

Rapport de stage :	Branchement de la routine ECRAD dans le modèle ARPEGE		Page : 1-12
	Auteur :	Bouzghaia Mohamed	
	Encadreur :	Yves Bouteloup	
	Période :	06-09-2017 - 06-10-2017	
	Lieu :	CNRM - Météo France	

Table des matières

1 Introduction	2
2 Le module radiatif ECRAD	2
2.1 Présentation	2
2.2 Modules et options	2
2.3 Codage	3
3 Présentation du modèle MUSC	4
3.1 Présentation	4
3.2 Configuration du modèle MUSC	4
3.3 Extraction et traitement des Résultats	5
4 Branchement de l'interface de ECRAD dans la partie "Météo-France" de la physique du projet ARP/IFS	6
4.1 Architecture du code	6
4.2 Appel de la procédure	7
4.3 Configuration du schéma	8
5 Résultats obtenus sur MUSC	9
5.1 Contexte	9
5.2 Résultats	9
6 Résultats obtenus sur ARPEGE	10
6.1 Contexte	10
6.2 Discussion des résultats	10
7 Conclusions et Perspectives	11

Rapport de stage:	Branchement de la routine ECRAD dans le modèle ARPEGE		Page : 2- 12
	Auteur :	Bouzghaia Mohamed	
	Encadreur :	Yves Bouteloup	

1 Introduction

L'objectif de ce stage est d'intégrer le dernier schéma radiatif développé au centre européen de prévisions à moyenne échéance ECRAD [Hogan and Bozzo, 2016] dans la branche "Météo-France" de la physique du projet ARP/IFS. Cela afin de rendre disponible ce schéma dans les modèles ARPEGE, ALADIN, et AROME.

Ce travail fait suite au travail effectué précédemment par M.Benamara [Benamara, 2014] [Benamara, 2016b] [Benamara, 2016a] qui a consisté à intégrer le schéma radiatif SRTM dans la physique Météo-France, et à le tester sur ARPEGE et AROME.

Le schéma ayant déjà été interfacé avec la branche "IFS" de la physique du projet ARP/IFS, notre travail va dans un premier temps consister à adapter l'interface existante à l'environnement de la branche "Météo-France". Dans un second temps, nous allons tester ce schéma dans une version simplifiée du modèle ARPEGE, le modèle "MUSC" à une dimension. Les tests seront étendus dans un troisième temps à des simulations ARPEGE complètes afin d'une part de reproduire au plus près l'existant, et d'autre part de préparer une nouvelle configuration à des fins opérationnelles.

2 Le module radiatif ECRAD

2.1 Présentation

ECRAD est un nouveau schéma radiatif entièrement modulaire et très flexible. Il est disponible gratuitement en version Offline **URL** et également comme partie du code OpenIFS à partir du cycle 44. Il est également disponible dans la suite ARP-IFS à partir du cycle 44, mais n'est pas encore utilisé de manière opérationnelle.

ECRAD est d'avantage un module de transfert radiatif qu'un schéma radiatif. En effet il dispose de toute une gamme d'options, lui permettant d'une part de reproduire au plus près les paramétrisations antérieures (SRTM et RRTM), en les remplaçant avantageusement grâce à de meilleures performances (30% de gain en coût de calcul en moins pour IFS : SRTM-ECRAD) (bien qu'une reproductibilité exacte ne soit pas possible). D'autre part, il donne accès à différentes options supplémentaires .

2.2 Modules et options

ECRAD est constitué de quatre modules pratiquement indépendants :

- Optique des gaz
- Optique des aérosols
- Optique des nuages
- Solveur

Chacun de ces modules peut être paramétré indépendamment des autres. Ceci est un des progrès majeurs effectués par rapport à l'existant. En effet, jusqu'à présent bien qu'il ait été en théorie possible de le faire, ce n'était pas possible en pratique à cause de l'intrication des différentes parties du codes. En ce sens ECRAD ouvre la voie à des développements ultérieurs, puisque pour introduire un nouveau schéma physique, il n'est plus nécessaire de réécrire la totalité du module radiatif.

En outre ECRAD reprend les principaux schémas disponibles dans la paramétrisation opérationnelle actuelle de IFS (Cy43) [Morcrette et al., 2008], en y ajoutant des schémas plus récents, dont certains sont spécifiques à ce module (voir Table-1), en particulier les solveurs Tripleclouds [Shonk and Hogan, 2008] et SPARTACUS [Hogan et al., 2016].

Rapport de stage:	Branchement de la routine ECRAD dans le modèle ARPEGE		Page : 3- 12
	Auteur :	Bouzghaia Mohamed	
	Encadreur :	Yves Bouteloup	

Table 1. Principales options disponibles dans ECRAD

Optique des gaz	RRTM-G [Mlawer et al., 1997]
Optique des nuages liquides	SLINGO [Slingo, 1989] Lindner et Lee [Lindner and Li, 2000] SOCRATES
Optique des nuages de glace	FU [Fu, 1996] FU et al [Fu et al., 1998] Baran et al. [Baran et al., 2014]
Solveur (SW/LW indépendants)	McICA [Pincus et al., 2003] TripleClouds [Shonk and Hogan, 2008] SPARTACUS [Hogan et al., 2016]
Schémas de recouvrement nuageux	EXP-EXP EXP-RAN MAX-RAN

2.3 Codage

Il a été codé en Fortran "moderne" (2003) (et en minuscule pour changer) , avec une forte orientation Objet. Il s'éloigne des pratiques de codage habituelles de la suite ARP-IFS. Les principales variables sont réparties dans 7 types prédéfinis contenant en outre des procédures internes permettant d'effectuer des opérations sur ces variables.

- single_level
- thermodynamics
- gas
- aerosol
- cloud
- flux
- config

En outre les données extérieures nécessaires au fonctionnement du modèle, plus particulièrement les propriétés spectrales des gaz et aérosols (et en version Offline les propriétés atmosphériques) sont lues à partir de fichiers NetCDF. Le module nécessite donc la bibliothèque NetCDF.

Rapport de stage:	Branchement de la routine ECRAD dans le modèle ARPEGE		Page : 4- 12
	Auteur :	Bouzghaia Mohamed	
	Encadreur :	Yves Bouteloup	

3 Présentation du modèle MUSC

3.1 Présentation

Le Modèle MUSC (Modèle Unifié à Simple Colonne, [Malardel, 2010])est une version 1D intégrée du projet ARP-IFS systématiquement maintenue et validée. Il a été mis au point pour développer et tester les paramétrisations physiques dans un cadre de travail simplifié :

- Intégration temporelle réalisée sur une colonne atmosphérique unique
- État initial, forçage , et état de surface , donnés dans un fichier d'entrée.
- Formulations dynamiques minimaliste (Advection horizontale absente)

En outre, le coût de calcul requis par le modèle est dérisoire. Ceci permet d'une part de lancer des simulations non parallélisées sur PC ordinaire, facilitant ainsi le débogage. D'autre part, il est possible de lancer un grand nombre de simulations, avec des configurations, des conditions initiales ou des forçages différents, facilitant ainsi les test de sensibilité.

3.2 Configuration du modèle MUSC

Le modèle MUSC est contrôlé uniquement à travers le fichier de contrôle habituel "fort.4". Il est activé à travers la clé LMUSLFA du bloc NAMLSFORC. Il faut en outre paramétrer le modèle pour lui permettre de s'exécuter sur un seul processeur à travers les blocs NAMPAR0 et NAMPAR1. Les coordonnées uniques, "académiques", de la colonne atmosphérique sont fixées dans le bloc NEMGEO. Un "pseudo-couplage" est enfin configuré dans les blocs, NEMELCOA, et NEMELCOB.

Listing 1. Blocs de Namelists caractéristiques du modèle MUSC

```

! ===== !
! ==== Blocs de Namelist Caracteristiques : MUSC ===== !
! ===== !
&NAMLSFORC
5  LMUSCLFA=.TRUE. ,           ! —— Activation de MUSC
/
&NAMPAR0
  NPRINTLEV=1,               ! —— ....
  LOPT_SCALAR=.TRUE. ,      ! —— Optimisation pour processeur scalaire
10  LMPOFF=.FALSE. ,        ! —— Pour 1 execution mono-processeur
  NOUTPUT=1,                ! —— Pour 1 execution mono-processeur
  NPROC=1,                  ! —— Pour 1 execution mono-processeur
  MP_TYPE=2,                ! —— ....
  MBX_SIZE=51200000,        ! —— ....
15 /
&NAMPAR1
  LEQ_REGIONS=.FALSE. ,    ! —— ....
  LSPLIT=.FALSE. ,         ! —— ....
20  LSPLITOUT=.FALSE. ,    ! —— ....
  NSTRIN=1,                ! —— Pour 1 execution mono-processeur
  NSTROUT=1,               ! —— Pour 1 execution mono-processeur
  NCOMBLEN=1638400,        ! —— ....
/
&NEMELBCOA
25  NBICOP=2,               ! —— Controle couplage pression
  NBICOT=2,                ! —— Controle couplage temperature
  NBICOU=2,                ! —— Controle couplage vent
  NECRIPL=1,               ! —— Couplage appele a t+dt
/
&NEMELBCOB
30  TEFRCL=0. ,            ! —— Intervalle entre les mise a jour des LBC
/
&NEMGEO
35  RLAT_ACAD=0.           ! —— Latitude de la colonne atmosferique
  ROLON_ACAD=0.           ! —— Longitude de la colonne atmosferique
/

```

Rapport de stage:	Branchement de la routine ECRAD dans le modèle ARPEGE		Page : 5- 12
	Auteur :	Bouzghaia Mohamed	
	Encadreur :	Yves Bouteloup	

3.3 Extraction et traitement des Résultats

Outre les fichiers historiques **ICMSH*** obtenus classiquement, Le modèle MUSC permet de produire des fichiers de diagnostic spécifiques au format **LFA** "Out.*.lfa" . Des diagnostics supplémentaires peuvent être demandés, en insérant dans une routine quelconque (**à préciser**) du code source les lignes.

Listing 2. Commande à insérer pour faire appel aux Diagnostics MUSC

```

.....
!----- Chargement des clés de contrôle MUSC
USE YOMLSFORC , ONLY : LMUSCLFA , NMUSCLFA
.....
5 !----- Chargement de l'interface permettant l'écriture des fichiers de diagnostics
#include "wrscmr.intfb.h"
.....
!----- Appel de la routine permettant l'écriture du diagnostic souhaité
IF (LMUSCLFA) ! ATTENTION: n'appeler cette routine que si MUSC est actif
10 CALL WRSCMR(NMUSCLFA, "NOM_VARIABLE", VARIABLE, DIM1, DIM2)
! Typiquement DIM1 = KPROMA, DIM2=KLEV/KLEV+1
END IF

```

La lecture des données à partir de ces fichiers peut être effectuée soit directement à l'aide du programme lfaedit, soit via la procédure "mevol" qui permet d'extraire le champ souhaité

Rapport de stage:	Branchement de la routine ECRAD dans le modèle ARPEGE		Page : 6- 12
	Auteur :	Bouzghaia Mohamed	
	Encadreur :	Yves Bouteloup	

4 Branchement de l'interface de ECRAD dans la partie "Météo-France" de la physique du projet ARP/IFS

4.1 Architecture du code

L'intervention effectuée sur le code source du projet ARP-IFS , a concerné la zone qui s'étend entre la routine "gp_model" qui gère les calculs en points de grille (et au niveau de laquelle s'effectue la bifurcation entre la physique "CEPMMT" et la physique "Météo-France") , et la routine "radiation_scheme", qui sert déjà d'interface entre le module ECRAD et le modèle IFS. L'architecture du code est représentée sur la figure-1.

Du fait de la similarité entre les arguments d'entrée et de sorties de l'interface de ECRAD , et de SRTM, il a été décidé que le branchement serait effectué au niveau de la routine "RECMWF", qui sert déjà de pont entre les codes radiatifs natifs du centre européen (SRTM et RRTM), et la physique "Météo-France".

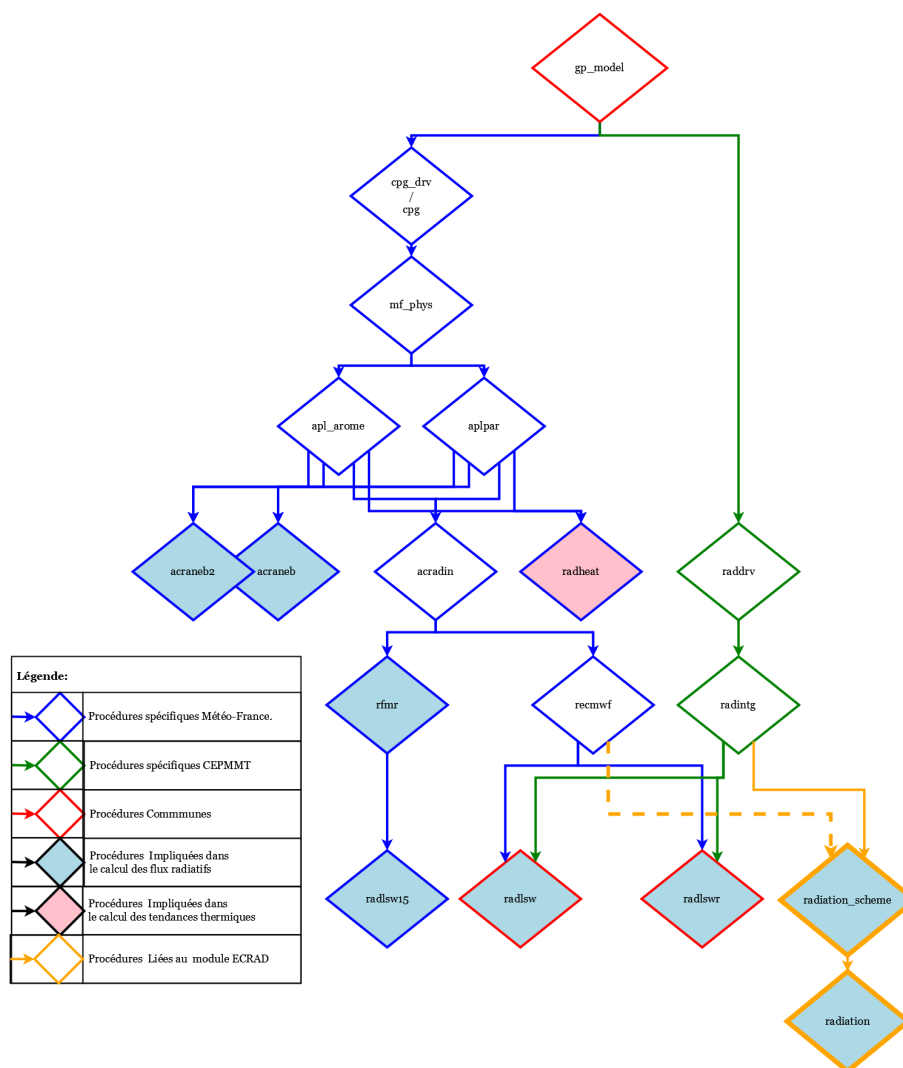


Figure 1. Interdépendance des codes impliqués dans l'appel aux routine de calcul du transfert radiatif

Rapport de stage:	Branchement de la routine ECRAD dans le modèle ARPEGE		Page : 7- 12
	Auteur :	Bouzghaia Mohamed	
	Encadreur :	Yves Bouteloup	

4.2 Appel de la procédure

Dans l'interface de rayonnement du CEPMMT (radintg) , l'activation du module ECRAD est gérée à travers la clé "LUSEPRE2017RAD" (Namelist NAERAD) qui prend la valeur "TRUE" par défaut (donnant ainsi accès soit à RRTM ou SRTM). Si cette clé est désactivée, c'est ECRAD qui est utilisé via "radiation_scheme". Ce schéma d'appel à été reproduit dans la procédure "RECMWF" en veillant à ce que ce les calculs préliminaires des argument d'entrée communs à SRTM et ECRAD, s'effectuent également lorsque ECRAD seul est activé.

Listing 3. Modifications apportées à l'interface RECMWF

```

SUBROUTINE RECMWF( ..... )
!**** *RECMWF* - METEO-FRANCE RADIATION INTERFACE TO ECMWF RADIATION SCHEME
!      PURPOSE. : SIMPLE INTERFACE TO RADLSW - RADLSWR - RADIATION_SCHEME (NO INTERPOLATION)
.....
5  !      Modifications:
.....
!      2017-09-14: M. Bouzghaia + Y. Bouteloup - Call to RADIATION_SCHEME if .NOT. YRERAD%
      LUSEPRE2017RAD
.....
10 #include "radiation_scheme.intfb.h"
IF (LSRTM .or. .not. YRERAD%LUSEPRE2017RAD ) THEN
      ZRCH4( : , : ) = RCCH4 * 16.043_JPRB / 28.970_JPRB
.....
15 ENDIF
IF (LUSEPRE2017RAD .and. LRRTM .and. LSRTM ) THEN
      CALL RADLSWR( ..... ) ! ----- 4.1.a/ CALL TO RADIATION SCHEME WITH RRTM-LW and RRTM
      -SW
ELSEIF (LUSEPRE2017RAD .and. LRRTM .and. .not. LSRTM) THEN
      CALL RADLSW( ..... ) ! ----- 4.1.b/ CALL TO RADIATION SCHEME WITH RRTM-LW ONLY
20 ELSEIF ( .not. LUSEPRE2017RAD )
      CALL RADIATION_SCHEME( & ! ----- 4.1.c/ CALL TO MODULAR RADIATION SCHEME
! ===== INPUTS =====
& IBEG , IEND , KPROMA , KLEV , IAERO , &
& RIIO , ZRMUO , PTS , PALBD , PALBP , &
& PEMIS , ZEMIW , ZCCNL , ZCCNO , , &
& PGELAM , PGEMU , PSLM , , &
& PAPRSF , PT , PAPRS , PTH , , &
& ZQ , ZRCO2 , ZRCH4 , ZRN20 , ZRN02 , &
& ZRC11 , ZRC12 , ZRC22 , ZRCL4 , ZPQ03 , &
30 & ZRCLC , ZQLWP , ZQIWP , PRR , PS , &
& ZRAER , ZPAERO , , &
! ===== OUTPUTS =====
& ZFLS , ZFLT , ZFCS , ZFCT , , &
& ZFRSOD , ZFRTED , ZPFRSODC , ZPFRTEDC , , &
35 & ZPFDIR , ZPCDIR , ZSUDU , , &
& ZUVDF , ZPARF , ZPARCF , , &
& ZTINCF , ZEMIT , , &
& ZLWDERIVATIVE , , &
& ZSWDIFFUSEBAND , ZSWDIRECTBAND , )
40 ENDIF
.....
END SUBROUTINE RECMWF

```

Rapport de stage:	Branchement de la routine ECRAD dans le modèle ARPEGE		Page : 8- 12
	Auteur :	Bouzghaia Mohamed	
	Encadreur :	Yves Bouteloup	

4.3 Configuration du schéma

La configuration du module s'effectue, d'une part à travers le bloc de namelist classique NAERAD (en particulier l'activation du schéma, et la définition de la fréquence d'appel), et d'autre part à travers un bloc spécifique optionnel RADIATION, qui permet une configuration plus fine du module.

Une namelist type permettant de reproduire la configuration par défaut du schéma est donnée dans le listing CITE)

Listing 4. Namelist reproduisant la configuration par défaut de ECRAD

```

&RADIATION
!----- General settings: -----
iverbose=1                ! Verbosity level : 0=errors, 1=warning , 2=info , .....
iverbosesetup=3          ! // : ..... 3=progress, 4=detailed, 5=debug
5  directory_name="."      ! Data files expected directory
do_clear=.T.             ! Clear-sky calculations
do_save_radiative_properties =.F. ! Saving intermediate radiative properties
do_save_spectral_flux =.F. ! Saving spectral flux profiles
10 do_save_gpoint_flux=.F. ! Saving gpoint flux
do_surface_sw_spectral_flux =.T. ! Saving surface shortwave spectral fluxes
use_aerosols=.T.         ! Aerosols Calculations
do_lw_derivatives=.T.    ! LW derivative calculation
gas_model_name='RRTMG-IFS' ! Gas models : 'Monochromatic'-'RRTMG-IFS'-'RRTMG-PSRAD'
!----- Cloud settings: -----
15 cloud_mixing_ratio_threshold=.1E-08 ! Cloud mixing-ratio threshold
cloud_inhom_decorr_scaling= .500 ! Cloud inhom decorrelation scaling
cloud_fraction_threshold= .100E-05 ! Cloud fraction threshold
use_beta_overlap= .F. ! Use "beta" overlap parameter is OFF
liquid_model_name='Slingo' ! Liq.Opt.Sch. : 'Monochromatic'-'HuStamnes'-'SOCRATES'-'Slingo'
20 ice_model_name='Fu-IFS' ! Ice.Opt.Sch. : 'Monochromatic'-'Fu-PSRAD'-'Fu-IFS'-'Baran'-'Baran2016'
do_fu_lw_ice_optics_bug=.T. ! LW ice optics bug in Fu scheme
overlap_scheme_name='Exp-Exp' ! Cloud.Ov.Sch.Avail. : 'Max-Ran'-'Exp-Ran'-'Exp-Exp'
!----- Solver settings: -----
25 lw_solver_name='McICA' ! LW solver Avail. : 'Homogeneous'-'McICA'- .....
sw_solver_name='McICA' ! SW solver Avail. : ..... - 'SPARTACUS'-'Tripleclouds'
do_sw_delta_scaling_with_gases=.T. ! Shortwave delta scaling after merge with gases
do_lw_cloud_scattering=.FALSE. ! Longwave cloud scatt.
do_lw_aerosol_scattering=.FALSE. ! Longwave aerosol scatt.
30 /
&NAERAD
!----- Primary settings: -----
LUSEPRE2017RAD=.FALSE., ! EcRad activation
35 LRRTM=.TRUE., !
LSRTM=.TRUE., !
NMCICA=1, !
NRADFR=-1, ! Frequency of the call to the full radiation routine
NSW=6, !
40 RLWINHF=0.9, !
NOVLP=1, !
NRADLP=2, ! Liq. drop. rad. : 0-ERA40 (old), 1-Zhang-Rossow, 2-Martin (1994)
!-----
/

```


Rapport de stage:	Branchement de la routine ECRAD dans le modèle ARPEGE		Page : 9- 12
	Auteur :	Bouzghaia Mohamed	
	Encadreur :	Yves Bouteloup	

5 Résultats obtenus sur MUSC

5.1 Contexte

Le modèle à simple-colonne MUSC a d'abord été testé sur un profil d'atmosphère standard tropicale ($lat = 0, lon = 0$) par ciel clair. Cela nous a permis de déboguer le branchement. Deux problèmes ont ainsi été soulevés :

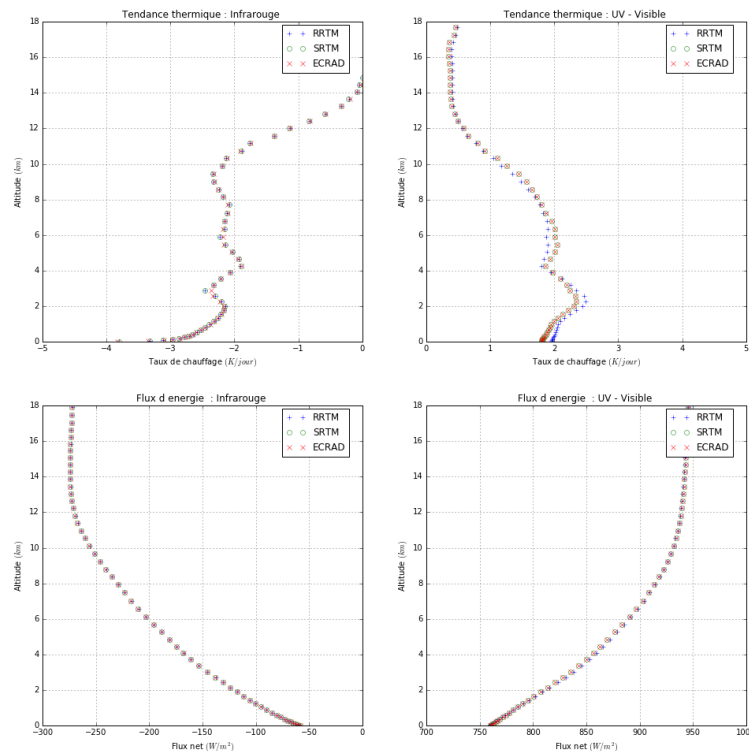
- La bibliothèque NetCDF disponible (version 4.1) sur la machine LXCNRM7 semble incompatible avec le module ECRAD qui ne parvient ni à lire ni à écrire de fichiers NetCDF. La cause exacte du problème n'ayant malheureusement pas pu être déterminée, nous recommandons l'utilisation de la bibliothèque NetCDF-Fortran 4.4 ou ultérieur.
- Un bug dans les modules YOESRT(16 – 29) communs à SRTM et à ECRAD a été détecté dans la version 44 de la suite ARP-IFS. Ce bug engendrait une surchauffe du modèle au niveau de la tropopause ($+48K/jour$). Il était lié à un décalage dans la lecture du tableau ABSA causé par une sur-allocation de mémoire qui avait été introduite temporairement pour palier à un problème de débordement de tableaux qui apparaissait dans le cycle 43. Ces deux bugs ayant été corrigés à partir de la version 45, nous ne détaillerons plus avant ce problème.

5.2 Résultats

L'inter-comparaison des profils atmosphériques de flux et de taux de chauffage (voir figure-??) des trois schémas radiatifs : RRTM, SRTM et ECRAD a montré la bonne concordance des différents schémas. Dans le domaine infrarouge, les trois schémas sont indiscernables.

Dans le domaine UV-visible, par contre, les schémas SRTM et ECRAD présentent des taux de chauffage plus importants que RRTM dans la troposphère moyenne ($8 - 4km$) et plus faibles dans la basse troposphère ($0 - 4km$). Ces écarts notables (de l'ordre de 10%) devront être examinés plus avant.

Figure 2. Profils atmosphériques obtenus avec le modèle MUSC pour une colonne atmosphérique tropicale standard



Rapport de stage:	Branchement de la routine ECRAD dans le modèle ARPEGE		Page : 10- 12
	Auteur :	Bouzghaia Mohamed	
	Encadreur :	Yves Bouteloup	

6 Résultats obtenus sur ARPEGE

6.1 Contexte

Le modèle ARPEGE a été testé sur une période de 15 jours (2017-10-01→2017-10-15) sur la machine beaufix de Météo-France. Les tests ont été lancés à travers l'interface OLIVE et gérés grâce au programme XCDP .

Les résultats du modèle-test et d'un modèle de référence (ARPEGE-OPER-CY41) ont été confrontés aux radiosondages sur trois grands domaines géographiques (NORD-20, SUD-20, TROPICALES) par le calcul des biais et des erreurs quadratiques moyennes.

Le module ECRAD a été activé dans sa configuration par défaut, différent du schéma antérieur RRTM utilisé en opérationnel dans le modèle ARPEGE , par :

- Utilisation de la partie UV-Vis. du code RRTM-G pour le calcul des propriétés optiques de l'air atmosphérique (déjà disponible dans SRTM)
- Utilisation de la nouvelle version du solveur nuageux McICA.
- Utilisation du schéma de recouvrement nuageux (EXP-EXP) .

6.2 Discussion des résultats

De manière générale les profils verticaux de biais et d'écart quadratiques moyens obtenus avec ARPEGE munie du module radiatif ECRAD sont très semblables à ceux obtenus avec ARPEGE-oper. On distingue en particulier :

- Dans la haute stratosphère (10 – 75hPa) : une zone de biais négatifs importants atteignant $-1K$, que l'on impute à un excès d'humidité dans cette zone. Ce biais systématique n'affecte pas la dynamique globale du modèle.
- Dans l'atmosphère moyenne (75 – 850hPa) : Une zone plus contrastée avec un biais faiblement positif $+0.1K$, mais des écarts quadratiques plus conséquents.
- Près de la surface ($> 850hPa$) : Une zone de biais systématiques positifs.

Le nouveau schéma conserve globalement cette structure mais tend à être globalement plus chaud ($+0.1K$ en moyenne). Notons que cet effet avait déjà été remarqué dans le modèle IFS, mais puisque ce modèle présentait un biais global négatif, cela était bénéfique à ce modèle alors qu'il est néfaste à ARPEGE. Nous imputons cela au schéma de recouvrement nuageux (EXP-EXP) qui décorrèle des couches nuageuses qui étaient juxtaposées par le schéma (MAX-RAN). Pour palier à cette dégradation, nous envisageons soit d'ajuster la longueur de décorrélacion nuageuse, soit de calibrer en conséquence le schéma de diagnostic nuageux.

Rapport de stage:	Branchement de la routine ECRAD dans le modèle ARPEGE		Page : 11- 12
	Auteur :	Bouzghaia Mohamed	
	Encadreur :	Yves Bouteloup	

7 Conclusions et Perspectives

Le branchement du module ECRAD a été réalisé avec succès. Certains doutes émergent néanmoins quant aux branchement de procédures annexes à ce module. D'abord en aval, nous pensons que les routines liées au calcul des taux de chauffage (RADHEAT) actives dans ARPEGE n'exploitent pas pleinement toutes les sorties du module ECRAD. Ensuite en amont, les routines liées aux aérosols CAMS ne sont pas actives dans ARPEGE, .

Les résultats obtenus avec ECRAD lors de ces premiers tests indiquent que le nouveau module dégrade les prévisions d'ARPEGE dans sa configuration par défaut. Néanmoins le fait que cette dégradation affecte les biais, et non les écarts-types indique que des réglages plus fins pourraient sans doute permettre d'améliorer les performances du modèle.

Il est apparu lors du travail effectué que le branchement d'une nouvelle routine dans RECMWF a complexifié d'avantage, une chaîne d'appel des routines liés au rayonnement déjà surchargée. Une réorganisation et un nettoyage ont donc été proposés aussi bien au sein de la physique AROME (APL_ AROME) que dans la physique ARPEGE/ALADIN (APLPAR).

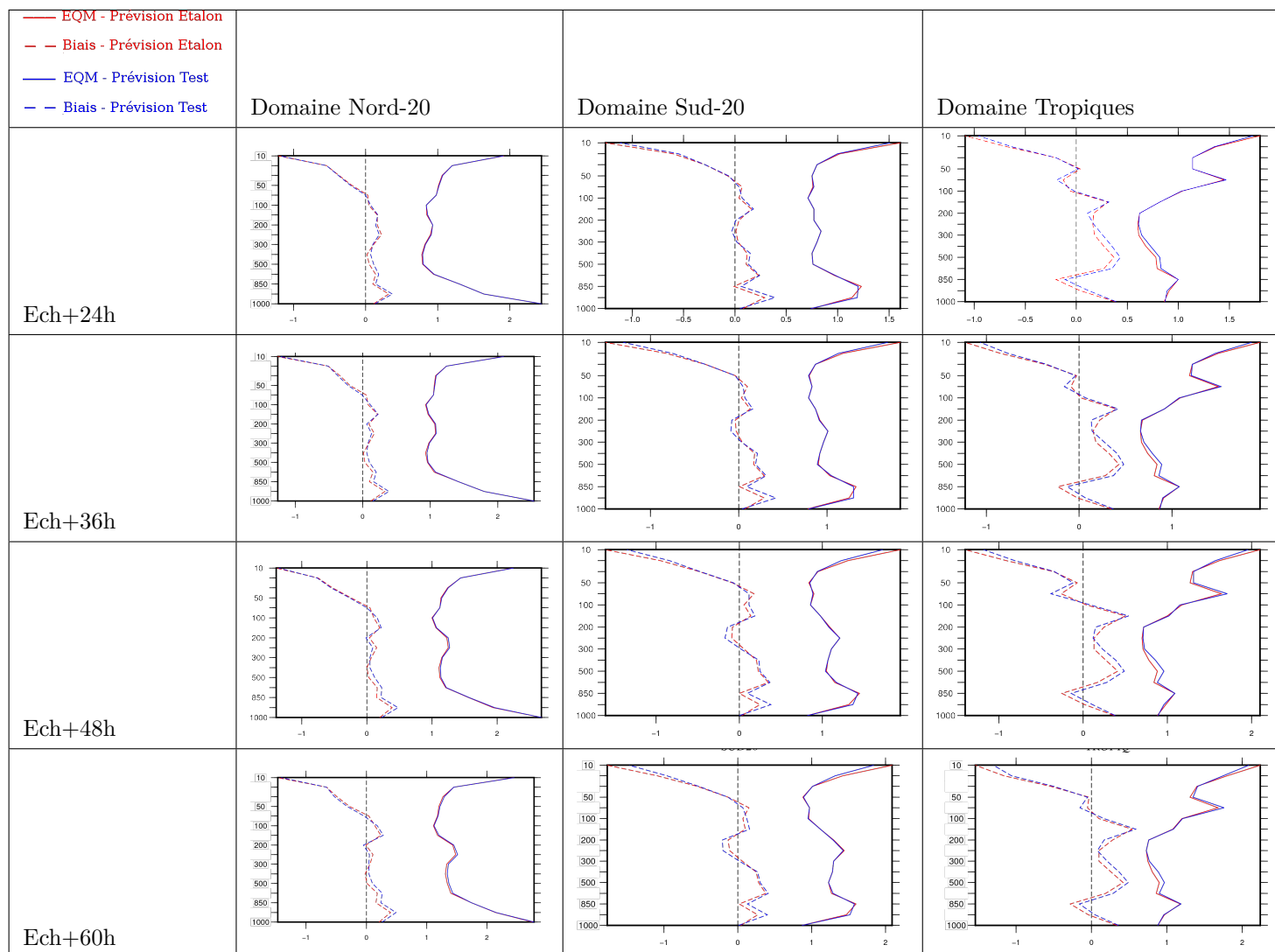


Figure 3. E.Q.M. et biais des erreurs modèles sur le paramètre Température par rapport aux radiosondages :

Période	: 2017-01-01	- 2017-01-15
Simulation étalon	: ARPEGE-cy41-oper	- Schéma radiatif RRTM
Simulation test	: ARPEGE-cy44-reprod-oper	- Schéma radiatif ECRAD

Rapport de stage:	Branchement de la routine ECRAD dans le modèle ARPEGE		Page : 12- 12
	Auteur :	Bouzghaia Mohamed	
	Encadreur :	Yves Bouteloup	

Références

- [Baran et al., 2014] Baran, A. J., Hill, P., Furtado, K., Field, P., and Manners, J. (2014). A coupled cloud physics and radiation parameterization of the bulk optical properties of cirrus and its impact on the met office unified model global atmosphere 5.0 configuration. *Journal of Climate*, 27(20) :7725–7752.
- [Benamara, 2014] Benamara, M. (2014). Branchement du code srtm (courte longueur d'onde) dans arpege dans les cycles 40-op2 et 41-bf. Technical report, Office National de la Météorologie.
- [Benamara, 2016a] Benamara, M. (2016a). Expériences avec branchement de srtm dans les modèles arpege cy42-op2 sur la machine prolix et arome cy41t1-op1 sur la machine beaufix. Technical report, Office National de la Météorologie.
- [Benamara, 2016b] Benamara, M. (2016b). Expériences avec branchement de srtm dans les modèles arpege et arome sur la nouvelle machine de météo france. Technical report, Office National de la Météorologie.
- [Fu, 1996] Fu, Q. (1996). An accurate parameterization of the solar radiative properties of cirrus clouds for climate models. *Journal of Climate*, 9(9) :2058–2082.
- [Fu et al., 1998] Fu, Q., Yang, P., and Sun, W. B. (1998). An accurate parameterization of the infrared radiative properties of cirrus clouds for climate models. *Journal of Climate*, 11(9) :2223–2237.
- [Hogan and Bozzo, 2016] Hogan, R. J. and Bozzo, A. (2016). *ECRAD : A new radiation scheme for the IFS*. European Centre for Medium-Range Weather Forecasts.
- [Hogan et al., 2016] Hogan, R. J., Schafer, S. A. K., Klinger, C., Chiu, J. C., and Mayer, B. (2016). Representing 3-d cloud radiation effects in two-stream schemes : 2. matrix formulation and broadband evaluation. *Journal of Geophysical Research : Atmospheres*, 121(14) :8583–8599. 2016JD024875.
- [Lindner and Li, 2000] Lindner, T. and Li, J. (2000). Parameterization of the optical properties for water clouds in the infrared. *Journal of Climate*, 13(10) :1797–1805.
- [Malardel, 2010] Malardel, S. (2010). Musc : (modèle unifié , simple colonne) for arpege-aladin-arome-alaro-hirlam-(ifs) (cy31t1 version). Technical report, Météo-France/CNRM.
- [Mlawer et al., 1997] Mlawer, E. J., Taubman, S. J., Brown, P. D., Iacono, M. J., and Clough, S. A. (1997). Radiative transfer for inhomogeneous atmospheres : Rrtm, a validated correlated-k model for the longwave. *Journal of Geophysical Research : Atmospheres*, 102(D14) :16663–16682.
- [Morcrette et al., 2008] Morcrette, J.-J., Barker, H. W., Cole, J. N. S., Iacono, M. J., and Pincus, R. (2008). Impact of a new radiation package, mcrad, in the ecmwf integrated forecasting system. *Monthly Weather Review*, 136(12) :4773–4798.
- [Pincus et al., 2003] Pincus, R., Barker, H. W., and Morcrette, J.-J. (2003). A fast, flexible, approximate technique for computing radiative transfer in inhomogeneous cloud fields. *Journal of Geophysical Research : Atmospheres*, 108(D13) :n/a–n/a. 4376.
- [Shonk and Hogan, 2008] Shonk, J. K. P. and Hogan, R. J. (2008). Tripleclouds : An efficient method for representing horizontal cloud inhomogeneity in 1d radiation schemes by using three regions at each height. *Journal of Climate*, 21(11) :2352–2370.
- [Slingo, 1989] Slingo, A. (1989). A gcm parameterization for the shortwave radiative properties of water clouds. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 46(10) :1419–1427.