



Projet ACCALMIE

Ateliers de Modélisation de l'Atmosphère
Toulouse, 9 mai 2023

Vincent Guidard – CNRM/GMGEC/PLASMA
vincent.guidard@meteo.fr

Le projet ACCALMIE

Approche Coordonnée pour la Chimie et les Aérosols dans Les Modèles du CNRM, Incorporés et offline



Les aérosols (et gaz) dans les modèles du CNRM

MOCAGE

- Modèle de chimie-transport, global et régional, troposphérique et stratosphérique
- Modélisation des aérosols et des gaz (émissions, transport, transformation, dépôts)

AROME et ARPEGE (Prévision Numérique du Temps – temps réel)

- Pas de modélisation de la composition atmosphérique du jour
- Utilisation de climatologies pour le schéma de rayonnement (partie prévision) et pour le modèle de transfert radiatif (partie assimilation)

CNRM-ESM et CNRM-RCSM (Modélisation climatique « système Terre »)

- Modélisation partielle des aérosols et des gaz
- Interaction avec le schéma de rayonnement

Meso-NH

- Modélisation de la composition atmosphérique dans la version Meso-NH-C

AROME-dust

- AROME avec aérosols désertiques et interaction avec le rayonnement



L'avant-projet “chimie-aérosols”

Lettre de mission de l'avant projet de CNRM/Direction

- [Suite aux notes Bouysse (2017), Maréchal (2018), Salas y Melia (2018) et Plu et Bouysse (2018),] Cela consisterait à **rassembler du code source dans une bibliothèque commune, pouvant s'interfacer dans les modèles**, pour répondre à l'ensemble des besoins identifiés.
- Il s'agirait de **piloter de façon cohérente des développements au sein de chaque modèle** d'interfaces standard couplant les aérosols avec les émissions et le dépôt, le transport (résolu et sous-maille), la microphysique nuageuse, le transfert radiatif, et la chimie gazeuse conduisant à la formation de certains aérosols. Une réflexion similaire devra inclure la chimie gazeuse, permettant d'atteindre les objectifs scientifiques de Météo-France.

Rendu de l'avant-projet le 4 novembre 2021

- Concertations de l'ensemble des collègues impliqués pendant 1 an
- Document de rendu et plan de travail avec détail des ressources humaines



Ce que l'on veut construire au cours du projet

Atmosphère

- Identifier les processus et les schémas déjà existant qui seront décrits
- Rassembler le code source de ces processus et schémas et disposer d'une interface commune entre les modèles atmosphérique et cet ensemble de code source
c'est à dire
Construire une bibliothèque de routines, incluant des interfaces vers les différents schémas dans la bibliothèque et une interface vers l'extérieur de la bibliothèque (i.e. vers les modèles appelant cette bibliothèque).
- Adapter les codes déjà existant dans les modèles atmosphériques pour qu'ils utilisent l'interface de la bibliothèque (plutôt que d'appeler directement les routines des schémas).

Surface

- Identifier les flux d'émissions et de dépôts à décrire (dynamiques, cadastres, ponctuels).
- Utilisation de la plateforme SURFEX pour héberger les développements correspondants.



Pilotage et animation du projet

Pilotage du projet

Vincent Guidard, co-pilotage Quentin Libois

Animation technique

- partie « flux à la surface » : Joaquim Arteta (avec le soutien de SURFEX/Marie Minvielle)
- partie « atmosphère » : Béatrice Josse et Pierre Nabat

Animation scientifique

- Interaction avec l'animation interne « Chimie Aérosols » du CNRM
- Des points propres au projet



Comment s'organisent les activités ?

Phases d'identification et de définition

- Pour les flux à la surface ou les schémas – processus atmosphériques, une phase d'identification et définition du travail à réaliser (choix de représentation des quantités à émettre, par exemple).

Phases de codage – développements informatiques

- Répartition par domaine d'intérêt et de compétences
Périmètre des modèles :
 - ARPEGE, ALADIN, AROME (PNT + climat), Meso-NH, MOCAGE, IFS(chimie)

Phases de validation

- De type test unitaire
- Comparaison avec l'implémentation actuelle
- Validation plus poussée de type scores



Participations internes et collaborations

CNRM

- Pour les activités de définition : CEMS, GMAP, GMEI, GMGEC, GMME
- Pour les activités de codage :
 - GMAP/ PROC
 - GMGEC/ ATMO, COMETS, MOSCA, PLASMA (dont ESM2025)
 - GMME/ PHY-NH, SURFACE
- Lien avec le projet AROBASE

Communauté Française

- LAERO, LaMP pour les activités de définition et de codage

Communauté Internationale

- Consortium ACCORD (information seulement à ce stade)
- Implication du projet sur les utilisateurs / collaborateurs des différents modèles



Phase de définition

Lancement et discussions initiales

- Réunion “flux de surface” tenue le 15 février
20 participants (18 CNRM + 1 LAERO + 1 LAMP)
- Réunion “atmosphère” tenue le 14 mars
17 participants (16 CNRM + 1 LAERO [1 LAMP empêchée])

Recensements de l'existant, inventaire des processus

- Menés par les animateurs “surface” et “atmosphère”
- Wiki confluence du projet alimenté

Construction du plan de travail de la phase de codage

- Définition plus simple pour la partie “surface” que pour la partie “atmosphère”



Phase de définition

Processus chimie/aérosols de surface dans SURFEX

Créée par ARTETA Joaquim, dernière modification par BELAMARIL Sophie le mai 03, 2022

Ce tableau vise à répertorier les différents processus chimiques de surface présents dans SURFEX, leur références, sous-options disponibles ainsi que les routines FORTRAN impactées.

Les processus en **rouge** sont absents et il faut prévoir de les ajouter.

Dépôts :

1. Pour les gaz :

Paramétrisation	Référence	Fonctionnement	Routines	Version de SURFEX
Wesely	Wesely et al, 1989	Schéma de dépôt par résistances Le calcul est fait dans chaque sous-module de SURFEX (ISBA/TEB/WATER...)	*dep*	8.1
Schéma EMEP		Schéma de dépôt par résistances Le calcul est fait dans chaque sous-module de SURFEX (ISBA/TEB/WATER...)		8.1+

2. Pour les aérosols :

Paramétrisation	Référence	Fonctionnement	Routines	Version de SURFEX
Wesely	Wesely et al, 1989	Schéma de dépôt par résistances Le calcul est fait dans chaque sous-module de SURFEX (ISBA/TEB/WATER...) Flux de moment Attention, il faut prendre en compte la granulométrie, ce qui oblige à gérer dans SURFEX la répartition (log-normal/bins)	*dep*	8.1

Émissions :

1. Lecture de cadastres :

Paramétrisation	Référence	Sous-options	Fonctionnement	Routines	Version de SURFEX
Secteurs SNAP		<ul style="list-style-type: none"> FA ASCI Netcdf 	Lecture des cadastres et écriture dans le PGD		8.1
Aggrégées		<ul style="list-style-type: none"> FA ASCI Netcdf 	Lecture des cadastres et écriture dans le PGD		8.1

2. Composés Biogéniques Volatils (BVOC) :

Paramétrisation	Référence	Sous-options	Fonctionnement	Routines	Version de SURFEX
Megan	Guenther et al,		Basé sur MEGAN v2, update à V3.1 à étudier dans un second temps	*megan*	8.1/MESO-NH



Phase de définition

Aérosols :

1. Transport et diffusion :

Processus	ARPEGE/ALADIN (climat)	MOCAGE	MESO-NH
Transport convectif	Traceurs inclus dans le schéma de convection (e.g. PCMT : ocpmt.F90)	Transport de traceurs par la convection paramétrisé selon Bechtold, 2001 (KFB.F90) BJ	Traceurs inclus dans les schémas de convection peu profonde EDKF/KAFR (shallow_mf.f90 / shallow_convection.f90 /) et profonde KAFR (convect_chem_transport.f90 , deep_convection.f90) QR PT
Diffusion turbulente	Traceurs inclus dans le schéma de turbulence : acdifv1.F90 , acdifv2.F90	Transport de traceurs par la diffusion paramétrisé selon Louis, 1979 (kfbdif.F90) BJ	Traceurs inclus dans le schéma de turbulence (variables scalaires) : turb.f90 QR PT

2. Dépôt / Sédimentation :

Processus	ARPEGE/ALADIN (climat)	MOCAGE	MESO-NH
Sédimentation	Tompkins (2005) avec calcul de la vitesse gravitationnelle selon la loi de Stokes : aer_sedimnt.F90 PN	Seinfeld and Pandis (1997) sedim.F90 JG	Calcul de la vitesse gravitationnelle et diffusivité (Seinfeld and Pandis, 1998). Puis calcul de la sédimentation par moments selon Tulet et al., 2005. Méthode par time splitting (aérosols anthropiques : ch_aer_sedimn.f90 et aer_velgrav.f90 , dust : sedim_dust.f90 et dust_velgrav.f90 , sels marins : sedim_salt.f90 et salt_velgrav.f90) PT
Lessivage	<ul style="list-style-type: none"> Dans le nuage (washout / in-cloud scavenging) : Giorgi and Chameides (1986) : aer_scauin*.F90 PN Sous le nuage (rainout / below-cloud scavenging) : Morcrette et al. (2009) : aer_scaabc.F90 PN + prise en compte de la ré-évaporation des aérosols (mêmes routines)	Giorgi and Chameides (1986) wetscav.F90 JG	Soit implicite (adaptation aux aérosols de Mari et al., 2000) dans schéma de convection (ch_convect_scavenging.f90) PT Soit explicite (CRM) avec transfert cinétique de la masse (Tulet et al., 2010). Collection selon Slin et al., 1979 (ch_aer_depos.f90 , aer_wet_dep_kmt_warm.f90) PT

3. Évolution des aérosols dans l'atmosphère :

Processus	TACTIC (ARPEGE/ALADIN en climat)	MOCAGE	MESO-NH
Coagulation, Nucléation, Condensation		Sera possible via le module SSH-Aerosols JG	Nucléation des sulfates possible avec différentes paramétrisations: Kulmala, 1998, Vehkamaki et al. 2002, Neural Maattanen et al. 2018, Ion-induced Maattanen et al. 2018 (ch_aer_kulmala.f90 , ch_aer_vehkamaki.f90 , ch_aer_maattanen_ionind.f90 , ch_aer_maattanen_neutral.f90) PT
Croissance hygroscopique	Morcrette et al. (2009) : aer_cgrowth.F90 PN	Gerber (1985) ss_growth.F90 JG	Condensation/nucléation homogène (ch_aer_growth.f90) PT

4. Chimie des aérosols :

Processus	TACTIC (ARPEGE/ALADIN en climat)	MOCAGE	MESO-NH
Formation des sulfates	Deux options : <ul style="list-style-type: none"> conversion simple SO2/SO4 selon latitude (aer_so2so4.F90) PN schéma du soufre via oxydants (aer_so2so4_v2.F90) PN 	Utilisation du modèle ISORROPIA Fountoukis and Nenes (2007) sia.F90 JG	Équilibre gaz-aérosols inorganiques avec différents schémas disponibles. (ares.f , ch_isoropia.f90 , eqsam_v03d.f90) PT
Formation des nitrates	Équilibre gaz-particules (Drugé et al. 2019) aer_no3nh4.F90 PN TD	Utilisation du modèle ISORROPIA	Équilibre gaz-aérosols inorganiques avec différents schémas disponibles. (ares.f , ch_isoropia.f90 , eqsam_v03d.f90) PT

Phase de codage – Flux de Surface

Choix de la version de SURFEX

- Choix d'une version intermédiaire pour débiter le code V8.1++
- Avantage : version incluse dans cycle PNT 48t1 (future version oper AROME ARPEGE)

Vérifications

- Bon fonctionnement de toutes les paramétrisations existantes dans cette version SURFEX
- Important pour la cohérence entre ACCALMIE et AROME-dust

Ré-écriture de l'initialisation dans SURFEX

- Ajout de la prise en compte des propriétés des aérosols et du mode de traitement
- Refonte des modes SNAP et AGGR pour la prise en compte des cadastres d'émissions statiques
- Développement d'une initialisation des scalaires chimiques plus souples
- Ajout des flux d'émissions de pollens

Second temps : ajout d'autres paramétrisations (pas oper ou pas couplées)

- Ajout des flux d'émissions de composés organiques marins, de méthane, de bio-aérosols



Page Espaces Core

ACCALMIE

 MODIFIER LES LIENS

ACCALMIE

Page d'accueil du projet ACCALMIE du CNRM

ACCALMIE : Approche Coordonnée pour la Chimie et les Aérosols dans Les Modèles du CNRM, Inline et offline

Cette page rassemble les informations du projet partagées en dehors du CNRM

Documents l'avant-projet définissant ACCALMIE

- Rappel de la lettre de mission de l'avant-projet :  [Courier_mission_chimie.pdf](#)
- Rendu de l'avant-projet :  [Avant-Projet_Chimie-Aerosols_Rendu.pdf](#)
- Plan de travail :  [ACCALMIE_PlanDeTravail.pdf](#)

Pages Thématiques

- Page thématique Flux de surface
- Page thématique Bibliothèque Aérosols Chimie



Projet ACCALMIE – Synthèse

Approche Coordonnée pour la Chimie et les Aérosols dans Les Modèles du CNRM, Incore et offline

- Construire un cadre coordonné pour la modélisation de la chimie gazeuse et des aérosols dans les différents modèles utilisés au CNRM :
 - ARPEGE, ALADIN, AROME (PNT + climat), Meso-NH, MOCAGE, IFS(chimie)
- Flux de surface (émissions dépôts) codés dans SURFEX
- Une bibliothèque Aérosols Chimie (qui rassemble tous les schémas utilisés au CNRM)
Dépôt sous licence CECILL-C
- Des interfaces dans les modèles pour appeler la bibliothèque Aérosols Chimie et permettre les interactions avec les processus météo (rayonnement, microphysique)
- Livraison du prototype au premier semestre 2024
Chemin vers l'opérationnel à discuter (quels modules activer dans quels modèles)



Après la fin du projet

Structure transverse dédiée pérenne

- Pour la gestion scientifique et technique de la bibliothèque et de l'interface
- Pour interaction avec la structure SURFEX
- Pour interaction avec la coordination IFS-ARPEGE, le consortium ACCORD et la communauté Meso-NH

Adresser ce qui ne l'a pas été pendant le projet

- Par exemple, l'assimilation de données dans ces modèles avec chimie en ligne

Animation scientifique

- Interne CNRM : groupe thématique transverse Chimie Aérosols continuera
- Régionale (inclusion dans un axe de l'OMP ?) et Nationale (lien avec LEFE CHAT ?)

Transfert vers l'opérationnel

- Identifier les opportunités de transfert : AROME-dust en première ligne !





Projet ACCALMIE

Ateliers de Modélisation de l'Atmosphère
Toulouse, 9 mai 2023

Vincent Guidard – CNRM/GMGEC/PLASMA
vincent.guidard@meteo.fr