



agence d'évaluation de la recherche
et de l'enseignement supérieur

Section des Unités de recherche

Rapport de l'AERES sur l'unité :
Groupe d'études de l'atmosphère Météorologique
(GAME)
sous tutelle de l'établissement :
Météo-France
et de l'organisme :
CNRS



février 2012



Unité

Nom de l'unité :	Groupe d'études de l'atmosphère météorologique
Acronyme de l'unité :	GAME
Label demandé :	URA
N° actuel :	1357
Nom du directeur (2009-2012) :	M. Philippe BOUGEAULT
Nom du porteur de projet (2013-2017) :	M. Philippe BOUGEAULT

Membres du comité d'experts

Présidente :	M ^{me} Danièle HAUSER, Guyancourt
Experts :	M. Yves BARBIN, Toulon
	M. Claude BASDEVANT, Paris
	M. André BERGER, Louvain la Neuve, Belgique
	M. Gilbert BRUNET, Montréal, Canada
	M. François-Marie BREON, Gif sur Yvette
	M. Jean-Dominique CREUTIN, Grenoble
	M. Christophe GENTHON, Grenoble (Représentant du CoCNRS)
	M. Mathias ROTACH, Innsbruck, Autriche
	M. Pascal YIOU, Gif sur Yvette



Représentants présents lors de la visite

Délégué scientifique représentant de l'AERES :

M. Daniel GUEDALIA

Représentant(s) des établissements et organismes tutelles de l'unité :

M^{me} Sophie GODIN-BEEKMANN, CNRS

M. Christophe MAOCEC, Météo-France

Observateur :

M. Remy ROCA, commission évaluation des chercheurs de Météo-France



Rapport

1 • Introduction

Date et déroulement de la visite :

La visite s'est déroulée du 27 au 28 février 2012 dans les locaux du GAME/CNRM à Toulouse. La première journée a été consacrée aux exposés de bilan (bilan général par la direction du GAME, et bilan de chaque équipe présenté par les responsables d'équipe), aux exposés de prospective (prospective générale présentée par le Directeur de l'unité et trois exposés sur des actions prospectives, (présentées par de jeunes chercheurs) et enfin à deux circuits de visite devant posters et équipements expérimentaux du GAME. Le comité a fortement apprécié la qualité des présentations orales et des posters. Au cours de cette journée, à peu près un tiers du temps a été consacré à des interactions directes entre le comité et les membres de l'unité (questions/réponses après exposés ou lors des visites devant posters et équipements, discussions informelles aux pauses).

La deuxième journée a été consacrée d'une part aux entretiens avec le personnel (successivement doctorants, chercheurs, ITAs), d'autre part à un entretien avec les représentants des tutelles, puis avec le directeur de l'unité, et enfin au travail de synthèse du comité pour préparer la rédaction du rapport.

Le comité tient à remercier l'ensemble des personnels pour l'excellente organisation matérielle de cette visite, pour la qualité des documents fournis avant la visite, et pour la qualité des présentations. Le comité a particulièrement apprécié la bonne complémentarité des illustrations de résultats fournis dans les documents écrits, les exposés et sur les posters.

Historique et localisation géographique de l'unité et description synthétique de son domaine et de ses activités :

Le GAME (Groupe d'étude de l'Atmosphère Météorologique, URA 1357) est la partie du Centre de Recherche de l'établissement EPA Météo-France (CNRM) qui est associée au CNRS. Cette association qui remonte à 23 ans, a été mise en place quelques années après l'installation du CNRM sur le site de la « Météopole » de Toulouse, laquelle regroupe aujourd'hui la plupart des services de Météo-France (prévision, climatologie, services techniques,...), ainsi que des entités de recherche et développement externes à Météo-France entretenant des liens étroits avec cet établissement (SHAPI, CERFACS, GIP Mercator). Une équipe du GAME (le Centre d'Etude de la Neige) est localisée à Grenoble sur le campus universitaire de Saint-Martin-d'Hères.

Les domaines d'activité du GAME concernent la recherche sur les phénomènes et processus atmosphériques et leur représentation numérique, avec comme objectifs généraux, l'amélioration de la prévision du temps, l'étude de la variabilité du climat et du changement climatique et ses impacts, et la prévision saisonnière.

Equipe de Direction :

La direction du GAME est assurée par M. Philippe BOUGEAULT qui a succédé à M. Eric BRUN le 1^{er} avril 2009. Le directeur s'entoure de trois directeurs adjoints dont deux à Toulouse et un à Paris sur le site de la Direction de Météo-France. Le directeur est également le directeur de la recherche de Météo-France.



Effectifs de l'unité :

Effectifs	Nombre au 30/06/2011	Nombre au 01/01/2013	2013-2017 Nombre de produisants du projet **
N1 : Enseignants-chercheurs	0		
N2 : Chercheurs des EPST ou EPIC	75	79	75
N3 : Autres enseignants-chercheurs et chercheurs	26	29	29
N4 : techniciens et personnels administratifs titulaires*	137	139	
N5 : Ingénieurs, techniciens et personnels administratifs non titulaires*	19		
N6 : Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	15		
N7 : Doctorants	31		
N8 : Thèses soutenues	58		
N9 : Nombre d'HDR soutenues	9		
N10 : Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	22		
TOTAL N1 à N7	303	247	104

* Si différent, indiquer entre parenthèses les ETP correspondants.

** Nombre de producteurs de la période [1^{er} janvier 2007-30 juin 2011] et qui seront présents en 2013-2017.



2 • Appréciation sur l'unité

Avis global sur l'unité :

Le GAME développe une activité de recherche qui est en grande partie guidée par les objectifs généraux de Météo-France et qui font partie du contrat d'objectifs signé avec le Ministère de tutelle. Les besoins prioritaires sont liés à la prévision opérationnelle du temps. Depuis quelques années les besoins institutionnels exprimés s'étendent aux problématiques liées au changement climatique (plan d'adaptation au changement climatique, services climatiques). L'activité de recherche présente néanmoins un bon équilibre entre la recherche cognitive amont et la recherche finalisée guidée par la demande institutionnelle. Les approches choisies, sont majoritairement tournées vers les outils de modélisation numérique mais pour autant le GAME développe de fortes compétences dans le domaine de l'observation (par exemple, la participation à des grandes campagnes de terrain, neige, microphysique des nuages), et sur les méthodes d'utilisation d'observation pour la prévision (assimilation de données).

La production scientifique en termes de publications est de 475 articles dans des revues à comité de lecture sur la période 2007-2010, soit une moyenne de 1,8 publications par chercheur et par an, ce qui est très satisfaisant. Il faut insister sur l'augmentation continue du nombre de publications au cours des quatre années écoulées, passant d'environ 92 publications en 2007 à 149 en 2010, répondant ainsi à une recommandation de la précédente évaluation AERES. Le taux de publiants est bon (71 sur 75), mais il faut pondérer cette appréciation par le fait que les agents Météo-France ont la possibilité de changer tous les trois ans de catégorie de fonction entre celle des chercheurs ou celle des ingénieurs, seuls les chercheurs étant évalués sur leurs publications.

Sous l'impulsion des deux directeurs successifs, un gros effort a été porté sur les soutenances d'habilitations à diriger des recherches (7 soutenances HDR de 2007 à 2010).

Une partie importante de la production du GAME concerne le transfert et la maintenance évolutive de chaînes de codes numériques pour les activités opérationnelles de Météo-France (prévision du temps). Les travaux du GAME contribuent ainsi à la très bonne performance du système de prévision de Météo-France.

Le GAME est très bien inséré dans la communauté de recherche nationale et internationale grâce à sa participation à de nombreux programmes de recherche et aux exercices de prospective nationale en sciences de l'atmosphère, de l'océan et du climat. Un grand nombre de chercheurs du GAME développent des collaborations fructueuses avec des équipes de recherche externes (en France et à l'étranger). La visibilité et le rayonnement du GAME sont très importants. Il s'agit d'une des unités françaises les plus importantes numériquement en sciences de l'atmosphère et du climat. Sa production et son implication dans de grands programmes nationaux et internationaux contribuent à son rayonnement : le GAME est leader dans des programmes de coopération internationales ou nationales (tels que les programmes AMMA, HYMEX, le consortium Aladin, le volet qualité de l'air du programme GMES-Atmosphère, l'infrastructure EUFAR de moyens de mesures aéroportés) ; il a de nombreux échanges et collaborations avec le Centre Européen de Prévision Météorologique à Moyen Terme de Reading (CEPMMT) ; il contribue de façon importante aux travaux du GIEC (simulations numériques du climat dans le cadre des exercices « imposés », lecteur/rédacteur de rapports pour le GIEC).



Points forts et opportunités :

- Expertise internationalement reconnue dans le domaine de la modélisation numérique et des techniques d'assimilation de données pour la prévision du temps (modèles ARPEGE, ALADIN, AROME) et pour les études de processus dans l'atmosphère (modèle Méso-NH). Apport indéniable à l'amélioration de la qualité de la prévision météorologique française et européenne ;
- contribution aux exercices du GIEC qui traduit la reconnaissance du GAME comme expert sur le changement climatique en France;
- complémentarité des expertises sur les différents compartiments du système Terre (atmosphère dynamique, atmosphère nuageuse, chimie de l'atmosphère, surfaces continentales, surface et couche mélangée océanique) ;
- capacités à proposer et coordonner de grands programmes d'étude de l'atmosphère à l'échelle régionale et à participer aux campagnes de terrain, en support à une large communauté ;
- originalité ou unicité de certains travaux (notamment étude du manteau neigeux, nouveau thème sur les méthodes statistiques de détection et attribution du changement climatique, travaux amont sur les approches stochastiques utilisées pour la prévision) ;
- un soutien marqué des tutelles en terme de ressources humaines : au cours des quatre années écoulées, on constate une augmentation des effectifs de chercheurs de 7 (4 CNRS et 3 Météo-France), une augmentation des effectifs ITAs de 10 (2 CNRS et 8 Météo-France) et un ratio important d'ITA/chercheur permanents (moyenne de 2,1) qui se justifie en grande partie par les missions du GAME de transfert vers l'opérationnel (équipes GMAP et CEN en particulier) ou des activités de soutien (GMEI) ;
- des ressources de calcul importantes.

Points à améliorer et risques :

Un risque, identifié par le GAME lui-même, porte sur les possibles difficultés techniques et le manque de ressources humaines pour adapter les codes numériques existants à l'environnement des machines massivement parallèles qui va se généraliser dans les prochaines années. Dans ce contexte, le comité recommande que le GAME examine plus attentivement les bénéfices et risques à conserver toute la palette de modèles numériques actuels.

Malgré une bonne progression ces dernières années, le taux d'accueil de doctorants et le taux de HDR peut encore être amélioré, compte-tenu du nombre de chercheurs confirmés de l'unité.

Recommandations :

Malgré la pression de la tutelle Météo-France pour l'opérationnel et la recherche finalisée, il est important que le GAME puisse continuer à garder dans sa prospective, une part significative de travaux en recherche fondamentale et amont (méthodes numériques, études de processus, approches stochastiques, ...).

La stratégie de recherche en expérimentation/instrumentation devra être mieux définie, en interaction avec les besoins exprimés par les autres domaines du GAME ou des laboratoires partenaires (études de processus, modélisation) ou encore de besoins d'observation opérationnelle de Météo-France.

La prospective, qui a été réalisée pour cette évaluation de manière allégée (en raison de la prochaine remise en phase de l'évaluation du GAME avec les unités rattachées à la vague de Toulouse) devra être revisitée prochainement. Elle devra prendre en compte notamment, le nouveau contexte de participation de Météo-France à la structure OSU (Observatoire des Sciences de l'Univers) de Toulouse (l'OMP).



3 • Appréciations détaillées

Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

La qualité scientifique générale du GAME est très bonne.

Le GAME a une expertise internationalement reconnue et des résultats à fort impact scientifique dans le domaine de la modélisation numérique et des techniques d'assimilation de données pour la prévision du temps (modèles ARPEGE, ALADIN, AROME) et pour les études de processus dans l'atmosphère (modèle Méso-NH).

Le GAME est également un acteur majeur dans le domaine de l'étude de la variabilité du climat et du changement climatique. Sa contribution aux exercices internationaux d'intercomparaison des résultats de modèles climatiques et aux synthèses du GIEC marque la très bonne intégration du GAME dans la communauté internationale de recherche sur le climat.

Les travaux du GAME dans le domaine de la météorologie et de la climatologie à l'échelle régionale font partie également des points forts, notamment pour ce qui concerne la compréhension et la modélisation des situations à risques telles que les précipitations intenses ou les tempêtes, la météorologie urbaine, ou encore les phénomènes associés à la variabilité de la mousson Africaine.

Enfin le GAME mène des travaux originaux en collaboration avec les laboratoires partenaires de l'OSUG à Grenoble, sur la neige et la cryosphère (neige et glaciers) qui ont très peu d'équivalent ailleurs.

La production scientifique en termes de publications est de 475 articles dans des revues à comité de lecture sur la période 2007-2010, soit une moyenne de 1,8 publications par chercheur et par an, ce qui est très satisfaisant. Il faut insister sur l'augmentation continue du nombre de publications au cours des quatre années écoulées, passant d'environ 92 publications en 2007 à 149 en 2010, répondant ainsi à une recommandation de la précédente évaluation AERES. Le taux de publiants est bon (71 sur 75 chercheurs déclarés), même s'il faut pondérer cette appréciation par le fait que les agents Météo-France ont la possibilité de changer de catégorie entre chercheurs ou ingénieurs tous les trois ans, seuls les chercheurs étant évalués sur leurs publications.

Le nombre de publications dans des revues à fort impact est élevé. Le GAME participe à un grand nombre de projets internationaux et en est parfois le leader.

Appréciation sur l'intégration de l'unité dans son environnement :

Une partie importante de la production du GAME concerne le transfert et la maintenance évolutive de chaînes de codes numériques pour les activités opérationnelles de Météo-France (prévision du temps). Les travaux du GAME contribuent ainsi à la très bonne performance du système de prévision de Météo-France à l'échelle globale (modèle ARPEGE, prévision d'ensembles) et à l'échelle régionale (modèles ALADIN et AROME et prévision d'ensembles).

La présence du GAME dans les groupes ou instances internationales est très importante : on dénombre plus de 60 comités scientifiques ou comités de pilotages internationaux dans lesquels un membre du GAME a des responsabilités. Le GAME organise sur le site de Toulouse entre 10 et 15 conférences par an dont la moitié a une audience internationale. Toutes ces implications assurent au GAME une très bonne visibilité internationale et lui apportent un rôle significatif dans la mise en place de nouveaux programmes de recherche internationaux pilotés par les grands organismes internationaux (programmes WCRP et WWRP de l'OMM par exemple). Il en est de même au niveau national où près d'une centaine de comités scientifiques ou groupes de travail comportent un membre du GAME.

Le GAME a une très bonne capacité à obtenir des financements externes en répondant aux divers appels d'offres. Les ressources propres liées aux financements ANR ou Europe ont augmenté d'environ 50% entre 2007 et 2011 et représentent une ressource environ deux fois supérieure à celle attribuée hors solaires sur subvention d'Etat par les établissements de rattachement.

Le rôle du GAME en région Toulousaine se traduit en particulier par sa participation au RTRA « Sciences et Technologies pour l'Aéronautique et l'Espace » et par des collaborations avec d'autres unités de recherche (notamment Laboratoire d'Aérodynamique, CERFACS). L'intégration récente du GAME dans l'OSU (Observatoire des Sciences de l'Univers) de Toulouse ouvre de nouvelles opportunités qu'il conviendra de définir pour la prochaine prospective. L'équipe CEN du GAME, localisée à Grenoble, est quant à elle bien insérée dans la dynamique de l'OSU de Grenoble en participant à plusieurs thèmes de recherche transverses à l'OSU.



Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité de l'unité de recherche :

La visibilité et le rayonnement du GAME sont excellents. Il s'agit d'une des deux unités françaises les plus importantes numériquement en sciences de l'atmosphère et du climat. Sa production et son implication dans de grands programmes nationaux et internationaux contribuent à son rayonnement : le GAME est leader dans des programmes de coopérations internationales ou nationales (tels que les programmes AMMA, HYMEX, le consortium Aladin, le volet qualité de l'air du programme GMES-Atmosphère, l'infrastructure EUFAR de moyens de mesures aéroportés) ; il a de nombreux échanges et collaborations avec le Centre Européen de Prévision Météorologique à Moyen Terme (CEPMMT) ; il contribue de façon importante aux travaux du GIEC (simulations numériques du climat dans le cadre des exercices « imposés », lecteur/rédacteur de rapports pour le GIEC).

Le rayonnement du GAME se manifeste également par la participation régulière de plusieurs de ses membres à des événements grands public, notamment sur les questions du changement climatique.

Ces éléments, ainsi que les très bonnes conditions de travail, contribuent à l'attractivité du GAME, qui se traduit principalement par des mobilités de chercheurs en provenance d'autres unités du CNRS (2 pendant la période de 2007-2010 mais d'autres ont précédé), et l'accueil de post-doctorants ou ingénieurs étrangers (15 à 20 séjournant au GAME pour au moins 1 an). Les recrutements des chercheurs permanents concernent cependant principalement des chercheurs ayant effectué leur parcours initial de recherche au GAME/CNRM.

Enfin la renommée du GAME a été renforcée au cours des quatre années écoulées, par l'attribution de plusieurs prix, notamment la médaille d'argent du CNRS co-attribuée à un chercheur du GAME et un chercheur du LTHE pour leur rôle dans la conception et mise en œuvre du projet AMMA et les résultats associés. Le prix Norbert Gerbier-Mumm de l'OMM a également couronné un article dont le GAME est co-auteur.

Appréciation sur la gouvernance et la vie de l'unité :

L'organisation et la gouvernance de l'unité sont efficaces et ne soulèvent pas de problème particulier. La vie scientifique se déroule en premier lieu au sein des cinq groupes (GMAP, GMGEC, GMME, GMEI, CEN) qui sont tous, sauf le CEN, d'une taille importante (40 à 50 etp). Plusieurs actions permettent de décloisonner la vie du laboratoire et favorisent l'émergence de nouvelles approches ou thématiques: organisation régulière de séminaires, et mise en place de trois groupes transverses (assimilation, ingénierie stochastique, prévision des aérosols et de la visibilité). Le bulletin régulier d'information interne permet également une bonne diffusion de l'information.

Un point qui mériterait d'être examiné par la tutelle Météo-France concerne la mobilité des ingénieurs et techniciens à statut Météo-France au sein du GAME. En effet, il apparaît que bien que le GAME soit considérée comme une seule entité de recherche (convention Météo-France/CNRS), la mobilité interne au GAME doit passer par des procédures formelles de mutation au sein de Météo-France, ce qui ne favorise pas la mobilité du personnel entre équipes au sein du GAME.

Un conseil de laboratoire a été mis en place au cours de l'exercice et participe à la vie de l'unité (consulté notamment sur le bilan et la prospective, sur les priorités de bourses de thèse). Le personnel en est très satisfait.

Les conditions de travail au sein du GAME sont jugées excellentes par le personnel. Une inquiétude porte néanmoins sur le risque de perte d'autonomie en matière de gestion des moyens informatiques. Le comité d'évaluation estime que compte tenu des besoins spécifiques du GAME en tant qu'unité de recherche (échanges de données avec le monde académique, besoin de déplacer certains équipements lors de campagnes de terrain, activités de développements informatiques), il est essentiel que l'unité garde la maîtrise de ses moyens informatiques.

Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans :

Compte tenu de la mise en phase de l'évaluation et renouvellement du GAME avec les autres structures de la région Toulousaine, le GAME sera appelé à présenter une prospective en 2015. Le comité n'a donc pas eu à évaluer de projet à cinq ans, mais un projet allégé à 3 ans.

Le projet à 3 ans se situe principalement en continuité avec les activités actuelles et en cohérence avec le front de la recherche scientifique internationale. La pertinence d'ensemble du projet est bonne, s'appuyant sur les compétences existantes de chaque équipe, tout en cherchant à mettre en synergie les différentes compétences disponibles au sein du GAME (modélisation et assimilation pour la prévision du temps/du climat, études de processus, observations). Le projet s'appuie sur les points forts et originalités du GAME, mis en évidence dans le bilan. C'est un projet qui ne présente pas de prise de risques significatif.



Les évolutions concernent principalement :

- des améliorations des différents modèles numériques et systèmes d'assimilation déjà utilisés, dans tous les champs d'application (prévision du temps, simulation climatique, prévision saisonnière et décennale, environnement chimique, modélisation intégrée de la ville) ; ces améliorations porteront aussi bien sur les aspects de paramétrisations physiques (atmosphère et surfaces), le développement des couplages entre milieux simulés, que sur les méthodes d'assimilation, ou encore les approches de prévision d'ensembles.

- la montée en puissance de l'analyse par simulation numérique et assimilation d'observations, des situations météorologiques des campagnes Hymex et Charmex, sur la thématique des précipitations intenses et de la composition chimique de l'atmosphère en région Méditerranéenne.

- le développement ou l'utilisation de nouvelles méthodes d'observation (par exemple capteurs miniaturisés sur drone, ou télédétection de la neige).

Appréciation sur l'implication de l'unité dans la formation :

La participation des membres du GAME aux activités d'enseignement et de formation est relativement importante pour une unité qui n'est pas associée à une université: elle porte sur environ 1000 heures, dont 60 à 80% pour des formations de l'Ecole Nationale de la Météorologie. La part d'enseignement en Masters d'université reste donc faible. Elle concerne principalement quatre Masters à Toulouse et trois à Grenoble.

Les doctorants sont bien intégrés à la vie du laboratoire. Ils présentent leurs travaux lors de journées de doctorants organisées annuellement. Ils sont fortement incités et aidés pour publier et pour présenter leurs travaux dans des conférences internationales. En revanche ils n'ont pratiquement pas d'opportunité pour une première expérience d'enseignement (monitorats souvent non compatibles avec leur statut, non prioritaires pour les vacances). Cela peut constituer un handicap pour l'insertion professionnelle ultérieure de certains d'entre eux dans le domaine académique.

Compte tenu des capacités d'encadrement des chercheurs du GAME, la formation par la recherche (doctorants) pourrait être augmentée (52 thèses soutenues entre 2007 et 2010), mais outre le nombre encore limité de HDR (17 pour 75 chercheurs), la difficulté est liée comme ailleurs en France, à la baisse du nombre d'étudiants en sciences.



4 • Analyse du bilan équipe par équipe

Équipe 1 : Groupe de modélisation et d'assimilation pour la prévision (GMAP)

Nom du responsable : M. Alain JOLY

Effectifs : 58

Effectifs	Nombre au 30/06/2011	Nombre au 01/01/2013	2013-2017 Nombre de produisants du projet
N1 : Enseignants-chercheurs	0		
N2 : Chercheurs des EPST ou EPIC	16		
N3 : Autres enseignants-chercheurs et chercheurs	3		
N4 : Ingénieurs, techniciens et personnels administratifs titulaires*	32		
N5 : Ingénieurs, techniciens et personnels administratifs non titulaires*	1		
N6 : Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	3		
N7 : Doctorants	6		
N8 : Thèses soutenues	11		
N9 : Nombre d'HDR soutenues	4		
N10 : Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	4		
TOTAL N1 à N7	61		

* Si différent, indiquer entre parenthèses les ETP correspondants.



• Appréciations détaillées

Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

L'équipe GMAP a une vocation de recherche et développement qui vise l'amélioration continue du système de prévision numérique du temps de Météo-France. Cette mission demande une collaboration et des interactions soutenues d'une part en amont, avec différents partenaires nationaux et internationaux, et d'autre part en aval avec les unités de développement et de mise en œuvre opérationnelle. Le programme de recherche du GMAP est bien aligné avec cette mission et bien équilibré entre ces deux aspects.

GMAP constitue l'un des principaux acteurs au niveau mondial de la recherche dans le domaine de l'assimilation d'observations dans les modèles numériques de prévision du temps. Historiquement plusieurs innovations ou activités de recherche provenant du GMAP ont été des jalons importants dans les percées associées à la prévision numérique du temps.

Au cours de la période évaluée, plusieurs résultats ou activités peuvent être considérés comme remarquables et innovants. On peut citer notamment :

- l'assimilation opérationnelle des données des radars du réseau météorologique ARAMIS dans le nouveau modèle à haute résolution spatiale AROME ;
- l'assimilation dans le modèle global ARPEGE des observations des sondeurs hyperspectraux en conditions nuageuses, et des données micro-ondes au-dessus des continents ;
- la coordination de la campagne Concordiasi qui a permis des avancées sur l'assimilation de données de sondeurs optiques en zones couvertes par les glaces et en milieu nuageux ;
- des avancées sur le développement de l'assimilation mixte (variationnelle et d'ensemble) ;
- des contributions significatives aux recherches fondamentales dans le domaine des méthodes numériques et probabilistes pour la prévision numérique du temps ainsi que dans le domaine de l'étude des processus dynamiques associés aux phénomènes de tempêtes.

La production de l'équipe se mesure non seulement au nombre de publications, mais également par les activités de transfert vers l'opérationnel des codes numériques, à la base des chaînes de production de Météo-France.

En général les publications scientifiques du GMAP sont de grande qualité et parues dans des revues de premier plan. Le ratio du nombre de publications scientifiques avec comité de lecture par an et par chercheur statutaire est de 1,2 pour la période 2007-2010. Ce ratio est normal pour une équipe de recherche largement orientée vers la valorisation opérationnelle.

Appréciation sur l'intégration de l'équipe dans son environnement :

L'activité de valorisation de la recherche du GMAP se traduit par le transfert de codes numériques vers le service de prévision de Météo-France. La qualité des travaux de GMAP se mesure à l'amélioration continue des performances du système de prévision de Météo-France. Ce système de prévision est aujourd'hui considéré parmi les plus performants internationalement, et ceci à toutes les échéances.

Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité de l'équipe de recherche :

Le rayonnement et l'attractivité de l'équipe sont importants. Cela se manifeste notamment par :

- Une relève scientifique prometteuse (jeunes chercheurs récemment recrutés).
- Une contribution majeure dans deux consortia européens en modélisation numérique à domaine limité : GMAP est à l'origine et pilote du consortium ALADIN, et il apporte une contribution significative au consortium HIRLAM.
- La participation active de GMAP à plusieurs comités et organisations internationaux, dont différents programmes de l'Organisation Météorologique Mondiale OMM- PMRT, Thorpex, WGNE.
- Des collaborations très étroites avec le Centre Européen de prévision météorologique à moyen terme (CEPMMT).
- La participation active dans des projets internationaux tels que Concordiasi.



Conclusion :

GMAP est une équipe d'excellent niveau en recherche à qui l'on doit de nombreuses avancées permettant de faire progresser de manière continue la prévision du temps.

GMAP possède une expertise internationalement reconnue dans le domaine des modèles numériques que ce soit ceux d'échelle globale, ou ceux à aire limitée utilisés à l'échelle régionale ou continentale.

GMAP a une forte activité de valorisation des travaux de recherche à travers son activité de transfert vers les services opérationnels (MF et européens).

Une recommandation porte sur les travaux en assimilation : au-delà des travaux en cours sur l'assimilation des données existantes, il conviendra de bien anticiper les besoins d'assimilation de nouvelles données spatiales (ADM-Aeolus, SMOS, GPM/radar et radiométrie,...).

L'autre recommandation est d'augmenter le ratio de HDR parmi les chercheurs de l'équipe, (actuellement 5 HDR pour 16 chercheurs statutaires), et ce tout en reconnaissant l'effort important accompli au cours des quatre années écoulées.



Équipe 2 : Groupe de météorologie expérimentale et instrumentale (GMEI)

Nom du responsable : M. Alain DABAS

Effectifs 54

Effectifs	Nombre au 30/06/2011	Nombre au 01/01/2013	2013-2017 Nombre de produisants du projet
N1 : Enseignants-chercheurs	0		
N2 : Chercheurs des EPST ou EPIC	8		
N3 : Autres enseignants-chercheurs et chercheurs	4		
N4 : Ingénieurs, techniciens et personnels administratifs titulaires*	29		
N5 : Ingénieurs, techniciens et personnels administratifs non titulaires*	7		
N6 : Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	2		
N7 : Doctorants	4		
N8 : Thèses soutenues	7		
N9 : Nombre d'HDR soutenues	0		
N10 : Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	1		
TOTAL N1 à N7	54		

* Si différent, indiquer entre parenthèses les ETP correspondants.



• Appréciations détaillées

Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

Le groupe GMEI regroupe cinq équipes ayant une forte activité expérimentale ou de traitement d'observations. L'activité s'appuie sur un grand nombre d'IT (28) mais avec une population particulièrement limitée de chercheurs (7). Le groupe GMEI assure, avec le réseau mobile d'observation 4M, des missions de mise en œuvre d'instrumentation et d'organisation de campagnes de mesures au bénéfice d'une large communauté nationale.

Les objectifs de recherche propres à GMEI portent sur un nombre de sujets relativement importants en regard du nombre de chercheurs :

- caractérisation des aérosols et de leurs impacts ;
- méthodologie d'observation des situations de brouillard ;
- méthodes d'analyse des observations issues de la télédétection (notamment lidars et radars) ;
- échanges turbulents d'énergie et de matière dans la couche limite atmosphérique ;
- écoulements géophysiques par simulation physique en veine hydraulique ;

Pour ces travaux, l'activité expérimentale repose essentiellement sur des instruments commerciaux, même si des développements de miniaturisation ont été réalisés pour pouvoir être embarqués sur drone ou sous ballons. Le groupe opère également une veine hydraulique, unique par sa capacité à permettre des expériences avec gradient de densité. Les activités autour de cette veine ont fait l'objet d'un audit en 2010, dont les recommandations sont en cours d'implémentation.

Les résultats les plus marquants de l'exercice écoulé portent sur l'instrumentation dédiée à l'étude des aérosols et aux travaux associés sur les interactions aérosols/nuages, sujet sur lequel l'équipe a acquis une renommée internationale. La production scientifique en terme de publications est bonne (un peu plus de 2/chercheur/an) mais pour moitié environ, elle correspond à des travaux dont les objectifs de recherche sont pilotés par d'autres équipes du GAME ou d'autres laboratoires. Ceci est dû notamment à la forte activité de service de GMEI au bénéfice d'une large communauté.

Appréciation sur l'intégration de l'équipe dans son environnement :

Une partie importante de l'activité du groupe est guidée par la demande externe à l'équipe, ce qui assure de fait son intégration à la fois dans le laboratoire, au sein de Météo-France (Division des Services d'Observation, DSO), et avec la communauté de recherche française. Les équipes servent et interagissent avec un nombre important de chercheurs de la communauté nationale.

Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité de l'équipe de recherche :

Le rayonnement de GMEI est important grâce à :

- ses activités de service au bénéfice de la communauté (réseau mobile 4M, traitement des données avion,...),
- la coordination des activités européennes en mesures aéroportées pour la recherche (EUFAR).

Le groupe a recruté un chercheur américain sur la thématique aérosol-nuage. Cela reste un cas isolé et le groupe est handicapé par une désaffection (qui se retrouve au niveau national) des chercheurs pour le domaine instrumental.



Conclusion :

Le groupe possède des atouts importants :

- Grande expérience et compétence dans la méthodologie et l'organisation des méthodes d'observation. Position originale et indispensable en France pour la réalisation d'expériences nationales et internationales.
- Capacités de coordination de grands programmes (notamment le programme européen en mesures aéroportées pour la recherche (EUFAR))
- Existence de la veine hydraulique, instrument unique pour la recherche en dynamique des fluides géophysiques, et comportant des moyens de mesures innovants installés ces dernières années.

Cependant, ces atouts sont peu mis en valeur en raison des difficultés suivantes :

- une grande partie des activités semble pilotée par les opportunités et des demandes extérieures plutôt que par une stratégie scientifique interne au groupe ;
- les travaux de définition, conception, développements instrumentaux ou physique de la mesure restent très limités, malgré le potentiel important d'ingénieurs, ce qui limite les possibilités de propositions expérimentales réellement originales ;
- le groupe souffre d'un manque de chercheurs pour définir des orientations, spécifier ou concevoir de nouveaux instruments, ou apporter des nouvelles méthodes pour l'analyse des mesures acquises.

En conséquence les recommandations suivantes sont émises :

- Il apparaît nécessaire de rétablir un certain équilibre entre les populations de chercheurs et IT en recrutant des nouveaux chercheurs. Le déséquilibre patent pendant la période évaluée, s'est encore aggravé récemment en raison du départ de deux chercheurs et du décès très récent d'un autre ;
- le groupe doit mieux préciser sa stratégie scientifique ;
- concernant les travaux associés à la veine hydraulique, il est nécessaire de poursuivre les actions en réponse aux commentaires et recommandations du comité d'audit.



Équipe 3 : Groupe de météorologie de grande échelle et climat (GMGEC)

Nom du responsable : M. Serge PLANTON

Effectifs 61

Effectifs	Nombre au 30/06/2011	Nombre au 01/01/2013	2013-2017 Nombre de produisants du projet
N1 : Enseignants-chercheurs	0		
N2 : Chercheurs des EPST ou EPIC	20		
N3 : Autres enseignants-chercheurs et chercheurs	11		
N4 : Ingénieurs, techniciens et personnels administratifs titulaires*	17		
N5 : Ingénieurs, techniciens et personnels administratifs non titulaires*	1		
N6 : Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	4		
N7 : Doctorants	8		
N8 : Thèses soutenues	13		
N9 : Nombre d'HDR soutenues	2		
N10 : Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	4		
TOTAL N1 à N7	61		

* Si différent, indiquer entre parenthèses les ETP correspondants.



• Appréciations détaillées

Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

L'activité scientifique se décline sur deux grands domaines : étude de la variabilité et du changement climatique, et prévision de la composition atmosphérique à l'échelle globale. Elle s'appuie sur des outils de modélisation partageant pour la plupart des éléments communs avec les modèles de prévision du temps. L'équipe est l'un des trois piliers français de la modélisation pour l'étude de la variabilité du climat (avec l'IPSL et le CERFACS). C'est une équipe à forte visibilité internationale, contribuant de façon majeure aux exercices internationaux du GIEC (Groupe International d'Experts sur le Climat).

Les résultats les plus marquants de l'exercice écoulé concernent :

- les simulations du climat réalisées pour les 4^{ème} et 5^{ème} rapports du GIEC, et les analyses associées, avec la mise au point d'une nouvelle version du modèle de système climatique ;
- les études de mécanismes associés à la variabilité à l'échelle saisonnière et interannuelle en région tropicale ;
- le développement de méthodologies numériques et statistiques pour l'étude de l'impact régional du changement climatique ;
- une remise en cause du formalisme standard décrivant les mécanismes dynamiques dans la couche mélangée océanique en région équatoriale sous l'effet du forçage par le vent ;
- une participation active au consortium européen MACC visant à la production de prévisions du « temps chimique », en cours de développement en préfiguration du Service GMES (Global Monitoring for Environment and Security) pour l'Atmosphère.

Un point fort nouveau, et original dans le contexte français et international est à signaler: l'ajout grâce à recrutement récent, de la thématique « détection et attribution du changement climatique ».

La production scientifique est publiée dans des revues scientifiques internationales de premier rang (Climate Dynamics, Atmospheric Physics and Chemistry, Monthly Weather Review, Climate Change,...). Il s'agit pour l'essentiel d'articles de fond, avec une présentation fouillée de résultats (peu d'articles « courts » ou lettres) et un très bon ratio de publications par chercheur (environ 2 publications/chercheur/an), en forte progression au cours des quatre années écoulées. L'essentiel des publications est lié à des résultats des modèles développés en interne de l'équipe, sur l'étude de processus ou des résultats de simulations.

Appréciation sur l'intégration de l'équipe dans son environnement :

L'équipe est souvent sollicitée pour participer à des projets nationaux ou internationaux, ce qui témoigne de sa valeur scientifique. L'équipe coordonne plusieurs projets français (ANR, LEFE) et joue un rôle important dans des projets européens (FP7, KIC). Sa forte insertion dans les programmes nationaux et internationaux se traduit par de nombreuses collaborations avec des instituts ou laboratoires français (CERFACS, IPSL, LGGE, LEGOS...) et européens et conduit à un nombre significatif de publications communes.

Les interactions avec l'IPSL, dont la poursuite a été encouragée lors de la précédente évaluation, se déroulent dans un cadre collaboratif prospère et durable.

L'équipe s'implique dans la valorisation de ses travaux de recherche en réponse à des demandes institutionnelles (préparation des services climatiques) ou pour des besoins opérationnels de Météo-France ou du Centre Européen de Prévision Météorologique (outils de prévision du temps chimique). Un point remarquable est l'investissement de plusieurs chercheurs de l'équipe pour la diffusion de la connaissance vers le grand public.

Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité de l'équipe de recherche :

Le GMGEC compte des chercheurs permanents de premier rang (dont un « lead author » dans le prochain rapport du GIEC). On remarque cependant le faible nombre de chercheurs d'origine étrangère (1 unique) et la relativement faible mobilité des membres de l'équipe au cours de leur carrière (principalement issus des rangs du CNRM dès la thèse).



Conclusion :

GMGEC est une équipe très solide d'un point de vue scientifique, très bien reconnue au niveau international. Elle présente en son sein des compétences très complémentaires possédant une forte culture commune (outils de modélisation partagés).

L'équipe est très impliquée dans les travaux liés au GIEC (simulations numériques du climat) et à GMES (prévision de la composition chimique et particulaire de l'atmosphère), et est une des références en France. Les compétences du GMGEC en modélisation du climat et de la qualité de l'air sont un atout majeur pour un bon positionnement international.

L'équipe a ajouté depuis peu une activité de climatologie statistique (dont font partie les questions de détection et attribution) qui est très prometteuse et se démarque des outils « traditionnels » de l'équipe, tout en les complétant. Cette activité est unique et doit être étendue et valorisée.

Deux points à améliorer : le relativement faible taux de doctorants dans l'équipe (1 à 4 thèses soutenues chaque année pour 20 chercheurs permanents) et malgré les efforts déjà réalisés, le taux de HDR qui reste faible (4/20 actuellement).

▪ *Recommandations :*

Une part de recherche « libre » (hors contrainte contractuelle) doit être préservée chez les chercheurs afin de développer des voies de recherche novatrices. L'implication de l'équipe dans les travaux référencés par le GIEC requérant une mobilisation permanente d'ETP pour la maintenance et l'amélioration des codes des modèles de climat, un soutien plus important en personnel technique (ingénieurs) pour ces activités permettrait aux chercheurs de consacrer plus de temps à des questions de recherche plus prospectives. Une plus grande ouverture dans les recrutements (permanents ou non) avec une plus grande variété de parcours favoriserait également le renouvellement de certains thèmes de recherche.

Il apparaît que l'équipe est assez peu impliquée dans le domaine de la prévision saisonnière. Il serait nécessaire qu'elle contribue au minimum à la définition des sujets qui permettront de mieux identifier les performances et limites des possibilités actuelles en région tempérée.

Enfin, dans un contexte de subventions institutionnelles en décroissance, il doit être recommandé de hiérarchiser les priorités, et de réfléchir en particulier à une plus grande mutualisation de certains modules de la modélisation du Système Terre avec des équipes externes (la question devrait se poser en particulier sur la chimie troposphérique).



Équipe 4 : Groupe de météorologie de moyenne échelle (GMME)

Nom du responsable : M^{me} Véronique DUCROCCO

Effectifs 66

Effectifs	Nombre au 30/06/2011	Nombre au 01/01/2013	2013-2017 Nombre de produisants du projet
N1 : Enseignants-chercheurs	0		
N2 : Chercheurs des EPST ou EPIC	22		
N3 : Autres enseignants-chercheurs et chercheurs	6		
N4 : Ingénieurs, techniciens et personnels administratifs titulaires*	16		
N5 : Ingénieurs, techniciens et personnels administratifs non titulaires*	8		
N6 : Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	4		
N7 : Doctorants	10		
N8 : Thèses soutenues	23		
N9 : Nombre d'HDR soutenues	3		
N10 : Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	10		
TOTAL N1 à N7	66		

* Si différent, indiquer entre parenthèses les ETP correspondants.



• Appréciations détaillées

Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

L'objectif général de l'équipe GMME concerne l'accroissement des connaissances sur les processus météorologiques de moyenne échelle, ainsi que l'amélioration de leur modélisation numérique (paramétrisations, couplages de modèles, assimilation). Les travaux sont guidés par le besoin d'améliorer la prévision des phénomènes météorologiques allant de l'échelle locale à courte échéance temporelle (convection, brouillard,..) à l'échelle régionale et saisonnière (i.e. climat). Ils visent également à développer des outils permettant des études d'impact de phénomènes extrêmes (crues éclairs, sécheresse..) ou affectés par le changement climatique (ressources en eau, cycle du carbone, climat urbain,..).

L'approche adoptée est bien équilibrée entre la conception et la mise en œuvre d'approches expérimentales (campagnes de mesures pour décrire l'atmosphère et les surfaces et analyses associées), le développement des outils de modélisation numérique (atmosphère, surfaces/interfaces), et celui d'outils pour l'assimilation d'observations.

Plusieurs résultats importants sur les processus météorologiques, ou leur paramétrisation ont été obtenus au cours des quatre années écoulées, notamment dans le cadre de l'exploitation ou de la préparation de grands programmes d'observation (AMMA, HYMEX) :

- mécanismes gouvernant la variabilité intra-saisonnière de la mousson Africaine,
- paramétrisation des courants de densité associés aux précipitations intenses,
- conditions de stationnarité des événements de pluie intense dans le sud de la France,
- paramétrisation de la turbulence et de la convection peu profonde.

Une réalisation remarquable de l'équipe concerne la création du module numérique SURFEX qui permet de gérer les interactions de plusieurs modèles atmosphériques utilisés à Météo-France avec les processus de surface ou sub-surface, dans une grande variété de conditions (continent, océan, manteau neigeux, ville, lacs...). Dans ce travail, l'équipe GMME a su valoriser le savoir-faire de la communauté française et internationale dans le domaine des paramétrisations des surfaces et interfaces et apporter des améliorations originales et significatives sur certaines parties (modèle de ville TEB, lacs, couche limite de surface, couplage avec le cycle du carbone ...).

Des résultats importants ont également été obtenus dans le domaine de l'assimilation de données pour les modèles AROME (précipitations mesurées par radar), COBEL (brouillard) et pour les modules de surface (état hydrique du sol, débit des rivières).

La production scientifique est d'excellent niveau (plus de 2 publications dans des revues à comité de lecture par an et par chercheur) en progression notable sur les 4 années écoulées. Ceci place l'équipe en position de leader français dans le domaine de la modélisation méso-échelle en météorologie et processus de surface. On note un article publié dans la revue Nature Geoscience et un autre qui a reçu le Prix N. Gerbier de l'OMM. Il faut également faire remarquer l'excellente valorisation du programme AMMA d'étude de la mousson Africaine par des publications (65 publications sur les quatre années écoulées),

Appréciation sur l'intégration de l'équipe dans son environnement :

Plusieurs membres de l'équipe ont des rôles de leader et coordinateur dans des grands projets de recherche multidisciplinaires (AMMA, HYMEX) soutenus par des grands programmes nationaux et internationaux. Les retombées du programme AMMA sur 10 ans sont majeures (acquisition d'un jeu de données original, compréhension et représentation des mécanismes de variabilité de la mousson africaine, conception d'outils nouveaux de diagnostic et prévision et leur transfert vers des services météorologiques africains) ; cela est redevable en grande partie au rôle joué par un membre de l'équipe GMME, qui a assuré la co-coordination de AMMA pendant près de 10 ans (600 personnes impliquées). La médaille d'argent du CNRS co-attribuée à ce chercheur (et à un chercheur du LTHE) traduit la reconnaissance nationale de ces travaux sur AMMA.

Une partie de la valorisation des travaux de l'équipe s'effectue grâce à des collaborations entretenues avec des communautés scientifiques ou techniques externes à Météo-France (modèle Méso-NH, hydrologues urbains, urbanistes, ..). Sur le sujet de la météorologie urbaine, on peut se féliciter des collaborations originales mises en place avec des collègues de sciences humaines, qui ont conduit à des publications communes.



GMME a assuré ou assure plusieurs tâches en lien avec les besoins de services opérationnels de Météo-France (implémentation et amélioration des paramétrisations du modèle AROME, maintenance et évolution des modules de surface). L'équipe a également des activités de transfert vers des services européens (EUMETSAT, GMES) concernant des outils de suivi des variables de surface ou de flux de carbone.

GMME partage avec le Laboratoire d'Aérodynamique, la responsabilité de la maintenance et de l'évolution du code de modélisation atmosphérique Méso-NH distribué à de nombreuses équipes en France et à l'étranger.

Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité de l'équipe de recherche :

L'équipe contribue de façon majeure au rayonnement du GAME.

On peut à nouveau citer ici les travaux autour d'AMMA (voir ci-dessus) et les responsabilités sur le programme HYMEX (une partie du chantier Mistral sur la Méditerranée). GMME est l'une des deux équipes qui a conçu le modèle numérique méso-NH, labellisé outil de modélisation national par l'INSU et utilisé par de nombreuses laboratoires ou instituts pour des études de processus dans l'atmosphère et la mise au point de paramétrisations.

Plusieurs exemples illustrent la bonne attractivité de l'équipe :

- Collaboration avec des modélisateurs de renom international dans le domaine urbain sur le schéma de sol urbain TEB testé lors du projet Capitoul et intégré dans d'autres modèles comme le modèle WRF.
- Travaux en collaboration avec des équipes de renom dans le cadre du projet ALMIP (AMMA Land Surface Model Intercomparaison Project) sur la modélisation mésoéchelle de la couche limite et les échanges de surface.

Conclusion :

L'équipe mène des travaux très bien reconnus au niveau international et national. Le positionnement scientifique est tout à fait pertinent. L'équilibre entre recherche « originale » et « finalisée », et entre approches expérimentales, numériques, et théoriques est approprié. La production est qualitativement et quantitativement excellente. L'équipe a obtenu au cours des années écoulées des résultats originaux dans des domaines de pointe : caractérisation de la « zone grise » de la turbulence, mais aussi couplage entre milieux (atmosphère/surfaces, ville), assimilation (précipitations) et unification du modèle de surface (SURFEX).

Recommandations :

L'équipe a subi deux départs de chercheurs confirmés au cours des deux années écoulées (surfaces continentales, météorologie moyenne échelle). Afin de maintenir le niveau d'excellence de l'équipe il conviendra de les remplacer par des recrutements, de niveau si possible équivalent, mais également d'adapter les projets de l'équipe à ces départs.

Pour la suite, il apparaît utile que l'équipe s'interroge sur son positionnement vis à vis du modèle de méso-échelle WRF, largement diffusé dans la communauté nationale et internationale. Il apparaît également utile qu'elle précise son positionnement vis-à-vis de la descente d'échelle dans la description des surfaces (modèles multi-physiques/tuilage versus géométrie complexe).



Équipe 5 : Centre d'études de la neige (CEN)

Nom du responsable : M. Pierre ETCHEVERS

Effectifs 21

Effectifs	Nombre au 30/06/2011	Nombre au 01/01/2013	2013-2017 Nombre de produisants du projet
N1 : Enseignants-chercheurs	0		
N2 : Chercheurs des EPST ou EPIC	5		
N3 : Autres enseignants-chercheurs et chercheurs	2		
N4 : Ingénieurs, techniciens et personnels administratifs titulaires*	10		
N5 : Ingénieurs, techniciens et personnels administratifs non titulaires*	0		
N6 : Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	2		
N7 : Doctorants	3		
N8 : Thèses soutenues	4		
N9 : Nombre d'HDR soutenues	0		
N10 : Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	1		
TOTAL N1 à N7	22		

* Si différent, indiquer entre parenthèses les ETP correspondants.



• Appréciations détaillées

Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

Le CEN mène des recherches originales sur le manteau neigeux, ainsi que sur les interactions entre la cryosphère et la variabilité climatique. Les objectifs, guidés dès l'origine par les besoins de la prévision du risque d'avalanche se sont diversifiés depuis plusieurs années pour répondre aux besoins d'étude et modélisation de la variabilité climatique et de ses impacts hydrologiques.

L'équipe regroupe un petit nombre de chercheurs (5 publiants) dont les expertises sont très complémentaires et pour certaines sont uniques en France, voire en Europe.

Sur la période écoulée, on peut remarquer les résultats originaux suivants :

- mise en évidence de l'apport de l'assimilation de données de télédétection optique pour l'estimation du bilan de masse de la neige sur les glaciers,
- mesure et amélioration de la paramétrisation des propriétés physiques de la neige dans les modèles d'évolution du manteau neigeux,
- estimation de propriétés géométriques et physiques de la neige à micro-échelle,
- établissement de climatologies spécifiques aux régions montagneuses (nivales, avalanches).

En lien avec de récents recrutements, de nouveaux thèmes de recherche ont démarré, notamment sur l'apport de la télédétection micro-onde pour l'étude des régions enneigées.

Les travaux du CEN sont publiés dans des revues à comité de lecture (13 sur les thématiques du CEN entre 2007 et 2010).

Appréciation sur l'intégration de l'équipe dans son environnement :

Comme les autres équipes du GAME, le CEN valorise ses résultats de recherche par des actions de transfert et de maintenance d'outils numériques utilisés pour la prévision opérationnelle. Cette mission est même étendue dans le cas du CEN, à une assistance auprès des services chargés de l'observation et de la prévision (coordination technique de la prévision du risque d'avalanche, maintenance du réseau de stations automatiques de montagne, formation interne et externe au risque d'avalanche).

Bien que géographiquement éloigné par rapport au cœur du GAME, le CEN est bien intégré scientifiquement dans les programmes transversaux de l'unité (par exemple par sa contribution aux modules numériques SIM et SURFEX de description des surfaces). De plus, le CEN s'intègre de manière très intelligente et efficace dans le réseau de recherche grenoblois avec des collaborations originales (bilan de masse des glaciers en coopération avec le LGGE, mécanique du matériau neige, analyse de la structure de la neige à l'échelle microscopique grâce à des expériences dans le synchrotron de l'ESRF, neige soufflée avec le IRSTEA et le LGGE).

Dans le domaine de l'observation, le CEN accueille régulièrement dans ses stations d'observations, des expériences proposées par d'autres laboratoires ce qui conduit à des collaborations externes, comme par exemple : la collaboration au projet OPTIMISM pour le test d'instrumentation dédiée aux mesures atmosphériques en région Arctique.

Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité de l'équipe de recherche :

Le CEN participe activement et régulièrement à des programmes nationaux et internationaux (ANR, programmes INSU) mais ne paraît pas être meneur / coordinateur de tels projets. Les collaborations suivies paraissent se faire surtout au niveau national, et il semble y avoir assez peu d'interactions avec les laboratoires et instituts ayant des thématiques et fonctions similaires à l'étranger. Il faut néanmoins remarquer que la communauté internationale s'intéressant à la neige en région montagneuse est de fait relativement limitée.



Conclusion :

CEN est une équipe relativement petite, mais qui par sa thématique et ses expertises a une forte identité à la fois au sein de GAME et plus généralement dans le paysage national. Le CEN collabore activement avec les autres composantes du GAME et localement avec les laboratoires du CNRS et de l'UJF, et du CEMAGREF / IRSTEA (thème transverse « neige » de l'Observatoire des sciences de l'univers de Grenoble).

Le CEN est une équipe active et productive de résultats originaux bien valorisés par des publications. Elle a su renouveler ses thèmes de recherche au cours des dernières années.

▪ *Recommandations :*

Le CEN a la chance d'avoir recruté récemment plusieurs jeunes chercheurs ou ingénieurs, qui pour la plupart viennent d'autres domaines de recherche. Il faut les encourager à s'approprier rapidement les thèmes de recherche du CEN et devenir productifs sur ces thèmes.

Enfin, on peut suggérer à cette équipe d'explorer plus activement les possibilités de collaboration avec des équipes étrangères ayant des objectifs similaires. On peut penser à l'Institut pour la neige et les avalanches de Davos, le CREEL ou NORORCK aux USA, ou d'autres groupes et laboratoires au Canada.



5 • Analyse du projet (2012-2014)

En raison de la future remise en phase de l'évaluation du GAME avec celle des autres structures de la région Toulousaine, la prospective réalisée par l'unité a consisté en une mise à jour du projet présenté au précédent comité d'évaluation en 2008. Il s'agit donc uniquement d'un projet scientifique à moyen terme (3 ans).

Le projet a été élaboré selon 15 thèmes différents, pour la plupart transverses à plusieurs équipes du GAME. Des groupes de travail se sont réunis pendant l'automne 2011 pour élaborer ce document de prospective. La synthèse de ces travaux a été présentée par la direction du GAME lors de la visite, et des éclairages plus détaillés ont été proposés sur trois actions prospectives (modélisation numérique du Système Terre, participation au programme international Hymex, travaux sur la neige).

Le projet scientifique à moyen terme repose sur une analyse des attentes des établissements de tutelle (Météo-France et CNRS), ainsi que sur une analyse SWOT des équipes et thèmes identifiés. Le projet se situe en très grande partie en continuité des activités actuelles. La pertinence d'ensemble du projet est bonne, s'appuyant sur les compétences existantes de chaque équipe, tout en cherchant à mettre en synergie les différentes compétences existant au sein du GAME (modélisation et assimilation pour la prévision du temps/du climat, études de processus, observations). Le projet s'appuie sur les points forts et originalités du GAME, mis en évidence dans le bilan. C'est un projet qui se place à l'avant-garde de la recherche scientifique internationale dans le domaine et qui ne présente pas de prise de risques significatifs.

Les évolutions concernent principalement :

- des améliorations des différents modèles numériques et systèmes d'assimilation déjà utilisés, dans tous les champs d'application (prévision du temps, simulation climatique, prévision saisonnière et décennale, environnement chimique, modélisation intégrée de la ville) ; ces améliorations porteront aussi bien sur les aspects de paramétrisations physiques (atmosphère et surfaces), le développement des couplages entre milieux simulés, que sur les méthodes d'assimilation, ou encore les approches de prévision d'ensembles.

- la montée en puissance de l'analyse par simulation numérique et assimilation d'observations, des situations météorologiques des campagnes Hymex et Charmex, sur la thématique des précipitations intenses et de la composition chimique de l'atmosphère en région Méditerranéenne.

- le développement ou l'utilisation de nouvelles méthodes d'observation (par exemple capteurs miniaturisés sur drone, ou télédétection de la neige).

En résumé ou en complément des recommandations déjà exprimées ci-dessus dans l'analyse de chaque équipe, les points critiques ou à améliorer notés par le comité sont les suivants :

- Un premier point concerne l'équilibre entre la recherche guidée par la demande institutionnelle visant des objectifs de courte échéance, et la recherche amont : le comité recommande que le GAME puisse garder une part significative de travaux en recherche fondamentale dans laquelle il a des compétences qui contribuent à une bonne part de sa renommée (méthodes numériques, études de processus, approches stochastiques développées pour les travaux d'assimilation, les approches théoriques sur la prévisibilité, ...).

- En ce qui concerne les outils numériques, le comité d'évaluation s'est interrogé sur la pertinence à conserver toute la palette des modèles actuellement utilisés au GAME, en raison des difficultés attendues (et identifiées par le GAME lui-même) pour l'adaptation de ces codes à l'environnement des machines massivement parallèles, évolution qui va se généraliser dans les prochaines années. Une réflexion est nécessaire pour mieux évaluer les avantages/inconvénients à conserver l'ensemble des modèles actuels ou à mutualiser certains modules avec des équipes partenaires. L'évolution imposée de l'environnement informatique est perçue par le GAME uniquement comme une menace et on peut regretter le manque de réflexion sur les avantages de cette évolution en terme de capacités de calcul et évolution des outils.

- Un thème nouveau que le comité souhaite encourager dans le domaine de l'étude du climat est celui sur la « détection et attribution du changement climatique ».

- Les enjeux de recherche associée aux besoins pour la prévision saisonnière et la prévision décennale sont à développer.



- En ce qui concerne la stratégie de recherche en expérimentation/instrumentation, celle-ci devra être mieux définie, sur un nombre limité de priorités. A cet effet il sera nécessaire de tenir compte non seulement des compétences de l'équipe mais également les besoins en observation en lien avec les autres axes et équipes de recherche du GAME ou de laboratoires partenaires (études de processus, modélisation) ou encore de besoins d'observation opérationnelle de Météo-France. En ce qui concerne les projets de recherche liés à l'utilisation de la veine hydraulique, il conviendra de mettre en œuvre les recommandations émises par le comité d'audit mis en place à ce sujet, et de valoriser rapidement les travaux par des publications.

- En ce qui concerne les travaux sur la neige et le manteau neigeux, une recommandation est de rechercher des échanges et collaborations avec des équipes de même spécialité à l'étranger.

En ce qui concerne la politique d'affectation des moyens, une des faiblesses concernant le potentiel de chercheurs a bien été identifiée et la stratégie proposée devrait y remédier (priorité au recrutement de chercheur(s) instrumentaliste(s) et en mécanique des fluides géophysiques pour l'équipe GMEI). Le comité estime qu'il faudra également veiller à ce que le programme de recherche du domaine de la météorologie à moyenne échelle (équipe GMME) prenne en compte la perte récente de deux chercheurs leaders du domaine.

En ce qui concerne le soutien en personnel technique, le comité recommande d'envisager un soutien plus important aux équipes chargées de la mise en œuvre des simulations climatiques afin de dégager du temps aux chercheurs pour la partie analyse.