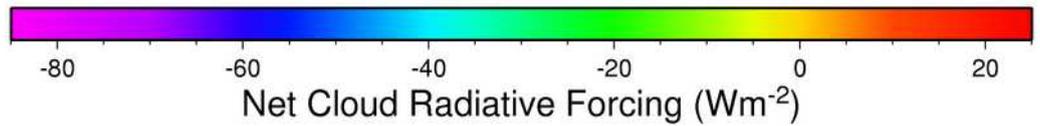
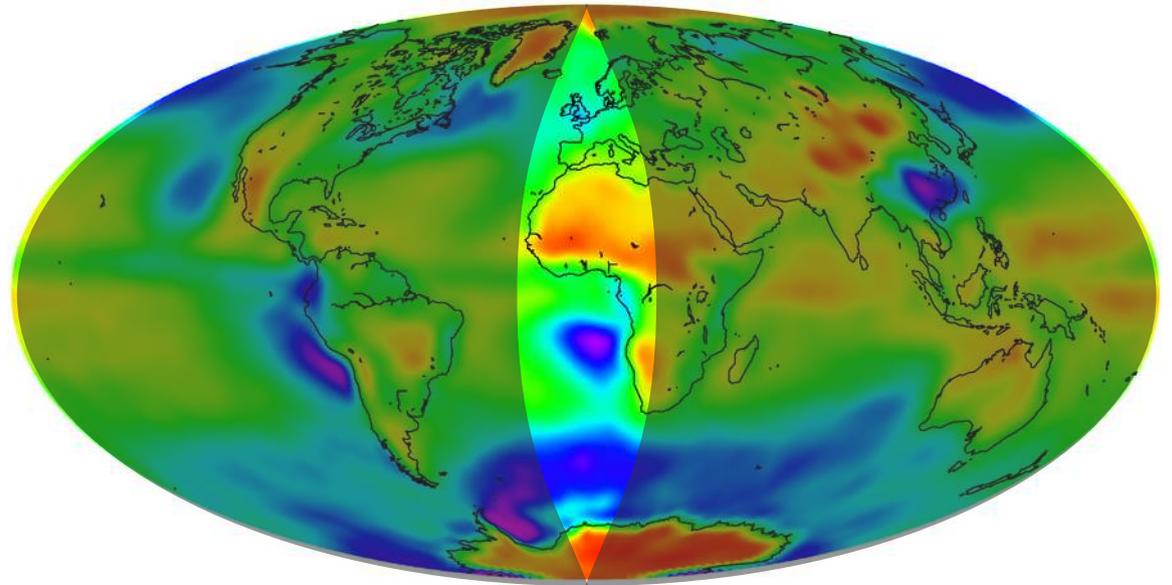


Source : LARC-NASA,
T. Wong

tranché méridien

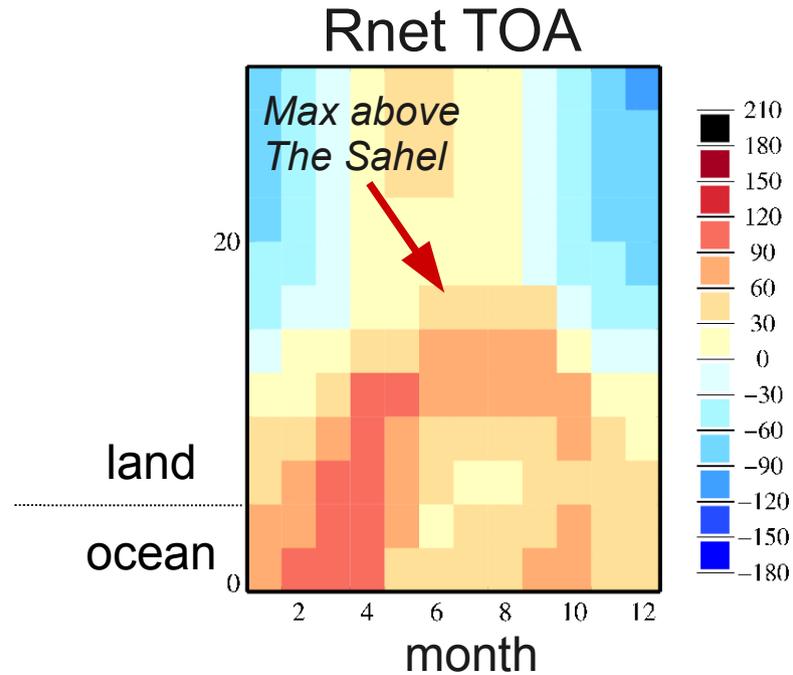
Golfe de Guinée au Sahara

[10°W, 10°E]



ANNUAL CYCLE OF TOA RADIATIVE FLUXES

2.5° x 2.5°
CERES
moyennes
mensuelles
[10°W, 10°E]



Sur continent

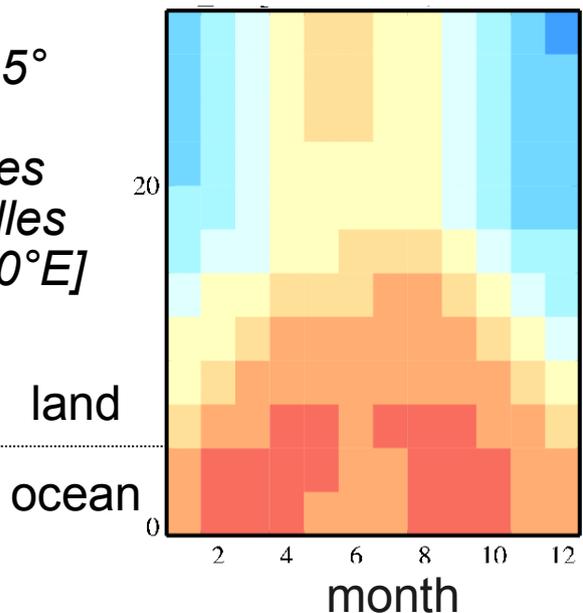
$R_{net TOA} \sim F_{NET atmosp}$
*Apport d'énergie à la
colonne atmosphérique
(cf bilan énergétique à la
surface)*

*Facteur thermodynamique:
 $F_{NET atmosp}$ plus fort favorise
plus de convection
(cf. Chou and Neelin 2002)*

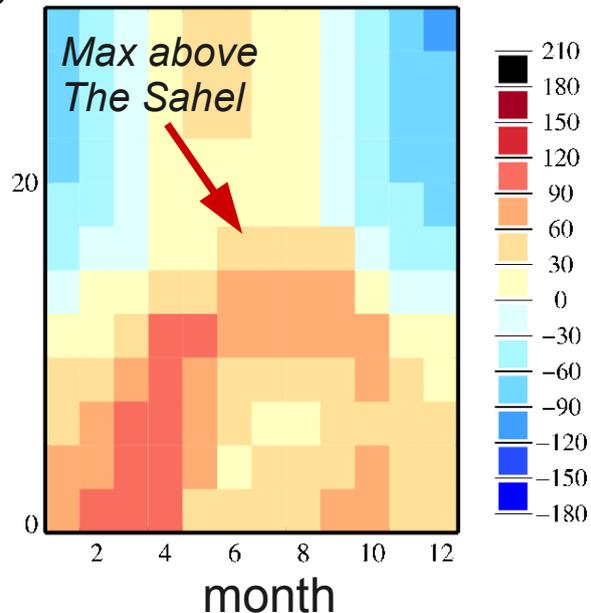
CYCLE ANNUEL CYCLE DES FLUX RADIATIFS TOA

2.5° x 2.5°
CERES
moyennes
mensuelles
[10°W, 10°E]

Rnet TOA clear sky



Rnet TOA



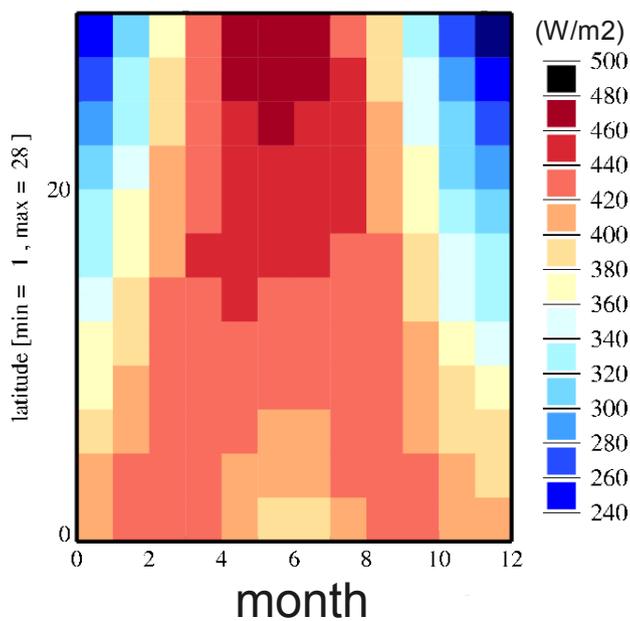
Sur continent

$R_{net TOA} \sim F_{NET\ atmosp}$

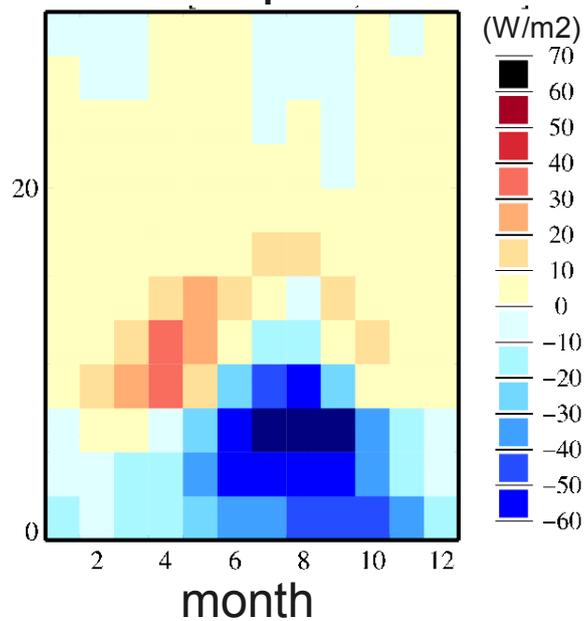
Apport d'énergie à la colonne atmosphérique (cf bilan énergétique à la surface)

Facteur thermodynamique: $F_{NET\ atmosp}$ plus fort favorise plus de convection (cf. Chou and Neelin 2002)

Swin TOA



Cloud impact TOA

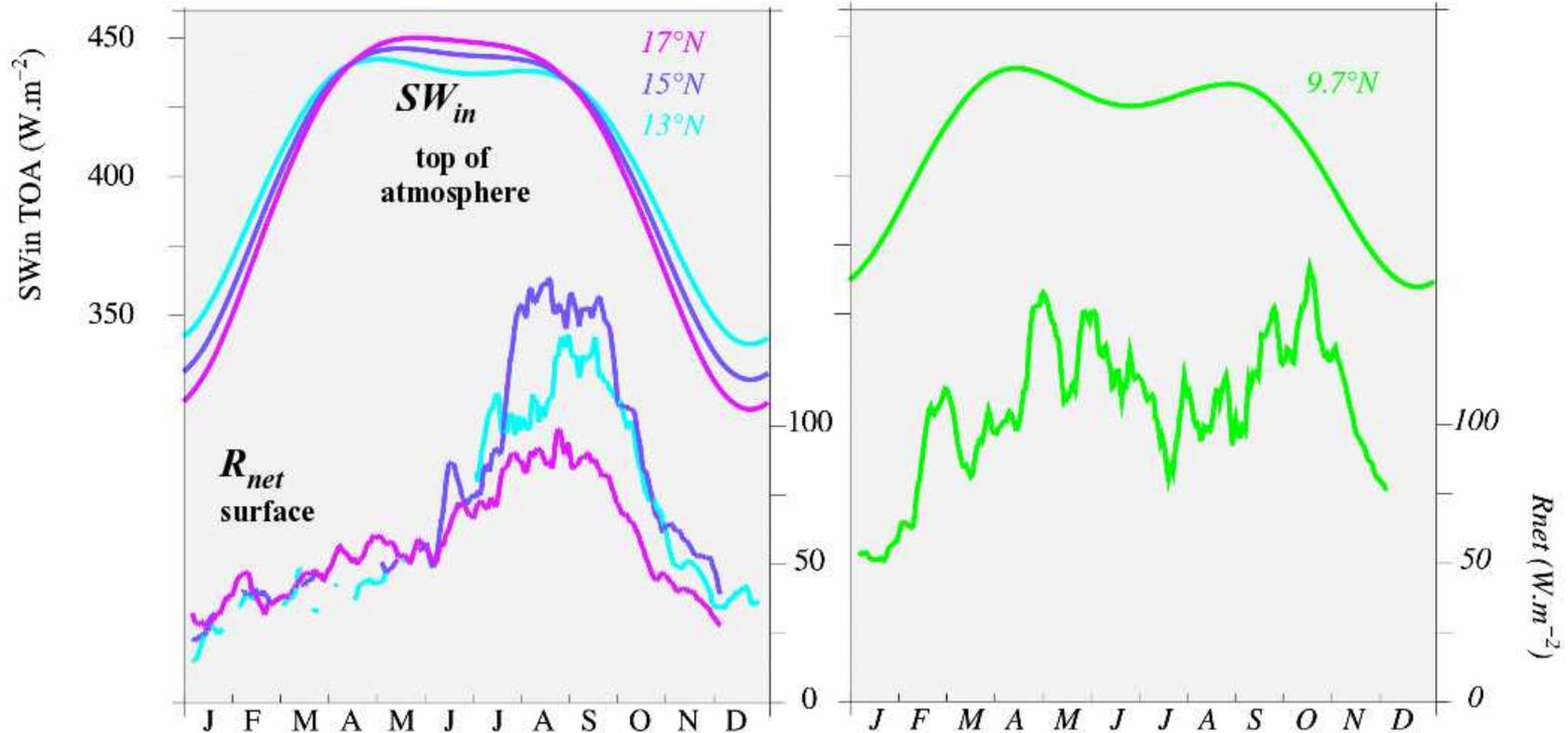


Une signature énergétique de la dynamique de la mousson qui fait intervenir les nuages
Migration vers le nord de la bande de max de $R_{net TOA}$ couverture et structure nuageuse

CYCLE ANNUEL DES FLUX RADIATIFS A LA SURFACE

Au Sahel (semi-aride)

En zone soudanienne (“wet Tropics”)

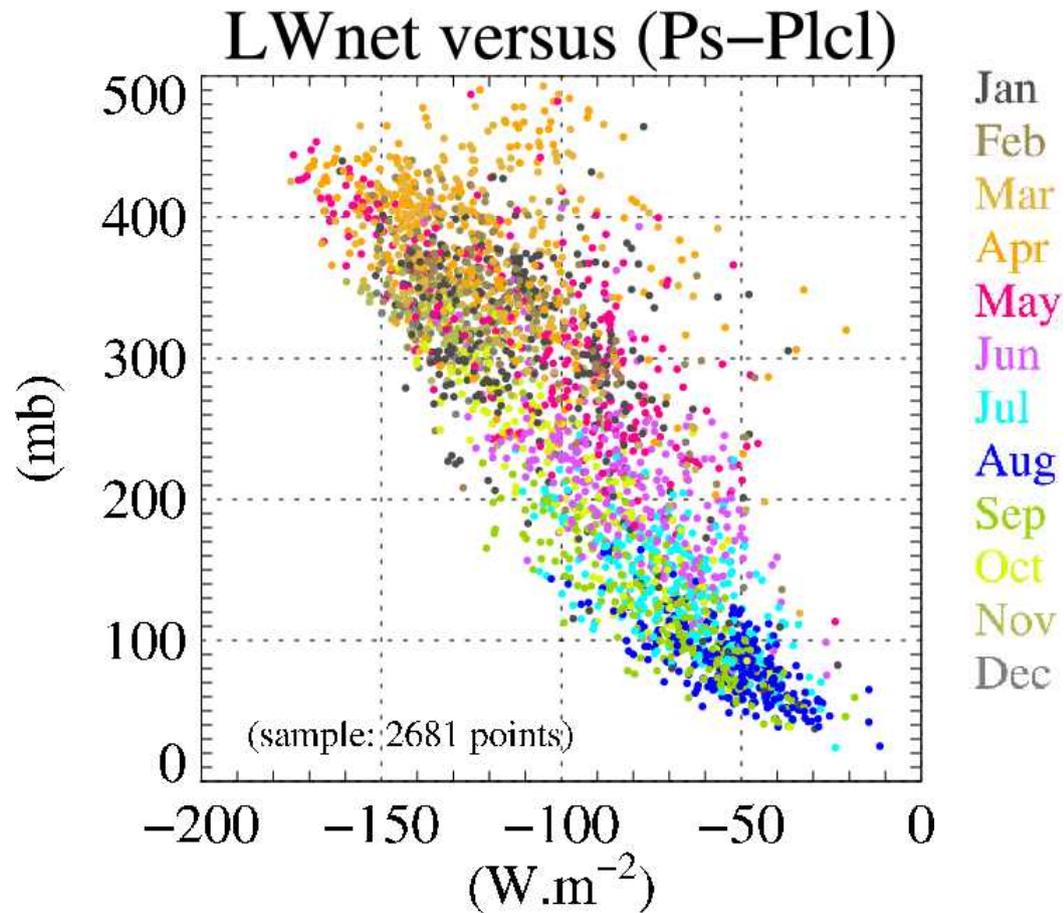


Un cycle énergétique complexe faisant intervenir de nombreux processus

Surface : T_{sol} , humidité du sol, végétation

Atmosphère: vapeur d'eau, nuages, aérosols

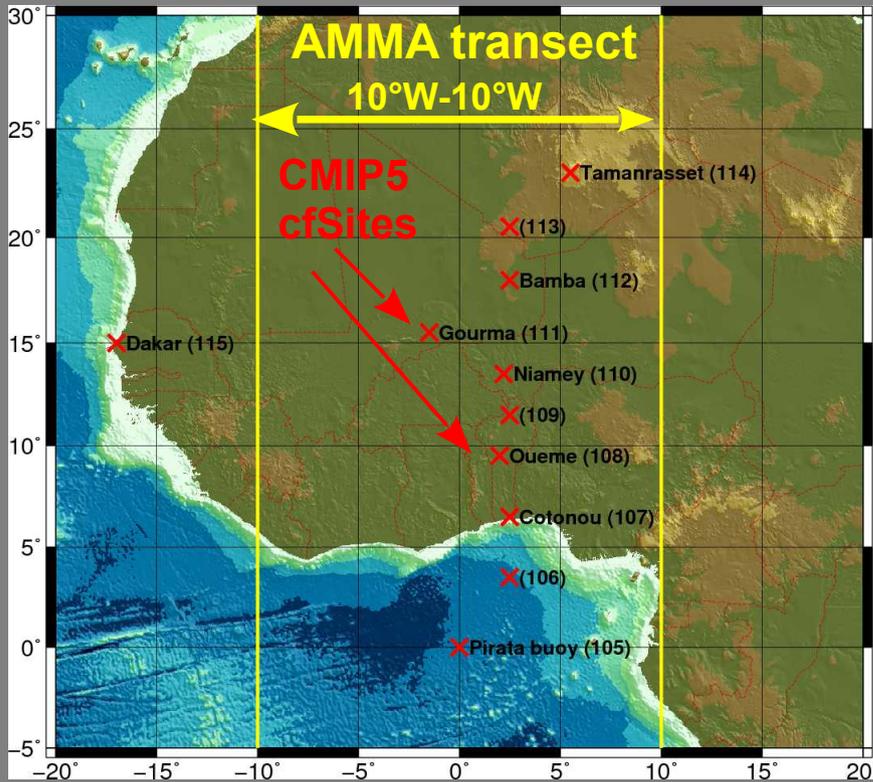
DES COUPLAGES RAYONNEMENT - THERMODYNAMIQUE



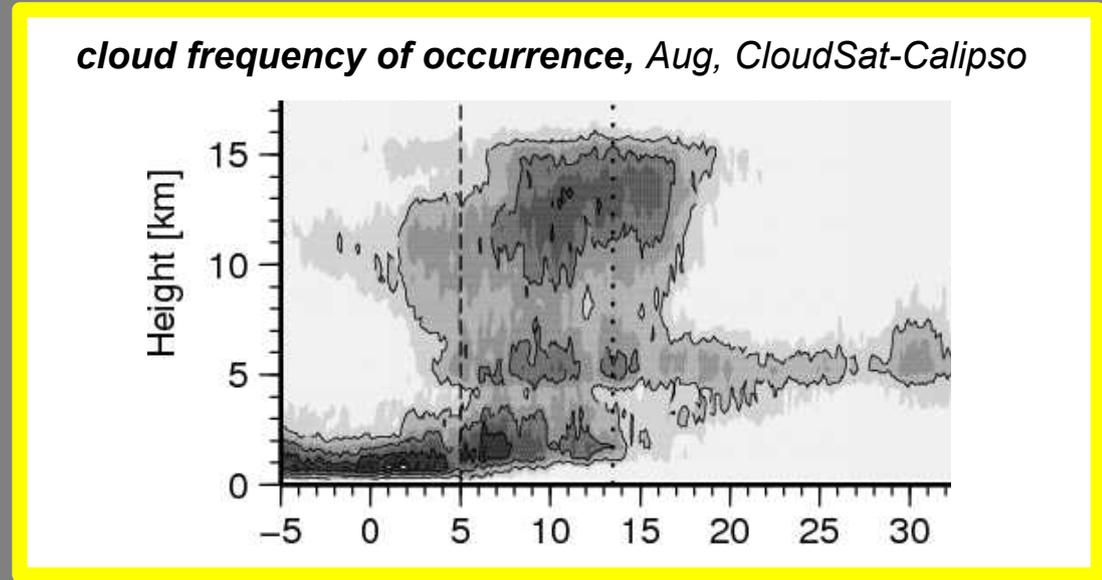
$P_s - P_{LCL}$: niveau de base de nuages (\sim humidité relative surface exprimée en altitude, Betts 1997)

Une relation qui reste valide en conditions très sèches quelle réelle connection avec les nuages?

TRANSECT AMMA & OBSERVATIONS LOCALES

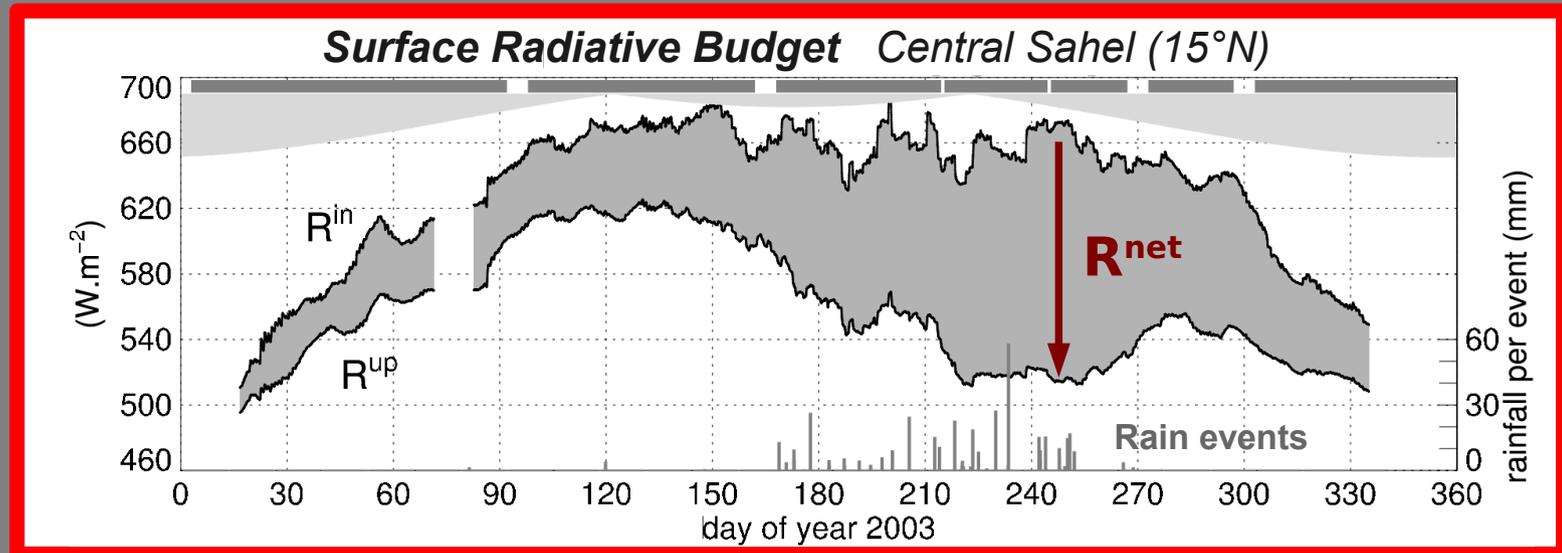


AMMA TRANSECT: large-scale climatological gradient
AMMA-MIP: Hourdin et al. (2010)



Bouniol et al. (2012)

CMIP5 cfSites
 locations where
 ground data available
 (AMMA Catch, ARM
 MF Niamey, others)
 haute fréquence
 temporelle
 plusieurs années



Guichard et al. (2009)

IMPACT RADIATIF DES NUAGES EN AFRIQUE DE L'OUEST

Méthodes “empiriques” (au sens “sans physique radiative de l’atmosphère explicite”)

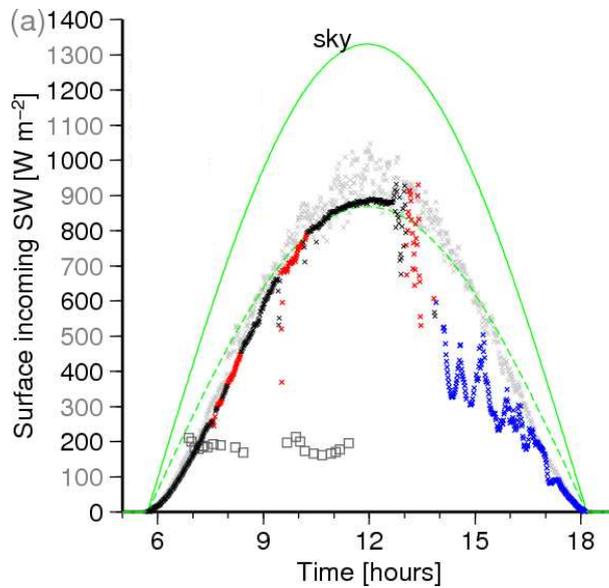
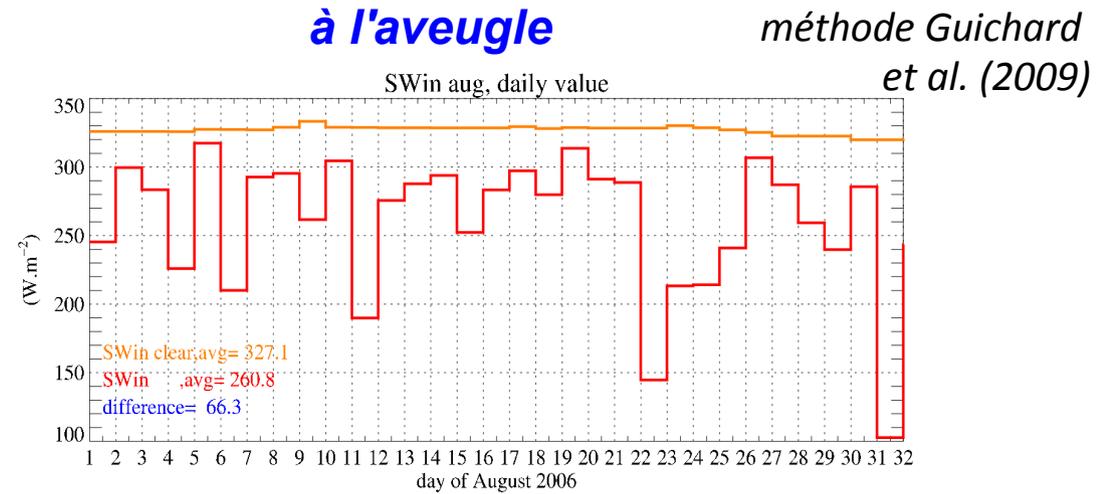


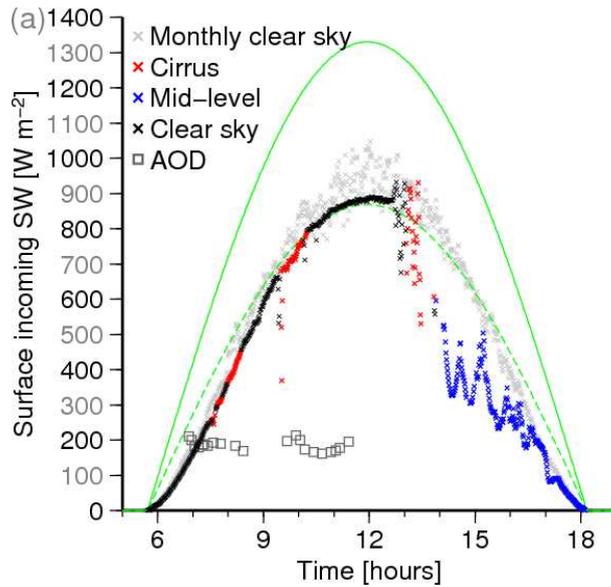
Fig from Bouniol et al. (2011)



SW: fourchette, ~ 50-70 W.m⁻² pendant la mousson

IMPACT RADIATIF DES NUAGES EN AFRIQUE DE L'OUEST

Méthodes "empiriques" (au sens "sans physique radiative de l'atmosphère explicite")

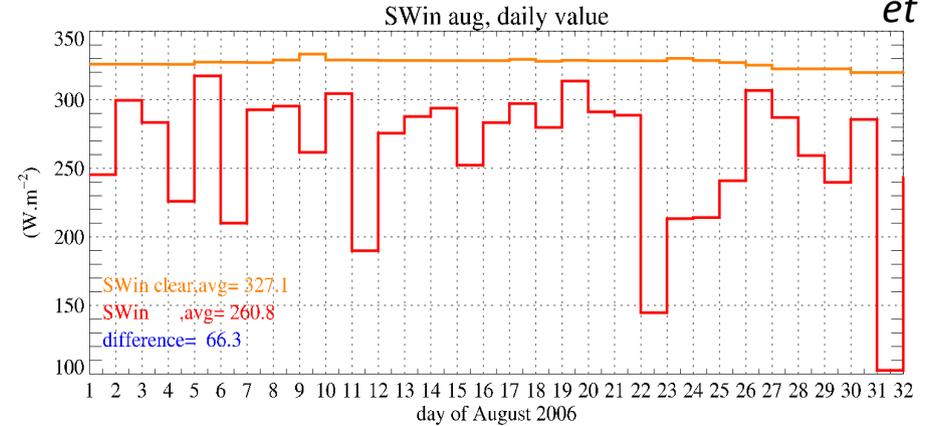


Bouniol et al. (2011)
ARM Mobile Facility

- Cirrus
- Anvils
- ▼ Mid-level
- ◆ Low-level

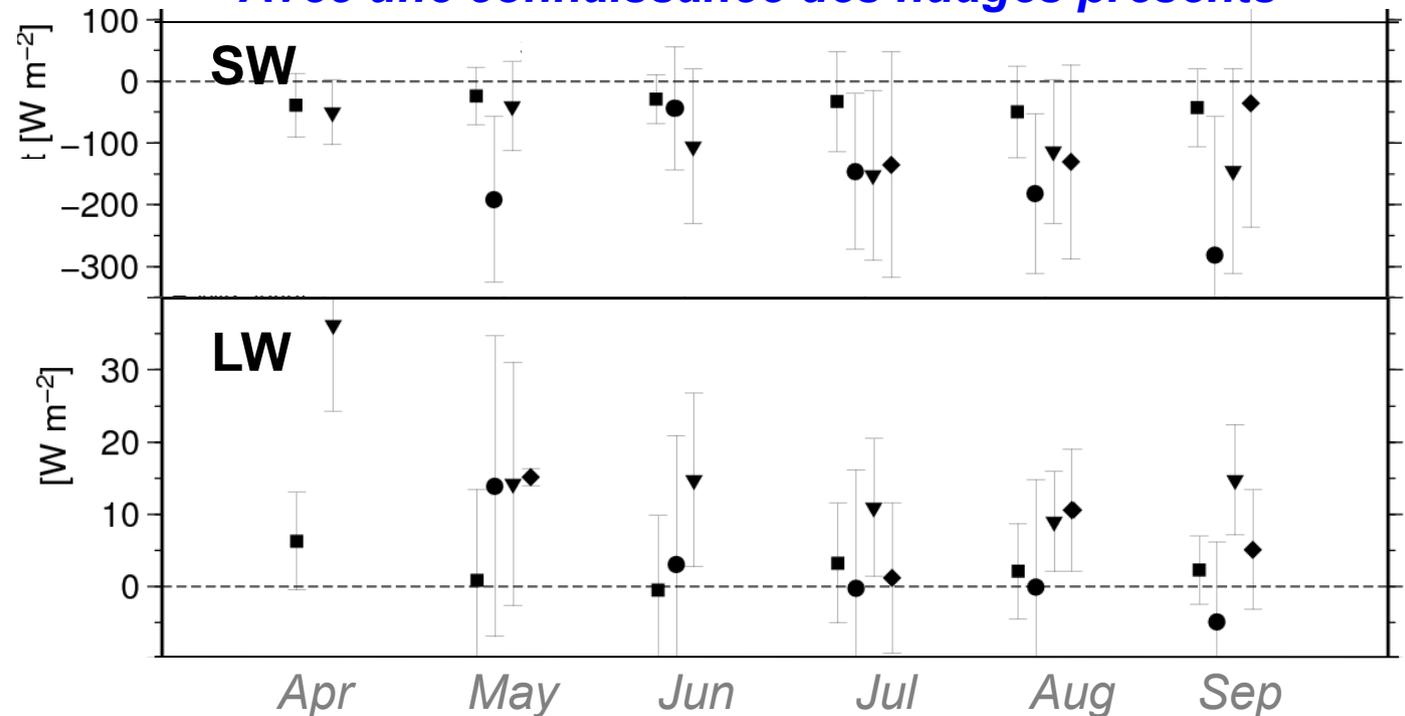
à l'aveugle

méthode Guichard et al. (2009)



SW: fourchette, ~ 50-70 W.m⁻² pendant la mousson

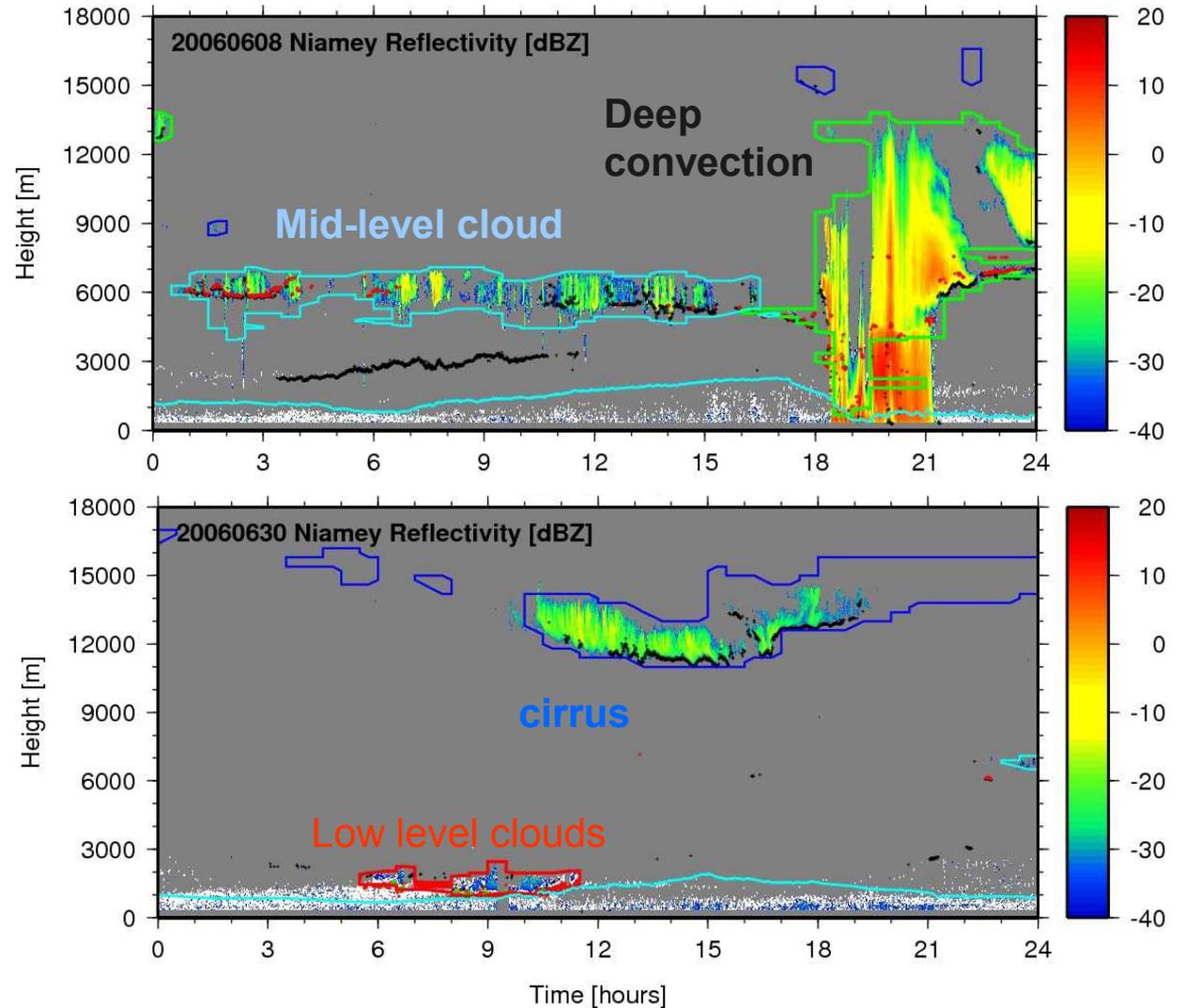
Avec une connaissance des nuages présents



4 TYPES DE NUAGES:

- basses couches
- mi-niveau
- convection profonde
- cirrus

Exemples



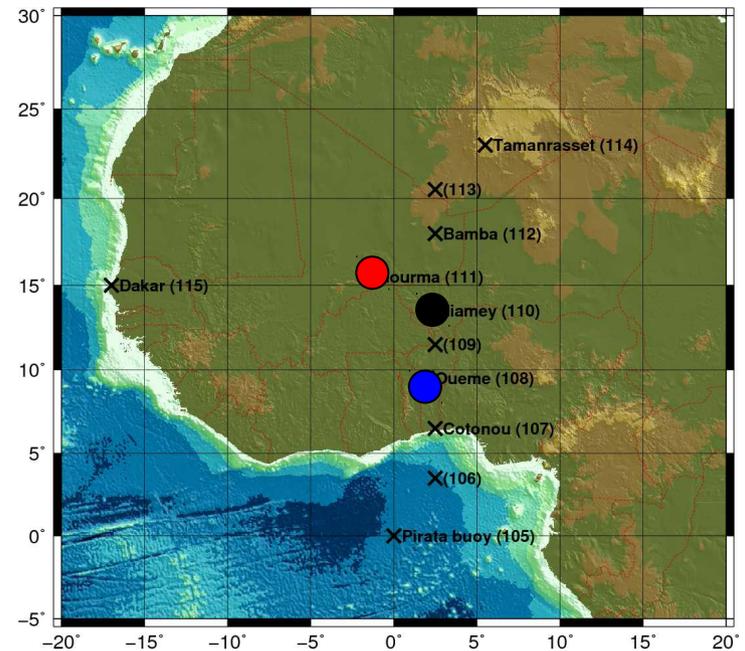
IMPACT RADIATIF DES NUAGES EN AFRIQUE DE L'OUEST

Méthodes “physiques”

(au sens faisant intervenir du calcul de transfert radiatif)

Utilisée pour analyser
3 sites étagés
le long du gradient méridien

mesures stations: souvent plusieurs
stations météo automatique pour
chaque site (représentativité, robustesse...)



Agoufou

Niamey

Djougou

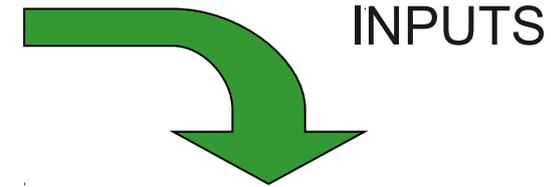
Data and method

Slide
Courtesy
O. Geoffroy

RRTM Inputs

- Greenhouse gases : RRTM climatology
- **Humidity & temperature profiles:**
 - radiosondes & ECMWF analysis (stratosphere)
 - radiosonde: 4 to 8 per day
 - ECMWF (re)analysis : 4 per day
- **Aerosols** : Aeronet, AOD, SSA, ... dt < 1h
- **Albedo** : surface data, LSA-SAF products
(D. Carrer, C. Meurey)
- surface temperature from LW surface flux

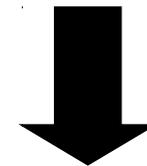
data from AMMA, ARM, AMMA-CATCH



INPUTS

Radiative transfert model

- RRTM LW and SW (AER)
(Iacono et al, 2008; Morcrette et al, 2008).
- Resolution: 100 levels



Radiative fluxes : ARM, AMMA-CATCH & RADAGAST

Slingo et al., 2006; 2009, Spec. Issue JGR
AMMA Catch Spec. Issue 2009 J. Hydrology

Surface : ARM Mobile Facility, dt = 1 min, others : 15 min
TOA : **GERB** data , dt = 15 min

Radiatives fluxes estimates Clear sky and Clean sky

LW / SW
TOA / Surface



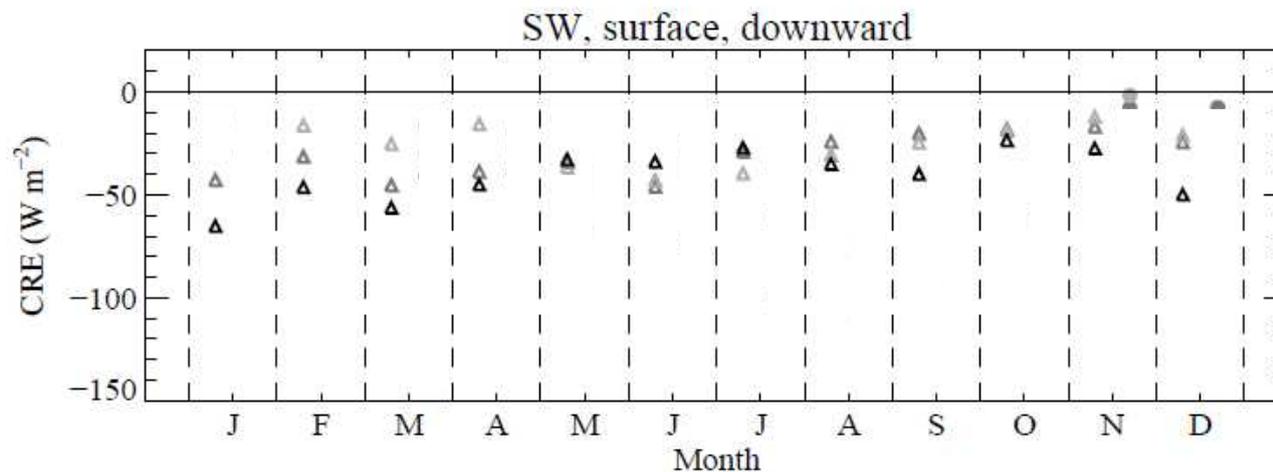
ADDITIONAL DATA FOR ANALYSIS

Cloud masks (*Illingworth et al., 2007*) from AMF radar, lidar
Precipitable water, GPS (*Bock et al., 2008*) dt = 1 h
Precipitation

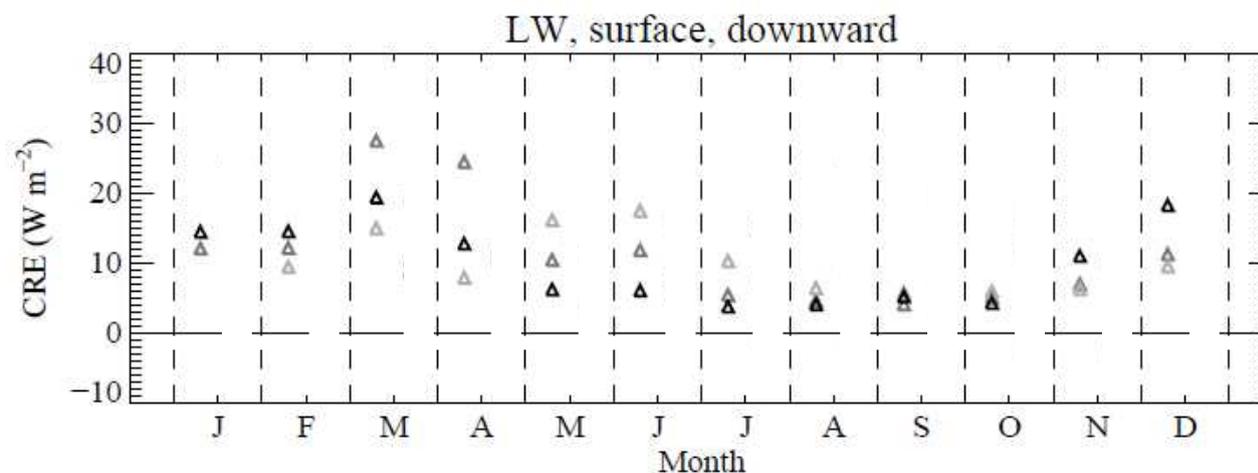


CRE (dt ~ 30 min)

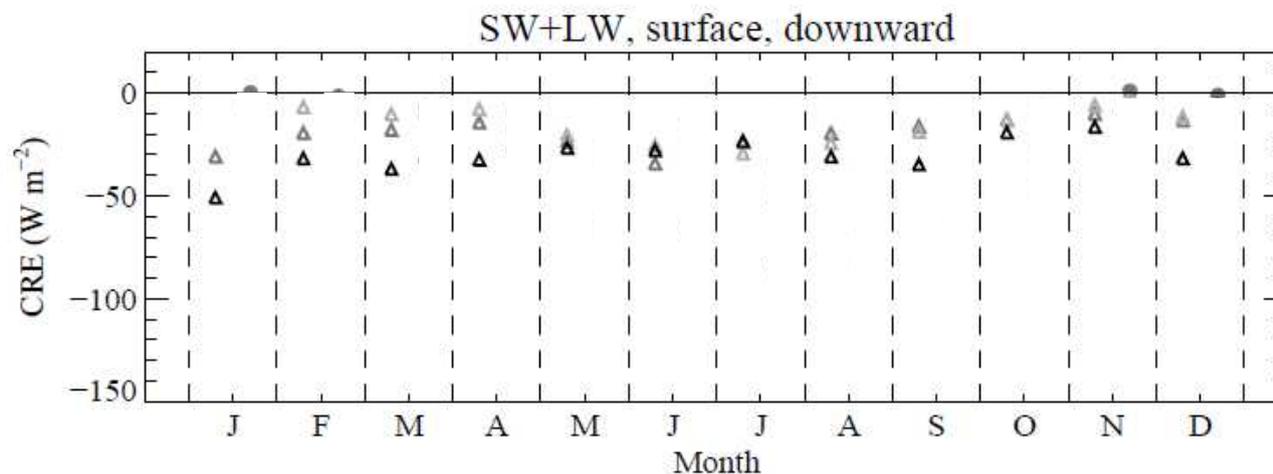
Impact
radiatif
des
aérosols
à la surface



Agoufou
Sahel Central
(15.5°N)

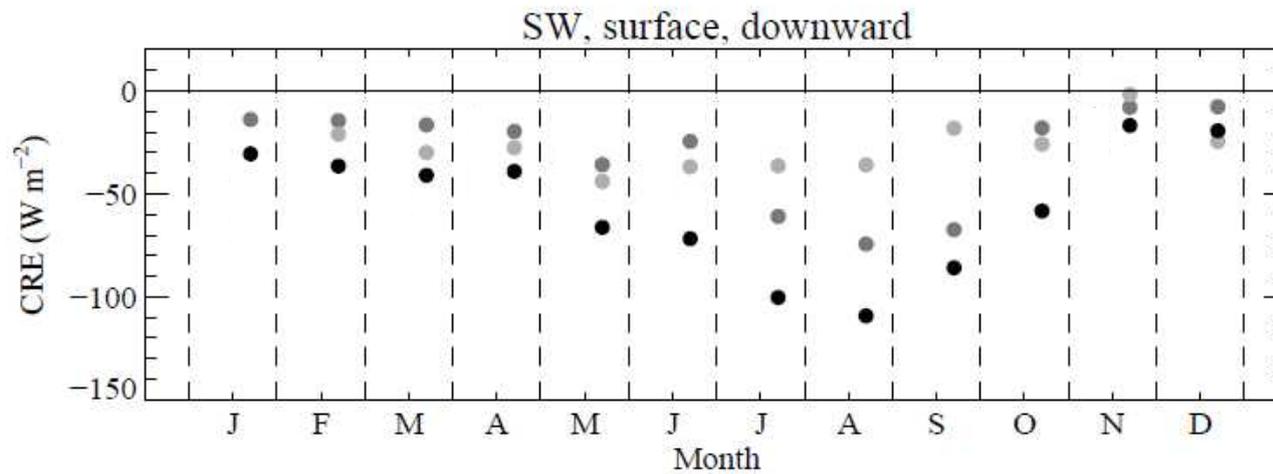


Niamey
Sahel Sud
(13°N)

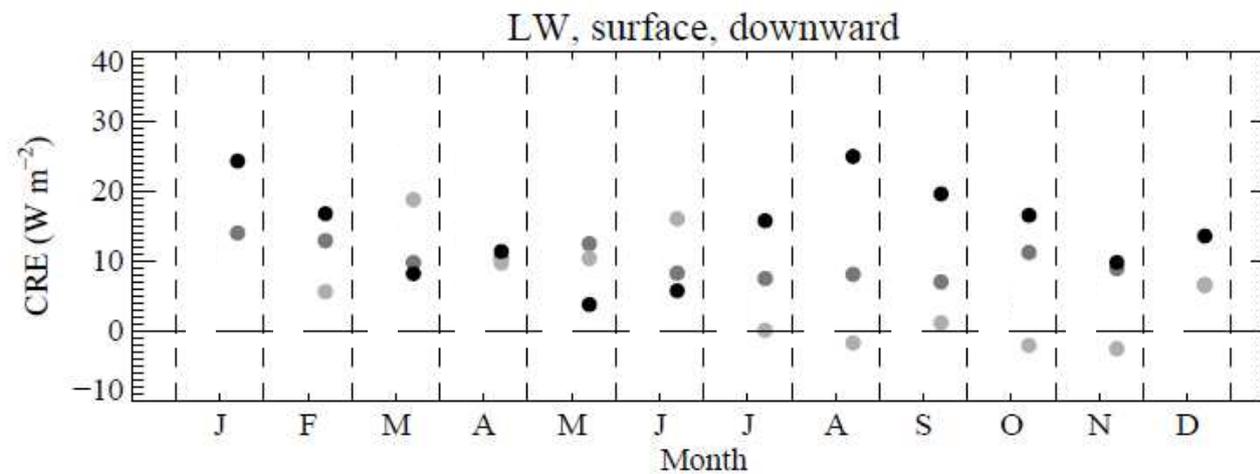


Nalohou
Soudanien
(9.5°N)

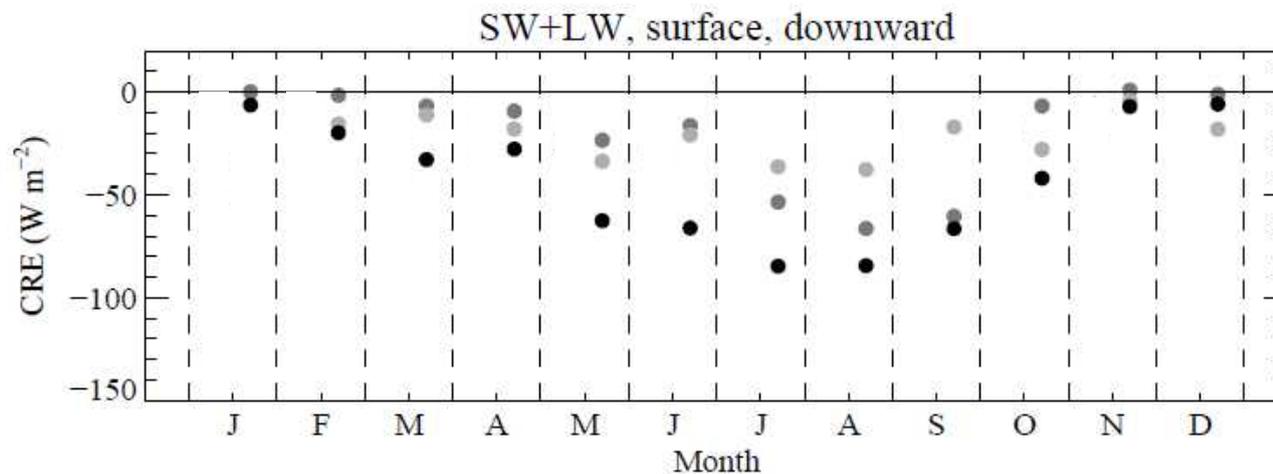
*Impact
radiatif
des
nuages
à la surface*



Agoufou
Sahel Central
(15.5°N)



Niamey
Sahel Sud
(13°N)



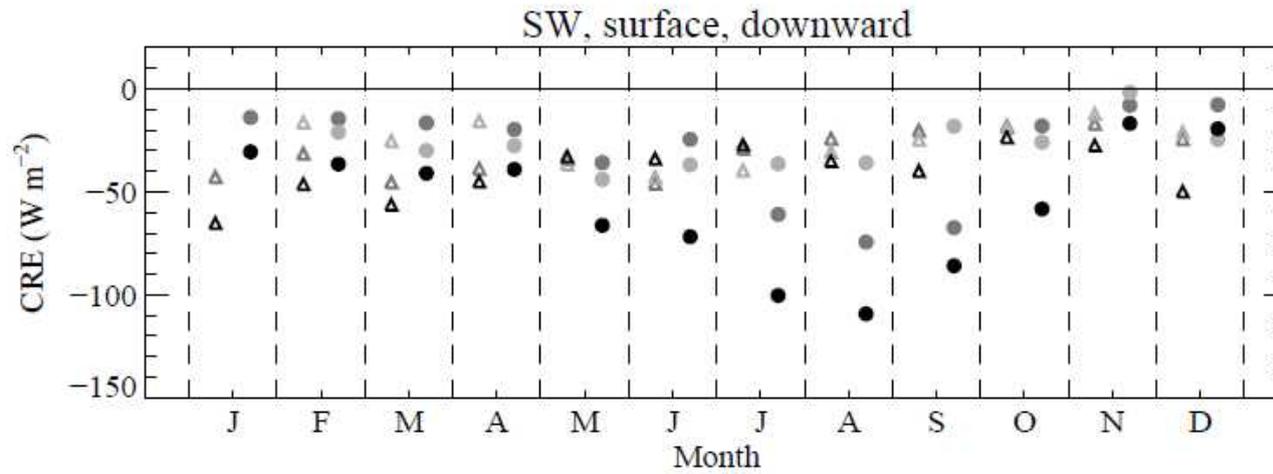
Nalohou
Soudanien
(9.5°N)

Impact
Radiatif

Nuages
(ronds)
et

Aérosols
(triangles)

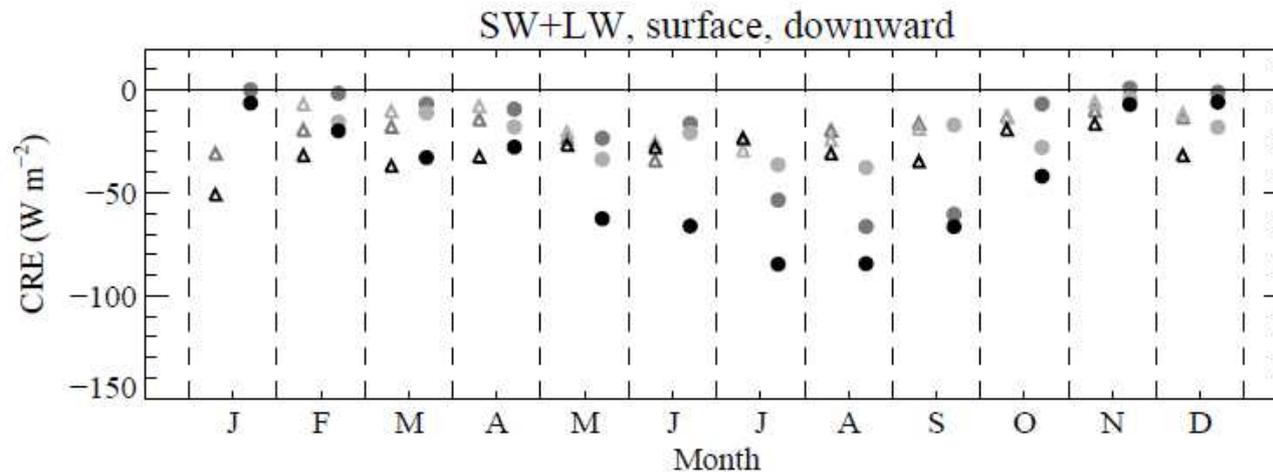
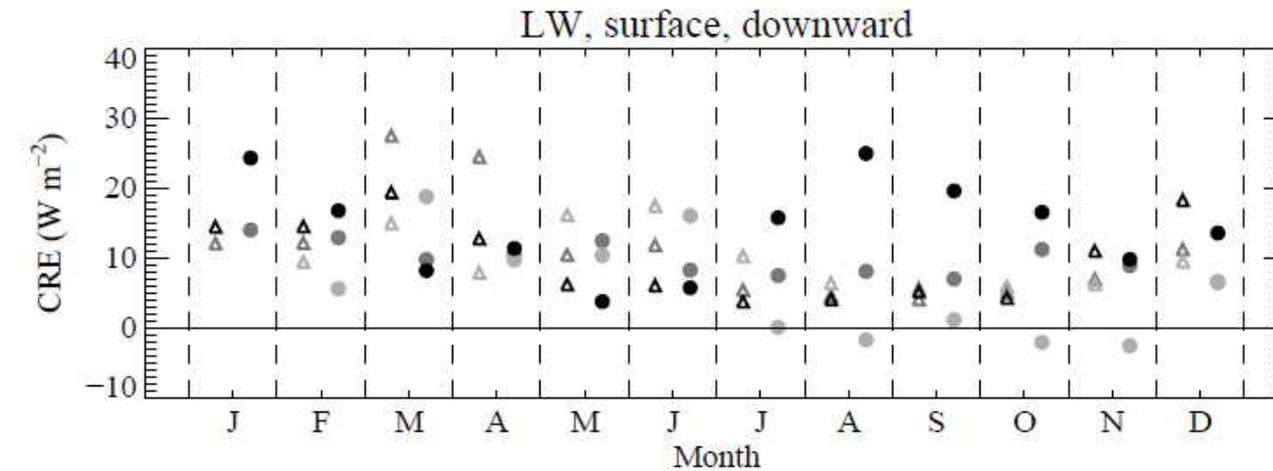
à la surface



Agoufou
Sahel Central
(15.5°N)

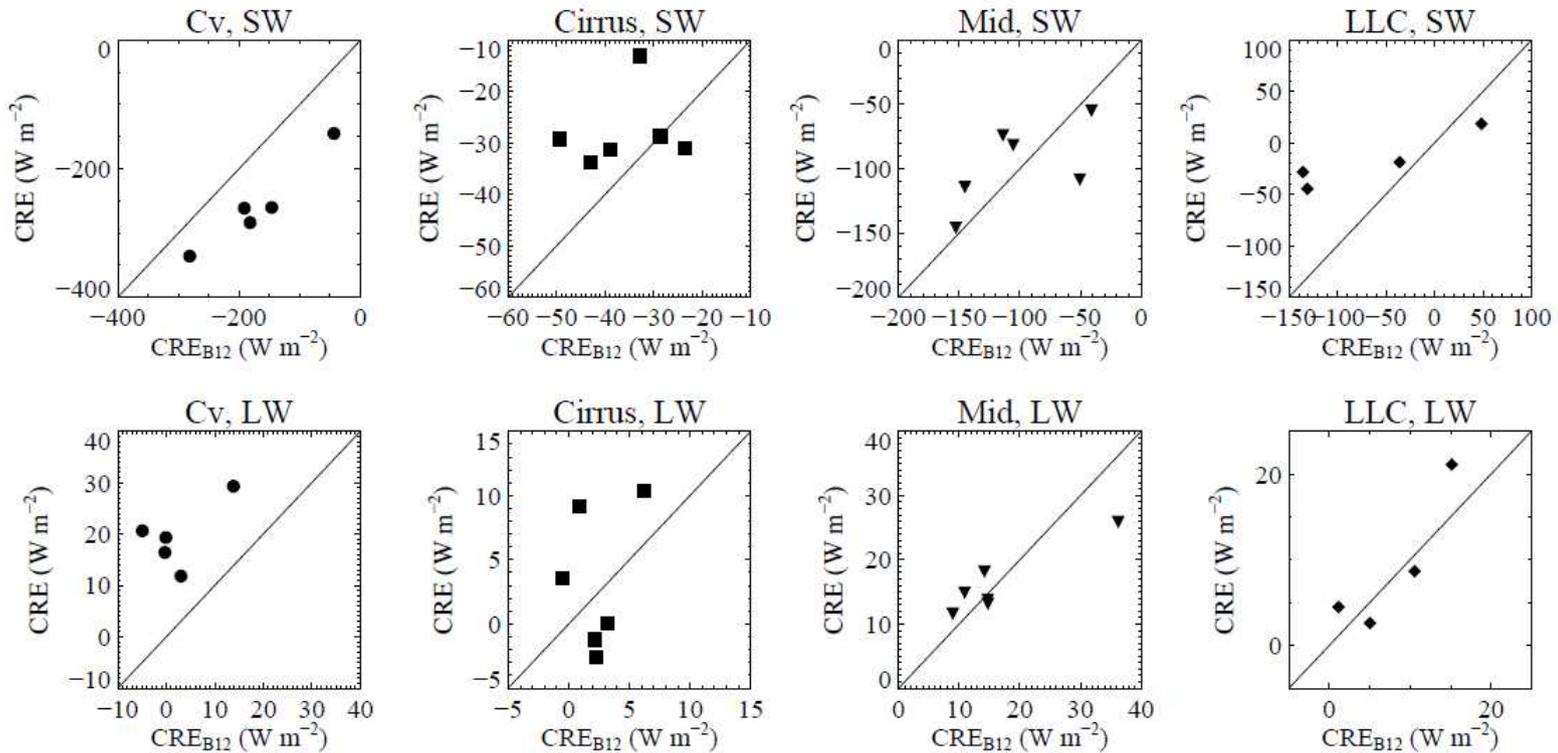
Niamey
Sahel Sud
(13°N)

Nalohou
Soudanien
(9.5°N)



Geoffroy et al.

Comparaison des méthodes (Bouniol et al. & Geoffroy et al.)



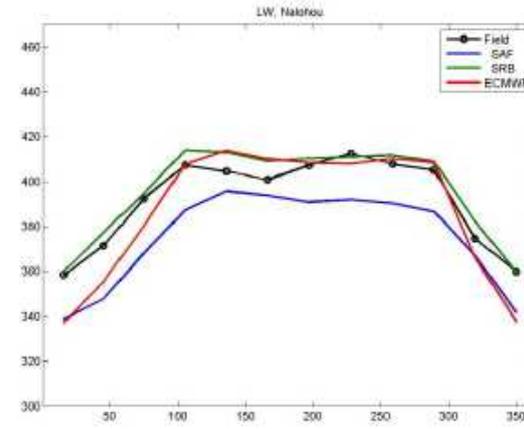
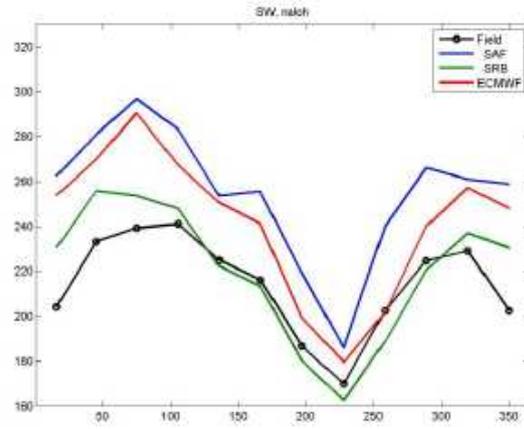
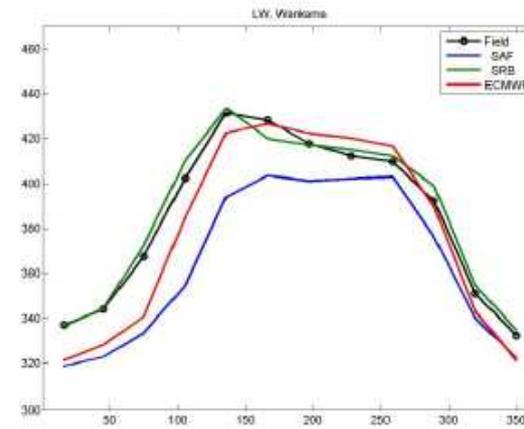
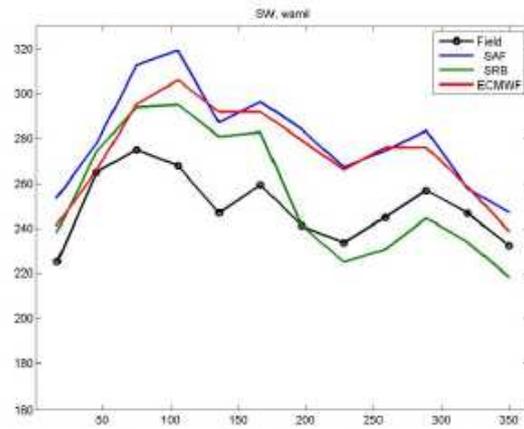
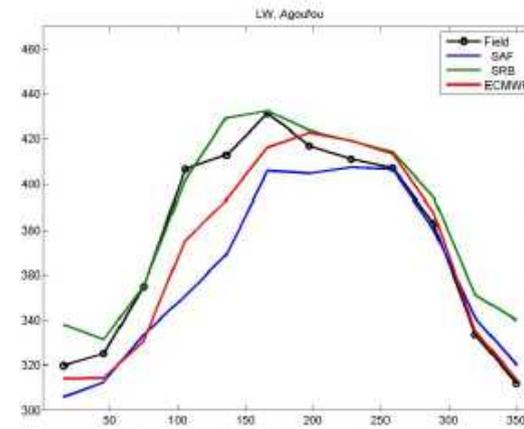
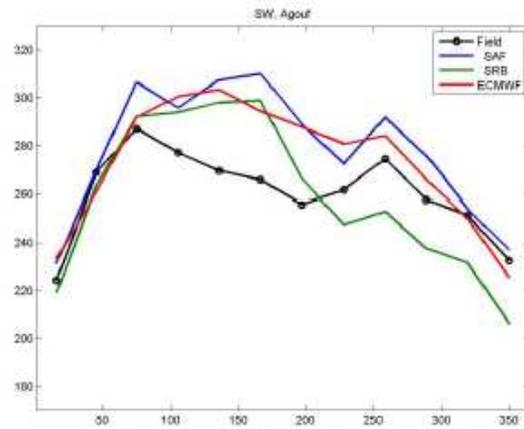
Geoffroy et al.

Travail en cours

Intérêt de traiter une plus longue période (intégration de plus de données) statistique

Evaluation modèles et produits satellitaires

Estimation
 Produits
 Satellite
 Reanalyses



*Kergoat
 Ramier
 et al.*

Figure 4. Monthly values of surface SW flux (left) and LW flux (right) averaged over 2006-2007 at the Bamba (a), Agoufou (b), Wankama (c) and Nalohou (d) sites.

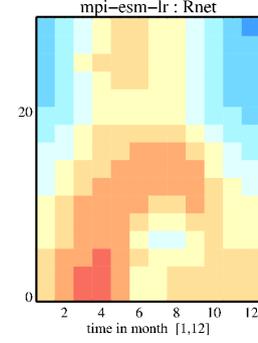
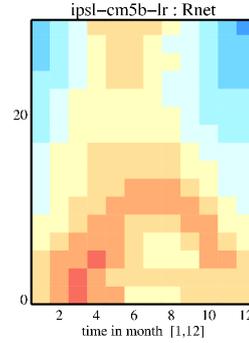
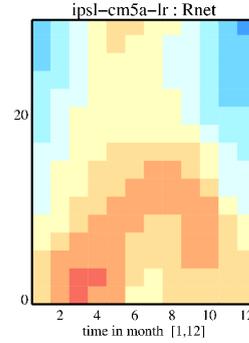
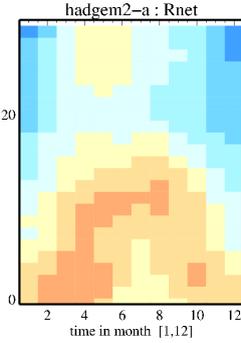
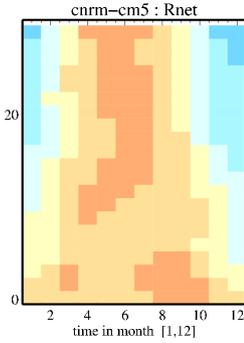
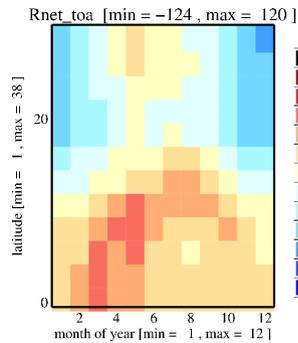
EVALUATION OF CLIMATE MODELS

monthly mean [10°W,10°E], 30 years, CMIP5 amip runs

ISCCP

MODELS

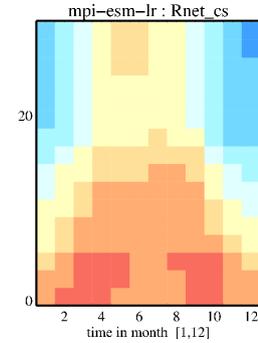
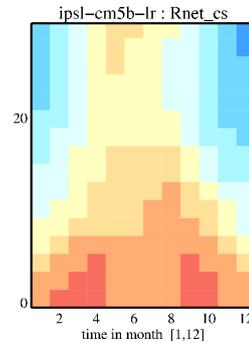
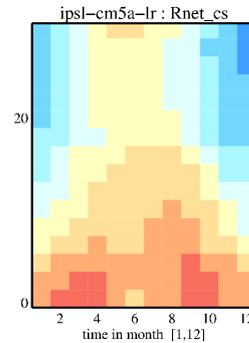
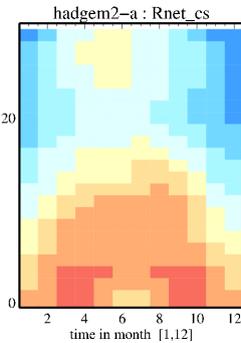
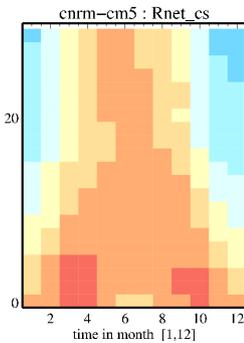
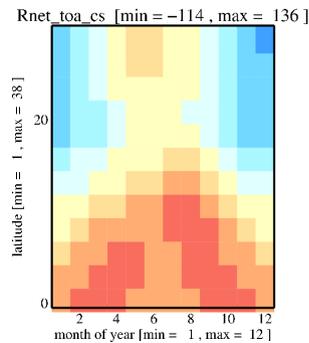
Rnet
TOA



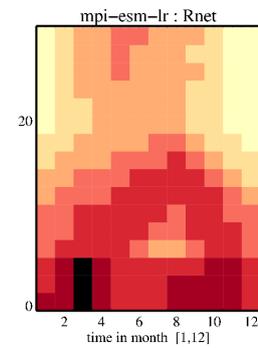
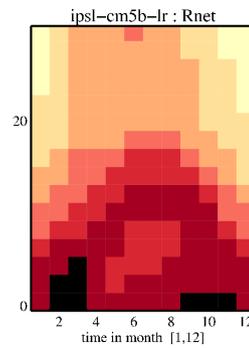
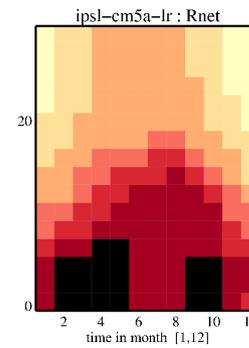
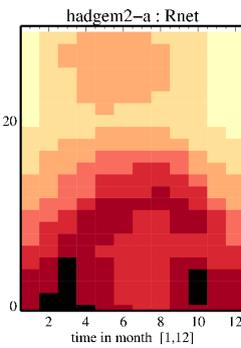
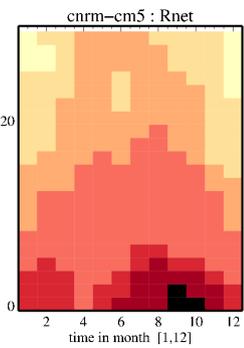
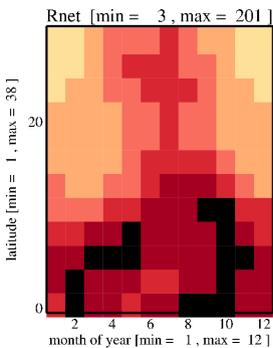
(W/m²)



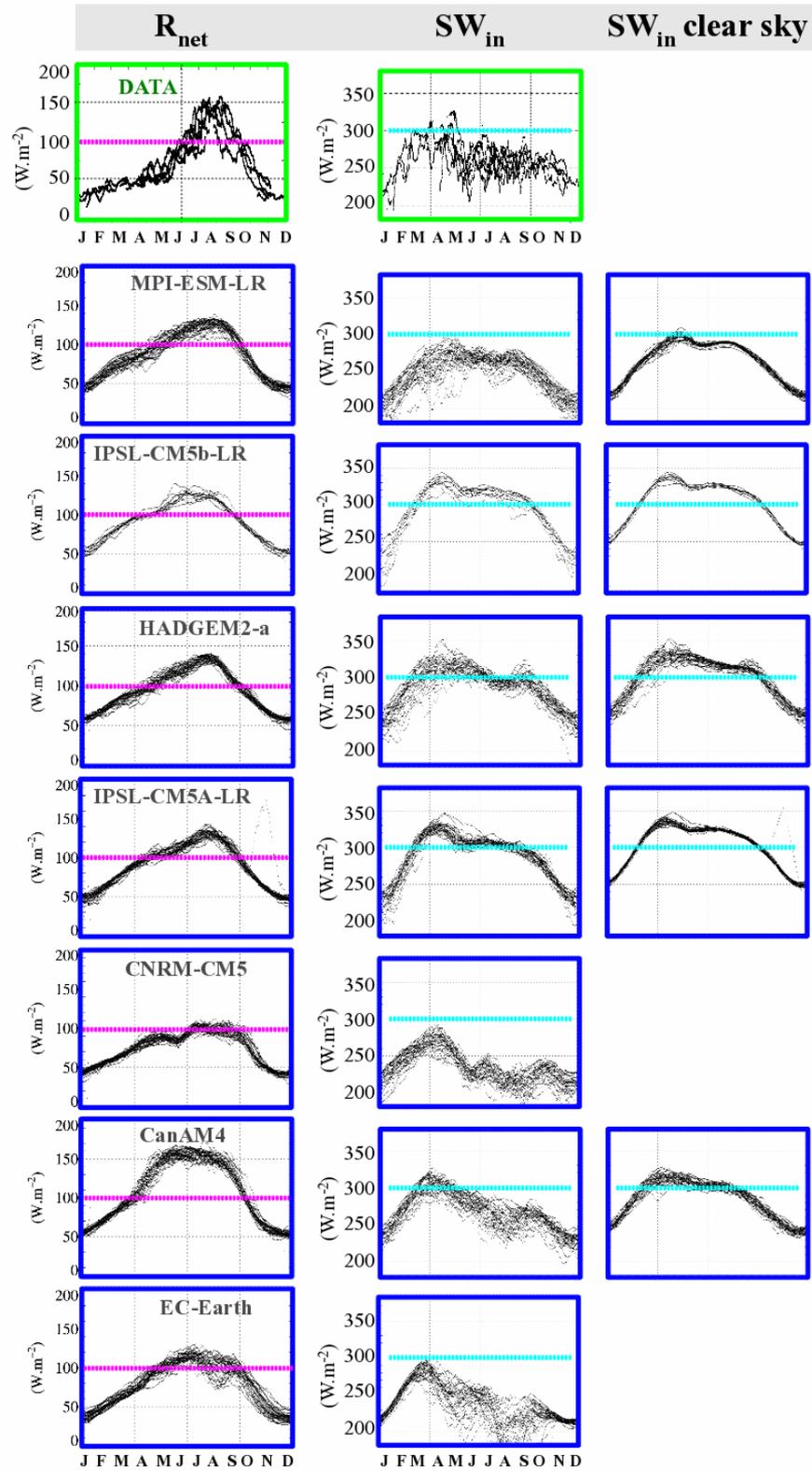
Rnet
TOA
clear
sky



Rnet
surface



qualitativement ~ OK, gros soucis quantitatifs



Simuler R_{net} est plus "facile" que simuler SW_{in}
compensations d'erreurs

Imprécisions fortes sur:
 les valeurs
 la dynamique annuelle

Des différences ciel clair qui font très probablement intervenir les climatos aérosols

Voir aussi Roehrig et al. J. Climate 2013

*Pour d'autres informations sur
 l'évaluation du bilan radiatif
 et des nuages dans les
 Simulations climatiques CMIP5*

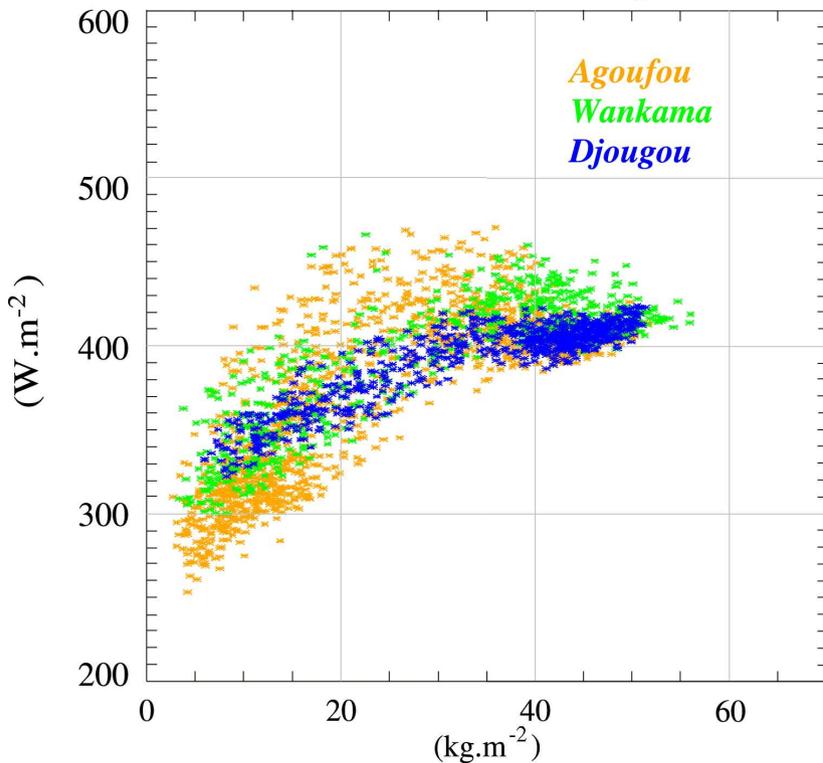
*Intérêt de méthodes complémentaires:
 analyses statistiques
 étude des couplages entre variables,
 paramètres physiques (Betts 2004)*

DIAGNOSTICS (LW fluxes, water vapour and clouds)

Couplings between surface LW incoming and precipitable water (daily mean, 15°N)

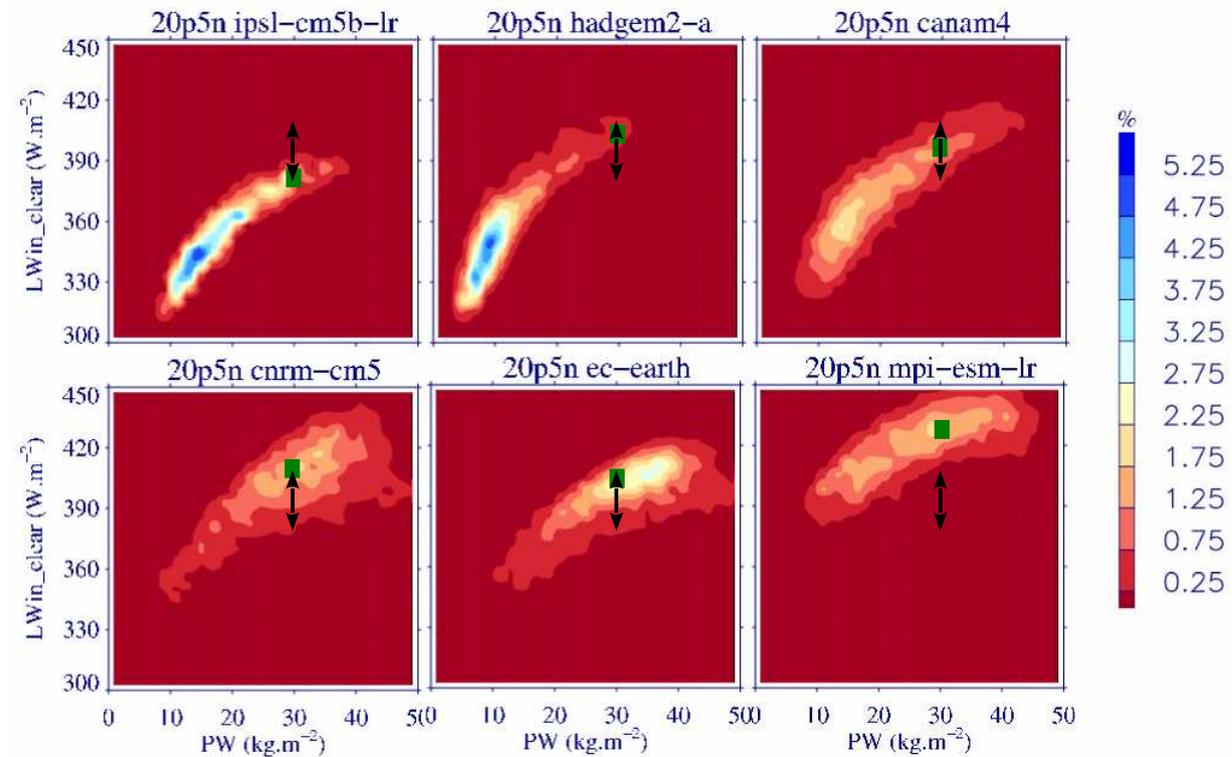
DATA

LWin v PW [24h-avg]

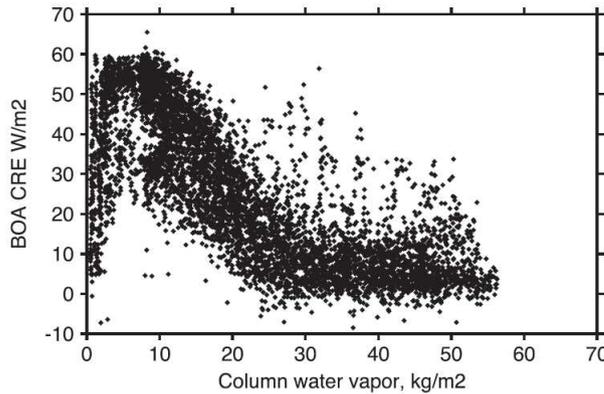


MODELS

Joint PDF (precipitable water, surface LWin clear sky)
CMIP5 amip runs (30 years), daily values at 2°E, 20.5°N



DIAGNOSTICS (LW fluxes, water vapour and clouds)



Stephens et al. (2012)

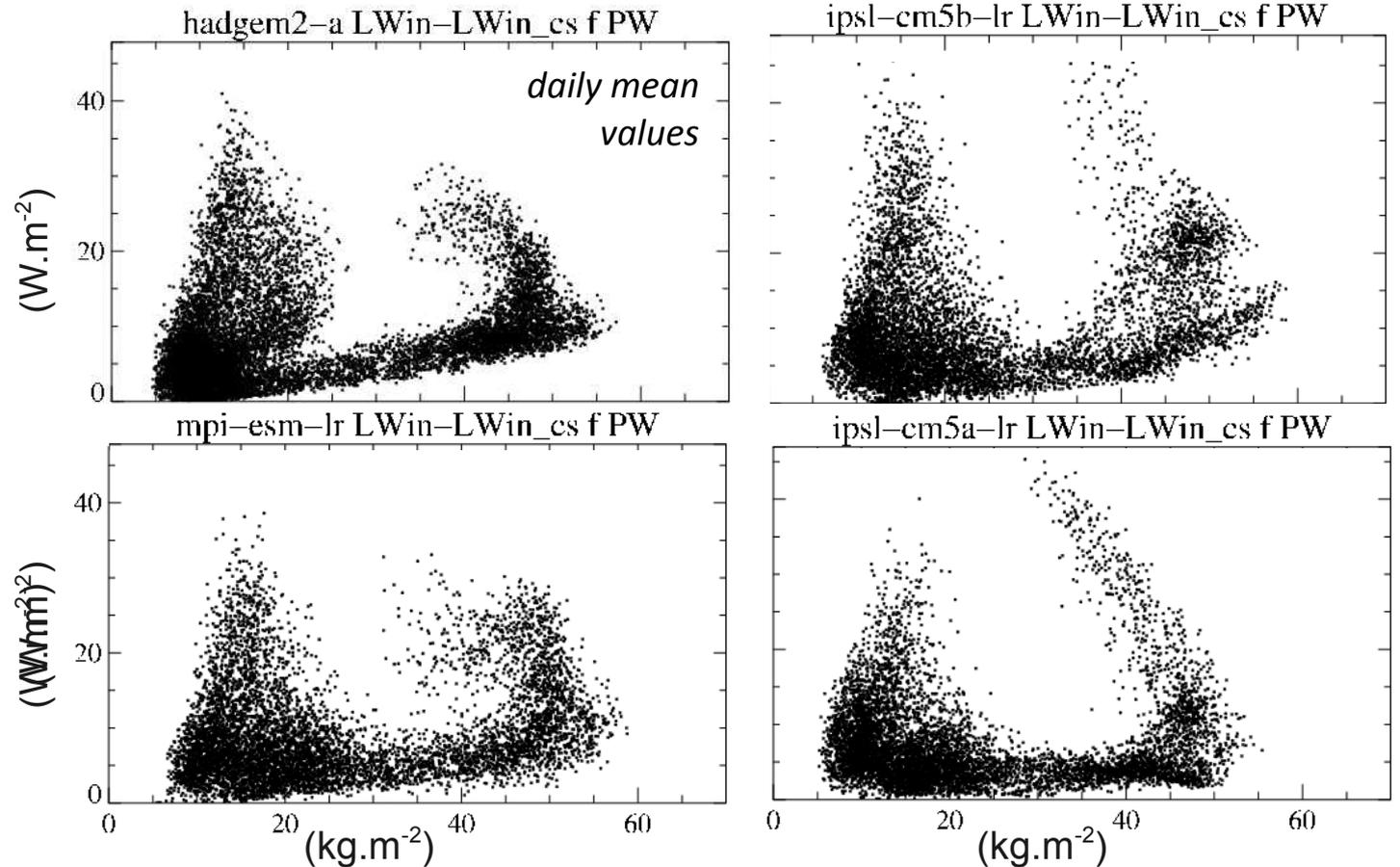
over Ocean

*cloud radiative impact in the LW at the surface:
sensitivity of to precipitable water*

Over The Sahel

MODELS

*Quelle signature
des observations
satellites ?
In-situ + 1D rad ?
Quelle connection avec
les types de nuages ?
Ou simplement une
signature du timing
diurne (cofluctuations
nuages-LWin) ?*



CONCLUSION

Bilan radiatif en Afrique de l'ouest

*exploitation des données de la campagne AMMA, de mesures site et satellitaires
importance de nombreux processus physiques pour rendre compte de ce bilan
fait intervenir couplages bilans d'eau et d'énergie, humidité et température
(role des aérosols et des nuages)*

Les nuages sont importants pour la mousson

*impact radiatif du même ordre de grandeur que des considérations d'albedo
structuration en quelques types principaux
petit cumulus, convection profonde, cirrus et nuages de mi-niveau*

Deux approches complémentaires pour estimer l'impact radiatif des nuages

*empirique versus radiatif (1D broad band), se rapprocher d'une "vérité obs"
importance des propriétés micro versus macroscopiques, cycle diurne..
Intégration + longues séries, d'autres sources possibles d'information (e.g. satellite)*

Evaluation des modèles et produits satellitaires

*réanalyses
modèles de climat CMIP5
SRB, LAND-SAF...
mais aussi, connections simulations plus fine résolution, land-surface models(ALMIP)*

Evaluation des couplages statistiques thermodynamique-rayonnement

*diagnostics physiques
compréhension des processus et de leur représentation dans les modèles*

seasonal cycle of surface radiative fluxes

Guichard et al.
J. Hydrology
2009

$$R^{\text{net}} = (LW^{\text{in}} + SW^{\text{in}}) - (LW^{\text{up}} + SW^{\text{up}}) = R^{\text{in}} - R^{\text{up}}, \text{ details}$$

$R^{\text{in}}, R^{\text{up}}$ (10-day mean) & rainfall [Agoufou]

15°N

