

## Principaux transferts du CNRM vers l'opérationnel sur la période 2003-2013

### Remarques :

Les transferts d'applications s'étalent souvent sur plus d'une année : transfert d'expertise, mise au point de l'environnement, période d'expérimentation, ... avant la déclaration opérationnelle. Pour les montées de niveau de la chaîne opérationnelle, les années peuvent changer selon que l'on considère le passage opérationnel ou la date de fourniture des modifications pour l'évaluation préalable. Ces incertitudes sont à prendre en compte dans l'exploitation du document. Il faut également savoir que le calendrier des montées de niveau de la chaîne opérationnelle est régulièrement ralenti par des évolutions majeures du centre de calcul.

*en bleu, les actions liées à la chaîne de prévision numérique du temps (PNT) opérationnelle (ARPEGE, ALADIN, puis PEARP, AROME, ...)*

*en noir, les actions liées à d'autres modèles opérationnels développés au ou en partenariat avec le CNRM*

*en vert les transferts concernant les systèmes d'observation (en plus des contributions de fond à l'observation de la couverture neigeuse et l'observation en mer et des participations à des groupes d'experts internationaux)*

*en rouge d'autres types de transferts (d'application ou d'expertise)*

### 2003 :

- modifications de la physique, dans ARPEGE et ALADIN-France
- augmentation de résolution horizontale et réduction de l'étirement dans ARPEGE
- assimilation des radiances HIRS dans ARPEGE
- portage opérationnel de l'analyse SAFRAN, étendue à toute la France
- mise en place d'une première version de la chaîne SIR (SAFRAN-ISBA-Routes) de prévision de l'état des chaussées
- comparaison des observations d'humidité issues de différents systèmes (radiosondages, GPS sol, satellite)

### 2004 :

- modifications de la physique (rayonnement et surface) dans ARPEGE et ALADIN
- passage opérationnel de la PEARP (prévision d'ensemble ARPEGE)
- assimilation des radiances AMSU-B et des données Quikscat dans ARPEGE
- mise en place, en mode expérimental, de PERLE, modèle de dispersion à courte distance utilisant MesoNH (avec un passage opérationnel en 2006)
- passage opérationnel de la partie SAFRAN-ISBA de la chaîne SIM (pour l'analyse de l'humidité du sol et la prévisions des débits)
- mise en place d'une chaîne COBEL expérimentale sur Roissy (prévision du risque de brouillard)
- prévision saisonnière : début du fonctionnement opérationnel de la version avec ARPEGE-Climat couplé à ORCA, utilisant les réanalyses Mercator, dans "EUROSIP-1"
- installation au Maroc d'une version "forcée" de la chaîne de prévision saisonnière, avec passage opérationnel en 2005
- installation au Tunisie d'une version "forcée" de la chaîne de prévision saisonnière, avec passage opérationnel en 2006
- clôture et transfert à la Direction des Systèmes d'Observation de l'action RETIC J98-b "Analyse des précipitations; estimation en temps réel des cumuls horaires spatialisés des précipitations à partir des données pluviométriques et radar", qui a conduit à la mise en place opérationnelle de l'application Antilope en 2006 (après de nouveaux développements)

## 2005 :

- assimilation des radiances AMSU-A et des observations du réseau de surface RADOME
- mise en place d'ARPEGE sur cut-off très court à 0hTU, avec assimilation 3D-FGAT
- mise en place de l'assimilation 3DVAR dans le modèle ALADIN-France
- passage opérationnel de l'application CTPIni (méthode de correction par les prévisionnistes des conditions initiales d'ARPEGE) après quelques années d'expérimentation à la Direction de la Prévision
- passage opérationnel de MOCAGE dans sa configuration "qualité de l'air"
- amélioration de l'initialisation puis passage opérationnel de SIR
- mise en place de l'outil MesoNH-application à la Direction de la Production, pour des études ou l'assistance aux armées
- transfert à la Direction de la Prévision et montée de niveau de COBEL
- prévision saisonnière : montée de niveau d'ARPEGE-Climat et changement des réanalyses Mercator, dans EUROSIP-2
- évaluation du système T-AMDAR (mesures d'humidité sur avions de ligne) par SAFIRE

## 2006 :

- passage de 41 à 46 niveaux verticaux; changements majeurs dans la physique (micro-physique explicite, rayonnement RRTM), assimilation de nouvelles données satellite, contrôle de qualité variationnel sur les observations
- assimilation des données SSMI , GPS terrestres, AIRS, meilleure utilisation des données des profileurs de vent; améliorations de l'algorithme d'assimilation ARPEGE
- mise en place d'ALADIN-Réunion (avec utilisation de bogus de vent dans l'assimilation)
- montée de niveau de MOCAGE : modifications du modèle (lessivage, émissions), du post-traitement, du cadastre d'émissions global
- analyse commune avec la DSO des problèmes du profileur (radar UHF) de Nice
- soutien à la définition d'un format de codage pour les données radar (sur 2006-2007)

## 2007 :

- assimilation des données GPS satellites, de premières données de METOP, ...
- montée de niveau de MOCAGE dans sa configuration "qualité de l'air" (v4) : introduction des poussières désertiques, augmentation de résolution sur le globe (passage à 2°), correction d'une dérive sur l'ozone stratosphérique, ...
- mise en place d'un fonctionnement semi-opérationnel de MOCAGE dans une configuration "accident inverse" (pour retrouver les origines possibles d'une pollution), avec réponse à plusieurs demandes par an par la suite
- passage opérationnel de la chaîne de prévision du risque d'avalanches développée dans le cadre du projet DOLMEN, incluant notamment la suite SAFRAN-CROCUS-MEPRA (SCM)
- soutien à la mise en place d'une collaboration avec l'IGN pour l'exploitation des données GPS sol
- contribution à l'analyse des problèmes de perturbation du signal radar par les éoliennes
- clôture et transfert à la Direction de la Production de l'action RETIC "Zonage de vents cycloniques" (spatialisation des vents forts à partir de simulations Meso-NH pour apporter une aide à la rédaction des rapports CATNAT)

## 2008 :

- augmentation de résolutions horizontale dans ARPEGE, verticale (de 46 à 60 niveaux) dans ARPEGE et ALADIN (France et Réunion); débiaisage variationnel des observations

- amélioration de l'initialisation de la PEARP
- assimilation des données IASI et AIRS, des données micro-ondes sur terre; mise en place pré-opérationnelle d'un ensemble d'assimilation; améliorations de la physique (effets du relief, turbulence)
- passage opérationnel d'AROME (haute résolution, non hydrostatique, nouvelle physique, assimilation de données radar ...)
- transfert à la Direction de la Climatologie de la prévision d'ensemble à moyenne échéance SIM, avec fonctionnement en mode expérimental
- mise en place à la Direction de la Prévision d'une prévision d'ensemble du brouillard basée sur COBEL, en mode expérimental
- prévision saisonnière : augmentation de la résolution verticale d'ARPEGE-Climat (de 31 à 91 niveaux), dans EUROSIP-3
- contribution à la mise au point d'une mosaïque tridimensionnelle opérationnelle de vent et de réflectivité radar (2008-2009)
- installation au Maroc d'une nouvelle version de la chaîne de prévision saisonnière, avec une version plus récente du modèle et en mode couplé
- installation en Tunisie d'une nouvelle version de la chaîne de prévision saisonnière, avec une grille étirée et une plus forte résolution sur la Méditerranée
- formation d'un premier bureau d'études régional sur MesoNH et TEB pour des travaux de recherche en météorologie urbaine
- premières formations des bureaux d'études régionaux sur ALADIN, AROME et OLIVE, dans le cadre de l'action RETIC B95+

## 2009 :

- modifications de la physique (turbulence, convection non précipitante, flux océan/atmosphère) dans ARPEGE et ALADIN
- assimilation de plus de données de sondes hyperspectraux; mise en place d'une analyse de surface dans les modèles ALADIN (dont la résolution horizontale augmente)
- montée de niveau des analyses diagnostiques basées sur ALADIN (passage au 3D-Var)
- contribution à l'expérimentation DTS (fourniture aux prévisionnistes d'outils d'aide à la décision pour l'activation de nouveaux systèmes d'observation)
- mise en place d'une seconde version de la PEARP avec utilisation de l'ensemble d'assimilation, nouveaux vecteurs singuliers, passage à 35 membres, utilisation de 8 physiques choisies aléatoirement
- montée de niveau MOCAGE dans sa configuration "qualité de l'air" : amélioration du forçage, extension du domaine "Europe", utilisation de nouveaux cadastres d'émissions
- mise en place pré-opérationnelle de MOCAGE dans sa configuration "accident" (transport à grande échelle de rejets radioactifs ou de cendres volcaniques) pour évaluation
- mise en place avec la Direction de la Climatologie d'une version de SIM adaptée à la caractérisation des sécheresses géotechniques
- montée de niveau de PERLE suite au passage à une version plus récente de MesoNH
- contribution à la campagne Nice 2009 (évaluation de l'apport d'un lidar pour la détection des cisaillements de vent)
- évaluation de l'apport d'un sodar pour la prévision du brouillard en vue d'une mise en place opérationnelle (démarrage de l'action)
- démarrage d'un transfert d'expertise et d'outils vers la Direction des Systèmes d'Observation pour la qualification du biais en humidité des radiosondages français, après la réalisation d'une action similaire sur les radiosondages AMMA en 2008
- implication dans le projet RYTHMME (2009-2013) qui vise à améliorer la couverture des Alpes par observation radar et la prévision des précipitations sur cette région
- première utilisation d'AROME-Chimie en bureau d'études, avec le soutien du CNRM

## 2010 :

- portage de l'assimilation d'ensemble ARPEGE sur la chaîne opérationnelle (après un fonctionnement sous supervision du CNRM)
- amélioration des résolutions horizontale et verticale (passage à 70 niveaux) d'ARPEGE et ALADIN; extension de domaine et passage à 60 niveaux verticaux plus concentrés dans les basses couches pour AROME
- extension de l'utilisation des données satellites dans ARPEGE (triplément du nombre de données) et ALADIN; assimilation des réflectivités radar et mise en place d'une analyse de surface dans AROME
- mise en place de nouvelles configurations d'ALADIN, avec couplage à SURFEX, sur les Antilles-Guyane, la Nouvelle-Calédonie et la Polynésie Française
- augmentation de résolution, horizontale et verticale, de la PEARP et amélioration de la modélisation des erreurs liées aux conditions initiales (pour la prévision cyclonique notamment) et au modèle
- démarrage du projet Vortex qui doit fournir une boîte à outils commune pour la mise au point des scripts côté recherche et côté opérationnel, et faciliter ainsi les transferts
- passage opérationnel de MOCAGE dans sa configuration "accident" après validation par la Direction de la Prévision
- amélioration de MOCAGE dans sa configuration "qualité de l'air" avec l'introduction de nouveaux aérosols (PM10, PM2.5, carbone-suie, sels marins)
- extensions de l'utilisation d'AROME : pour le transport de polluants à échelle fine (mise en place d'une nouvelle configuration de PERLE) et pour le forçage du modèle de prévision de l'état des routes
- implication dans les campagnes d'observation lancées après l'éruption du volcan Eyjafjöll
- prise en compte dans le logiciel de transfert radiatif RTTOV d'Eumetsat (v10) de l'atlas d'émissivité micro-ondes développé au CNRM
- adaptation, par la Direction de la Production, d'un logiciel de visualisation par interface web des prévisions ARPEGE utilisé en mode recherche, pour consultation par les prévisionnistes en astreinte
- utilisation dans l'exploitation des prévisions d'ensemble ARPEGE d'une classification par type de temps permettant d'identifier les situations où le risque d'événements "cévenols" (précipitations intenses sur le Sud du Massif Central) est élevé; mise en place également d'un classement des prévisions selon les régimes de temps atlantiques
- transfert du volet "chaîne de descente d'échelle dynamique basée sur les modèles opérationnels" (ALADIN, AROME, SURFEX et OLIVE) de l'action RETIC B95+ vers la Direction de la Production (qui l'utilise notamment pour des prestations aux armées et la met à disposition des bureaux d'études régionaux)
- clôture et transfert vers la Direction de la Climatologie de l'action RETIC "Impact des changements climatiques à l'échelle régionale", visant à mettre à disposition des bureaux d'études données, outils et expertise leur permettant de répondre aux demandes extérieures sur ce sujet. Le projet DRIAS, impliquant le CNRM et la Direction de la Climatologie, prend le relais pour la mise à disposition de données de simulations climatiques.

## 2011 :

- changements dans les paramétrisations physiques ARPEGE/ALADIN (convection profonde notamment) et AROME (nébulosité); amélioration des diagnostics (rafales, grêle, champs pour l'aéronautique)
- amélioration du traitement de plusieurs types d'observations, prise en compte de nouvelles données
- extension du couplage d'ALADIN à SURFEX, avec prise en compte de l'analyse de surface
- amélioration de MOCAGE version "qualité de l'air", avec des améliorations du traitement des oxydes d'azote et l'utilisation d'un nouveau jeu d'émissions, puis mise en place en fin d'année d'un forçage par les champs d'altitude AROME, ramenés à 0.1° de résolution, sur le domaine France pour les 24 premières heures de prévision
- démarrage du transfert vers l'opérationnel d'une chaîne de prévision de la qualité de l'air multi-modèles régionale, dans le cadre du projet européen MACC (composant de GMES)

- fin du projet CLIMSEC, sur l'impact du changement climatique en France sur la sécheresse et l'eau du sol, intégrant une réanalyse de l'humidité du sol sur 50 ans et des projections, basées sur la chaîne SIM
- exploitation opérationnelle dans le cadre du projet européen Geoland (composant de GMES) des algorithmes de "végétation interactive" développés au CNRM
- mise à disposition d'une climatologie de l'enneigement et du risque d'avalanches dans les Alpes et les Pyrénées (réalisation basée sur la chaîne SCM)
  - contribution à une expérimentation visant à évaluer le risque de vents forts, à échelle très fine, sur aéroport (mesures in-situ et simulation en veine hydraulique)
  - fourniture à Eumetsat de chaînes de calcul d'albédos et de flux de rayonnement solaire visible (contribution au SAF LSA), ainsi que des résultats d'une comparaison de données des satellites ASCAT et SMOS avec des résultats de simulations et des mesures in-situ
  - mise à disposition sous licence libre et exploitation opérationnelle du logiciel MAWSbin de compression/décompression des données d'observation "marines" (bouées, navires) pour envoi sur le SMT
- contribution à l'amélioration des algorithmes d'optimisation de trajectoires et de régulation du trafic aérien
- démarrage d'une nouvelle étude sur le climat urbain pilotée par un bureau d'études régional avec le soutien du CNRM
- mise à disposition des données issues des simulations climatiques réalisées dans le cadre du projet SCAMPEI
- clôture du projet PréviProb, qui a permis un transfert d'expertise du CNRM vers les autres services sur l'utilisation des prévisions probabilistes
- clôture de l'action RETIC "Prévision immédiate des pluies à échelle fine", visant à aider la Direction de la Prévision à rénover les méthodes de prévision des précipitations à quelques heures d'échéance (analyse bibliographique, mise en place d'un groupe de travail avec plusieurs experts du CNRM pour faire des propositions et définir un plan d'action)
- clôture de l'action RETIC "B95+", après la mise au point en collaboration avec la Direction de la Climatologie d'un guide méthodologique pour la réalisation de classifications par types de temps
- création d'ATIS (Action Transverse en Ingénierie Stochastique), qui vise à promouvoir les méthodes d'ingénierie stochastique et statistique au sein du CNRM mais aussi des autres services

## 2012 :

- prise en compte de l'erreur modèle dans l'assimilation d'ensemble ARPEGE; amélioration du système d'assimilation de données à cut-off très court de 00 TU
- améliorations de l'utilisation des observations : meilleure spécification des erreurs, utilisation de nouvelles radiances en conditions nuageuses, ...
- amélioration des paramétrisations physiques (convection, rafales, ...) d'ARPEGE/ALADIN et AROME; utilisation de données de surface à plus haute résolution pour AROME (relief et type de sol)
- passage opérationnel de MOCAGE en mode "accident inverse"
- amélioration de l'analyse opérationnelle "SAFRAN nivologie" de nébulosité par la prise en compte de la classification nuageuse issue des images des satellites METOP et NOAA.
- mise en place au centre météorologique de l'Isère d'une chaîne de prévision du risque d'avalanche pré-opérationnelle incluant le transport de neige par le vent
- prévision saisonnière : passage à la version 4 dans EUROSIP, avec une résolution horizontale plus élevée, plus de membres, des versions des modèles améliorées
- implication dans la définition de nouveaux systèmes d'observation opérationnels (réseau de lidars "aérosols", observation par télédétection sol, observation sur aéroports)
- participation au projet HYPATIE pour la mise au point d'un capteur faible humidité afin de définir les zones propices à la création des traînées de condensation (utilisation de capteurs tels que WVSSII et CR2) (sur 2012 et 2013)

- contribution à l'amélioration des algorithmes du SAF LSA (surfaces continentales); début d'implication dans le SAF H (soutien à l'hydrologie opérationnelle)
- fin du projet DRIAS "Donner accès aux scénarios climatiques régionalisés français pour l'impact et l'adaptation"
- prise en main par un bureau d'études régional du modèle ALADIN-Climat pour l'étude du changement climatique aux Antilles
- prise en main par la Direction de la Prévision de l'outil DFS (Degree of Freedom for Signal) permettant d'évaluer l'apport relatif des différents types d'observations utilisées dans les modèles
- mise en place d'un cycle de formation "Probabilités et introduction à l'ingénierie stochastique"
- action de soutien RETIC : documentation des principaux outils de simulation à des résolutions horizontales hectométriques ou décamétriques
- recensement des principaux logiciels développés à Météo-France; choix d'une licence libre pour des codes du CNRM

### 2013 :

- formulation en ondelettes des statistiques d'erreur d'ébauche pour ARPEGE, réglage des équations de balance dans ALADIN
- augmentation du nombre de types d'observations utilisées dans l'assimilation ARPEGE
- améliorations diverses des modèles (relief et masque terre-mer pour les modèles à domaine limité, réglages de la physique, ...)
- analyse de la faisabilité d'une chaîne d'assimilation à domaine limité projetable rapidement
- améliorations de MOCAGE (émissions, forçages météorologiques, optimisations)
- passage opérationnel dernier maillon de la chaîne SIM, MODCOU, pour la prévision des débits
- mise en place pré-opérationnelle de la nouvelle chaîne de prévision du risque d'avalanche, SAFRAN-SURFEX-MEPRA (nouveau modèle pour la surface, nouvel environnement)
- passage opérationnel d'une chaîne de prévision de l'état des chaussées prenant en compte une modélisation fine du couvert neigeux
- transfert d'expertise sur les lidars vers la Direction des Systèmes d'Observations
- transfert de compétences sur le réseau SMOSMANIA de mesures de température et humidité dans le sol, avant un transfert de responsabilité vers la Direction des Systèmes d'Observations
- contribution à la validation des produits "Copernicus Global Land Service" (propriétés radiatives du sol et de la végétation)
- contribution aux SAF LSA et H d'Eumetsat
- exploitation par la Direction de la Prévision de l'outil DDH (diagnostics par domaines horizontaux, développé au départ pour l'évaluation des jeux de paramétrisations physiques) pour le calcul de scores OMM
- première exploitation de la prévision d'ensemble ARPEGE (avec utilisation d'une nouvelle "réanalyse" de surface globale) pour une analyse du risque de submersion sur des tempêtes passées (projet VIMERS)
- participations aux ateliers "concepts et méthodes" destinés à améliorer la formation des prévisionnistes
- exploitation du modèle de lac FLAKE dans des simulations, avec MesoNH, de l'impact d'une retenue d'eau (réalisées par un bureau d'études régional)
- contribution à la consolidation de la plateforme DRIAS; soutien à la Direction de la Production pour la réalisation de simulations globales "à climat constant"