



365 jours au service du temps



RAPPORT ANNUEL 2016



INSTITUT ROYAL MÉTÉOROLOGIQUE DE BELGIQUE

TABLE DES MATIÈRES

1° 	Avant-propos	02
2° 	Faits marquants 2016	05
3° 	L'IRM au service des défis	11
4° 	La météo en 2016	17
5° 	Les nouveaux produits de l'IRM	25
6° 	La recherche à l'IRM	31
7° 	IRM et international	47
8° 	La vie à l'IRM	51
9° 	Structure de l'IRM	55
10° 	Publications scientifiques	59
11° 	Liste des acronymes	73

IRM - INSTITUT ROYAL MÉTÉOROLOGIQUE DE BELGIQUE

Avenue Circulaire 3, B-1180 Uccle | Tel.: +32 2 373 05 08 | Fax: +32 2 375 12 59

www.meteo.be

Éditeur responsable: Dr. D. Gellens | ISSN 2033-8554 | Coordination: Carine Beetens et Alex Dewalque

Photos: IRM - © Solar Impulse - FEDOR Konyukhov - PIXABAY

Impression et réalisation: Fedopress

1° | Avant-propos



CHERS LECTEURS,

L'année 2016 a été sans conteste placée sous le signe de la collaboration et des services rendus aussi bien aux secteurs public que privé.

Notre expertise météorologique reconnue sur le plan international a permis d'établir un nouveau record de tour du monde en ballon et a garanti le succès de la grande aventure du Solar Impulse 2, l'avion propulsé exclusivement grâce à l'énergie solaire.

Notre application mobile, lancée en 2015, a été élargie pour couvrir le Grand-Duché de Luxembourg, tout en gardant les mêmes possibilités que pour la Belgique : les prévisions, les animations radar et les avertissements géolocalisés par commune. Toujours au rayon des nouvelles technologies, l'IRM alimente une page Facebook officielle en néerlandais comme en français, qui contient des nouvelles importantes comme les avertissements, mais aussi des postes plus « légers » sur des sujets d'actualité ou des phénomènes météo particuliers. Nous avons également été présents sur le plan culturel en étant particulièrement bien représentés lors de l'exposition Cartographiae qui se tenait au Palais Royal de Bruxelles du 22 juillet au 04 septembre. Les institutions faisant

partie de la Politique Scientifique Fédérale y exposaient quelques-uns de leurs trésors en suivant le fils conducteur de la cartographie au fils des âges et des techniques.

2016 marque aussi le début d'un nouveau type de rapport « public-public » entre l'IRM (via ses Services scientifiques Observations et Renseignements climatologiques et météorologiques) et la direction Générale Opérationnelle 2 du Service Public de Wallonie. Cet accord permettra une collaboration encore plus efficace et plus rapide entre nos deux institutions, afin d'améliorer les services rendus à la population en matière de prévention hydrologique. Autre exemple de partenariat « public-public », l'IRM et l'IBPT travaillent de concert pour mieux détecter et tenter d'annihiler les interférences radio qui perturbent les échos radar, et donc polluent les observations des précipitations dans le pays via ce canal.

Le département de géophysique de l'IRM à Dourbes a également pu démontrer ses qualités en démagnétisant une zone de l'aéroport de Liège qui perturbait les instruments de bord des avions, et posait donc un sérieux problème de sécurité. Reconnu dans le



monde entier pour son savoir-faire unique en instrumentation automatique de mesures magnétiques, le Centre de Géophysique de Dourbes a été appelé à installer des appareils de mesure en France, au Japon, en Corée du Sud, en Argentine mais aussi en Antarctique.

La météo a beaucoup fait parler d'elle en 2016, en commençant par la présence d'un ouragan en janvier, suivi par un nouveau de record de quantité de précipitations à la fin du printemps. Quantités que vous pourrez comparer avec les valeurs moyennes présentées dans une toute nouvelle section de l'Atlas climatique présent sur notre site internet.

Le service scientifique Recherche météorologique et climatologique a lui aussi œuvré à renforcer les liens que l'IRM entretient depuis longtemps au niveau international à travers des consortiums et des partenariats toujours plus efficaces. Leurs services climatiques à destination des chercheurs mais aussi des décideurs se sont concrétisés avec le projet CORDEX.be, le développement du modèle hydrologique SCHEME, du modèle permettant d'étudier l'impact du changement climatique SURFEX, et la finalisation

des calculs de prévisions à très haute résolution du modèle numérique ALARO, entre autres projets.

De nombreux autres projets d'une importance scientifique capitale pour la recherche vous sont exposés dans ce rapport annuel 2016, année composée d'incertitudes, mais surtout de succès pour l'IRM.

Je vous en souhaite une bonne lecture.

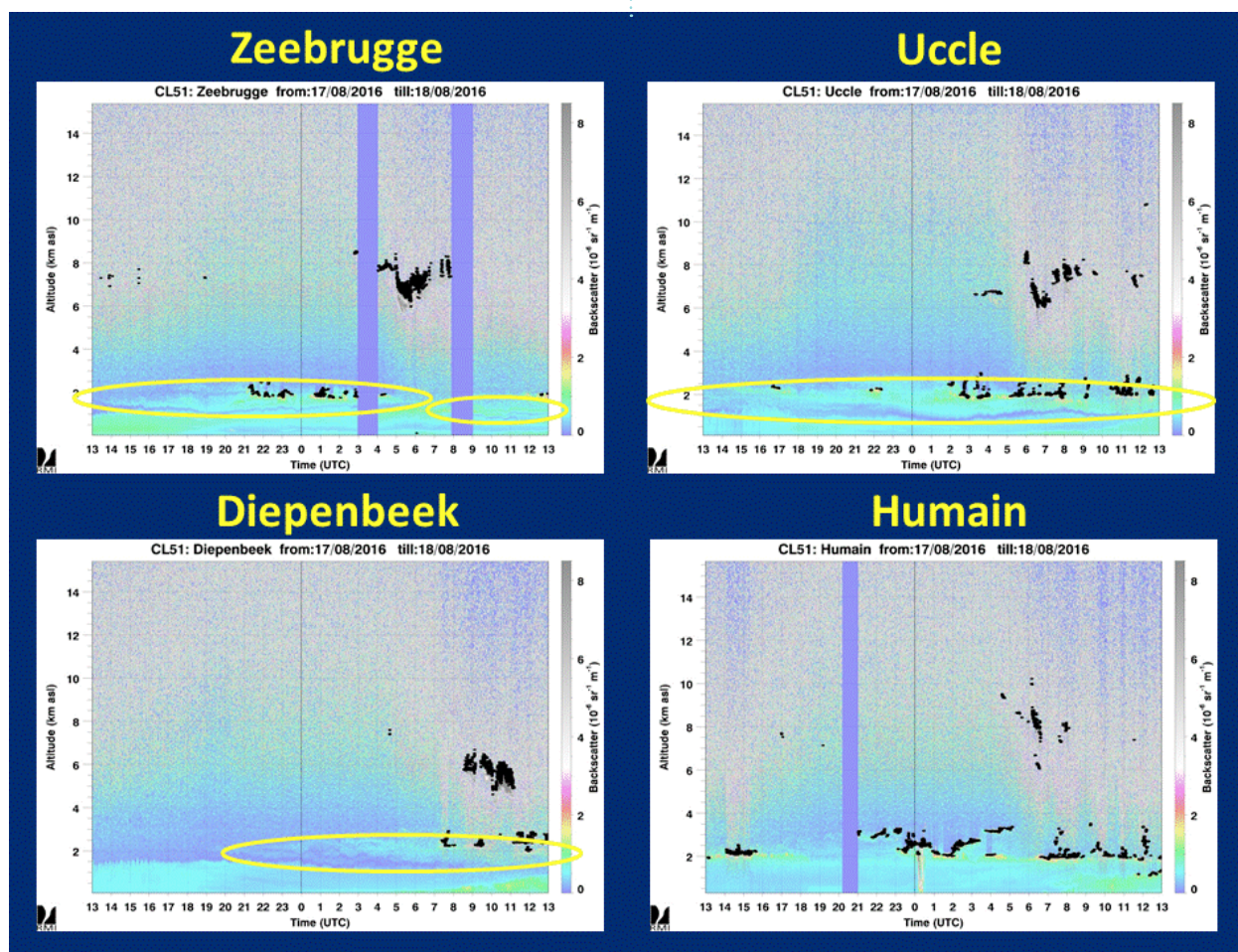
Dr. Daniel Gellens
Directeur général a.i. de l'IRM



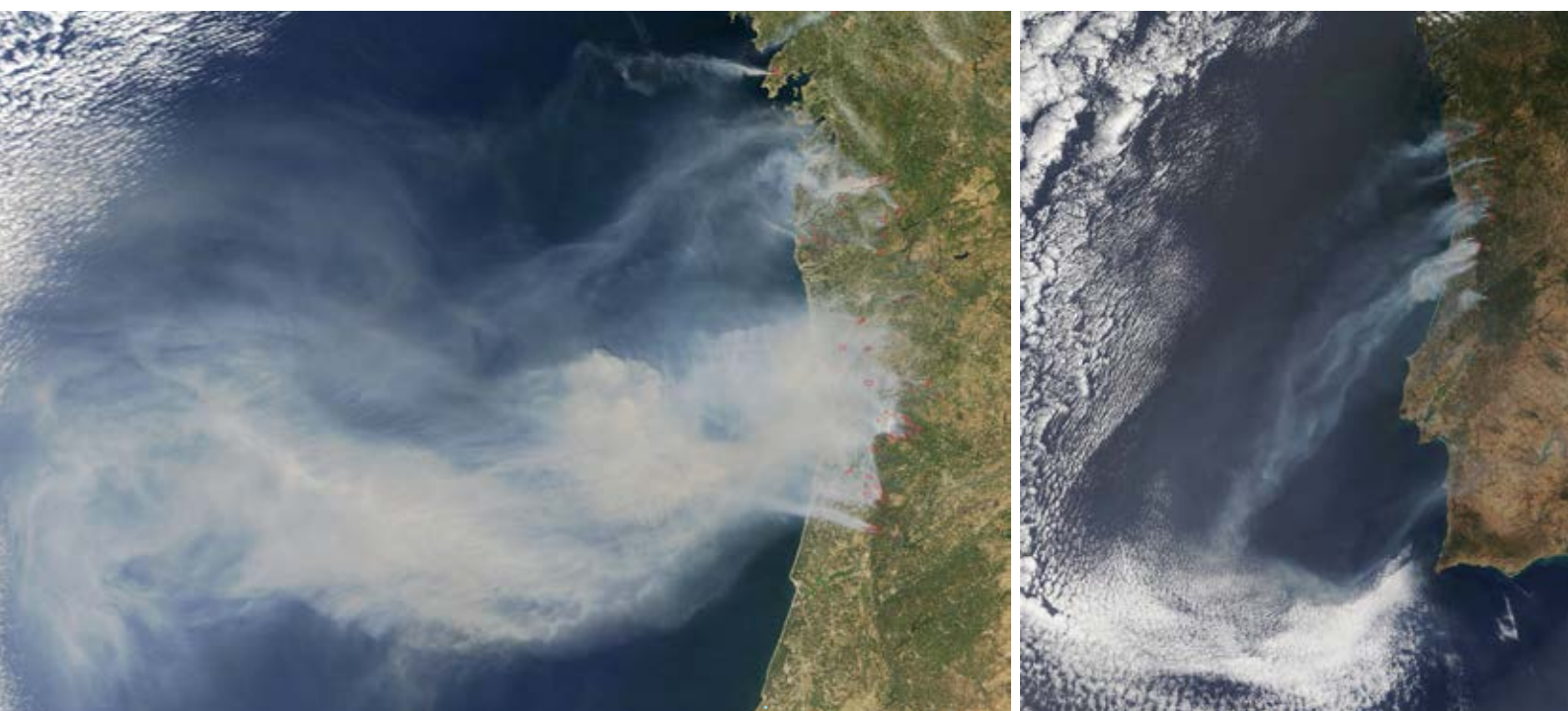
DE LA FUMÉE PORTUGAISE EN
BELGIQUE

À partir du 17 août 2016, le réseau ceilomètres-LIDAR de l'IRM a détecté la présence d'une couche de fumée (non visible à l'œil nu depuis le sol) située en altitude entre 1,5 et 2 km. Cette couche de fumée était parfois accompagnée de nuages dans sa partie supérieure. Cette couche de fumée n'a cependant eu aucune conséquence sur notre santé en raison de sa localisation en altitude et de son absence d'interaction avec la couche atmosphérique proche du sol.

L'origine de cette couche de fumée se situe dans le sud de l'Europe, au Portugal où d'importants incendies de forêts ont eu lieu aux environs du 10 août. Ces derniers étaient clairement visibles dans les observations satellites (voir les images de la NASA ci-dessous) ainsi que le nuage de fumée qui s'en dégageait avant de remonter très lentement au-dessus de la France avant d'atteindre la Belgique le 17 août 2016.



Images des ceilomètres-LIDAR de Zeebrugge, Uccle, Diepenbeek et de Humain créées à 13h30(11h30 UTC) le 18 août 2016. Les points noirs indiquent la présence de la base d'un nuage. Le code de couleurs des images représente l'intensité du signal mesuré par le ceilomètre-LIDAR correspondant à la densité de particules ou de gouttelettes d'eau dans l'atmosphère. Sur l'image, la couche de poussière est encerclée d'une ligne jaune.



Images satellite de la NASA.

Durant ces dernières années, l'observation de passages de nuages de fumée au-dessus de la Belgique provenant d'incendies de forêts n'est pas si rare que cela. En juin 2013 et en juillet 2014, plusieurs nuages de fumée en provenance d'importants incendies de forêt en Amérique du Nord avaient été observés au-dessus de la Belgique.

La détection de cette couche de fumée non visible à l'oeil nu a de nouveau confirmé la capacité de notre réseau ceilomètres-LIDAR à pouvoir détecter et suivre en temps réel l'évolution d'une couche de particules au-dessus de la Belgique. Cette capacité de suivi est importante pour la sécurité aérienne au niveau européen au niveau de la détection de couches de particules d'origine volcanique. Dans ce cas-ci, les particules constituant cette couche de fumée ne présente aucun danger pour la sécurité aérienne.

Actuellement, il existe deux projets de recherche européen (E-PROFILE et TOPROF) où les scientifiques travaillent à la coordination, l'échange et la centralisation en temps réel de l'ensemble des mesures effectuées par les différents réseaux ceilomètres-LIDAR existants ou futurs en Europe, l'IRM participe activement à ces deux projets.



Carte de la Belgique où sont localisés les ceilomètres-LIDAR de l'IRM.

2° | Faits marquants 2016

ACCORD DE COOPÉRATION ENTRE L'IRM ET LA DGO-2

Du fait de leurs missions et responsabilités respectives, la DGO2 et l'IRM sont tous les deux responsables de certains aspects liés aux observations, aux prévisions et aux avertissements hydrométéorologiques.

C'est pourquoi la DGO2 et l'IRM ont décidé de conclure un accord de coopération « public – public » afin d'unir leurs forces spécifiquement dans l'objectif commun de mettre au point et d'améliorer des réseaux d'observations, des prévisions et des avertissements hydrométéorologiques en vue d'obtenir des gains d'efficacité et une synergie dans l'exercice de cette mission d'intérêt général. Grâce à cet accord, l'IRM et la DGO2 peuvent optimiser l'exercice de leurs propres tâches et responsabilités et les coûts associés. Cet accord permettra également à l'IRM d'investir à long terme dans du personnel hautement qualifié, afin que le service suive l'évolution technologique et ses exigences accrues en matière d'observations, de prévisions et d'avertissements plus précis.

Au sein de la Direction générale opérationnelle de la Mobilité et des Voies hydrauliques (DGO2) du Service public de Wallonie, la Direction de la Gestion hydrologique intégrée a, entre autres, pour mission des observations, des prévisions et la diffusion d'alertes de type « hydrologique », donc de quantité d'eau sur les cours d'eau. En particulier, cette Direction est responsable du service d'annonce, de suivi et de prévisions des inondations pour tout le territoire wallon. Elle assure donc un service d'intérêt général au citoyen, aux services de secours, aux autorités, etc. Pour mener à bien ces objectifs, la Direction de la Gestion hydrologique intégrée dispose de ses propres outils matériels et informatiques tels que le réseau Wacondah : stations pluviométriques, mesures de niveau d'eau et de débits, etc. Et bien entendu, cette Direction s'appuie sur du personnel expert dans le domaine hydrologique.

Cependant, ces ressources ne sont pas suffisantes. En effet, il va de soi que la météorologie joue un rôle

fondamental. Or si l'hydrologie relève d'une compétence régionale, la météorologie tient du niveau fédéral.

L'Institut Royal Météorologique (IRM) a pour mission principale de fournir en permanence des services destinés à assurer la sécurité et l'information de la population, en ce compris les communautés socio-économiques et scientifiques, et de fournir une assistance aux autorités politiques, entre autres en matière hydrométéorologique et climatologique. Ces missions sont basées sur la gestion continue des réseaux d'observations, la recherche scientifique, l'innovation et la collaboration internationale. L'IRM dispose du personnel hautement spécialisé dans la prévision des phénomènes hydrométéorologiques ainsi que dans l'étude, la recherche et le développement d'outils de mesures ou d'exploitation hydrométéorologique, entre autres. De plus, l'IRM est la seule institution ayant une compétence officielle d'avertissement en ce qui concerne les phénomènes météorologiques dangereux pour la population belge.

Tant l'IRM que la DGO2 garantiront, lors de l'exercice de la collaboration, aussi bien les compétences fédérales que régionales. L'accord de coopération « public – public » a été approuvé par le Gouvernement wallon le 1er octobre 2015 et par le Gouvernement fédéral le 26 février 2016. L'exécution de l'accord est en charge du Ministre des Travaux publics, Maxime Prévot, pour la Wallonie et de la Secrétaire d'Etat à la Politique scientifique, Elke Sleurs, pour le fédéral.

L'IRM avait déjà conclu un accord de coopération « public-public » de longue durée il y a quelques années, avec le Maritieme Dienstverlening en Kust de la Région Flamande (MDK), qui exploite à Ostende la Station Météorologique Océanographique (OMS), dont l'IRM est le prestataire de services. Ces prévisions spécifiques sont essentielles pour pouvoir assurer la sécurité du trafic maritime ainsi que des vacanciers. L'IRM distribue des prévisions depuis la ligne de basse mer belge jusqu'à Douvres (GB), où le gouvernement fédéral garantit la sécurité dans les mers territoriales, le Plateau Continental et la Zone Economique. Ces prévisions pour la Côte sont disponibles gratuitement via le site www.kustweerbericht.be, et ce en 4 langues.



DES NUAGES NACRÉS AU-DESSUS DE L'EUROPE

Au début du mois de février, on a observé un peu partout en Europe ce que l'on appelle des nuages nacrés ou nuages polaires stratosphériques. Ces nuages s'observent en hautes altitudes et se forment entre 15 et 25 km dans la stratosphère et uniquement par des températures inférieures à -80°C . Ces nuages nacrés sont composés de cristaux de glace issus de la combinaison de salpêtre et d'eau. Les cristaux de glace sont tellement petits dans ce type de nuages que la lumière du soleil en les traversant, produit des scènes remarquables de par leurs couleurs et leurs formes ondulées provoquées par les mouvements d'air dans la stratosphère.

Parce qu'ils ne se forment que par très basses températures, on ne rencontre ce genre de nuages presque exclusivement que dans les régions polaires pendant les mois d'hiver (lorsque la lumière du soleil est très faible), au moment où l'air froid au-dessus des régions polaires se retrouve isolé du reste du continent par ce que l'on appelle un vortex polaire (des courants d'air circulaires, sans interaction avec l'extérieur). En certains rares cas, ce vortex polaire peut se déplacer du Pôle Nord vers le sud, c'est ainsi que l'on peut observer des nuages nacrés au-dessus de l'Europe. Ce phénomène s'est produit début février, avec des observations au-dessus de l'Angleterre, des Pays-Bas et du sud de l'Allemagne, mais hélas pas au-dessus de la Belgique. Nous avons cependant pu observer des températures record allant jusque -89°C vers 25 km d'altitude, grâce à nos ballons-sonde.

Ces nuages nacrés peuvent jouer un rôle important dans le processus de dissolution de l'ozone dans l'atmosphère. Des réactions chimiques spécifiques ont lieu à la surface des cristaux de glace présents à l'intérieur de ces nuages nacrés, par lesquelles des molécules stables (contenant entre autres du chlore) sont transformées en composés chlorés qui, en présence de lumière du soleil, dissolvent l'ozone. Ceci explique directement pourquoi le trou dans la couche d'ozone se reforme au début du printemps au-dessus du Pôle Sud, lorsque le soleil brille de nouveau. Etant donné que les nuages nacrés peuvent également se former au-dessus du Pôle Nord, un trou dans la couche d'ozone peut aussi s'y développer. Le dernier mini-trou

dans la couche d'ozone au-dessus du Pôle Nord a été observé au printemps 2011.

Afin d'avoir une idée de l'étendue de la dissolution de l'ozone, une campagne reprenant le plus de mesures d'ozone possibles par ballon est effectuée chaque année à l'intérieur du vortex polaire. Etant donné que la station d'observations d'Uccle s'est retrouvée plusieurs fois à l'intérieur de ce vortex polaire au début de cette année, des sondages par ballons supplémentaires pendant la nuit et le week-end ont été effectués afin de mesurer la concentration en ozone dans des masses d'air déjà sondées lorsqu'elles étaient au-dessus du Groenland ou de la Norvège.

Malgré le volume record atteint par le vortex polaire au-dessus du Pôle Nord (et d'une partie de l'Europe) cette année, celui-ci n'a pas existé suffisamment longtemps (jusque fin mars – début avril) que pour provoquer un trou dans la couche d'ozone au-dessus du Pôle Nord.

Les nombreuses mesures de concentration d'ozone dans une même masse d'air dans le vortex polaire ont livré une mine d'informations quant au processus de dissolution de l'ozone. Le puissant vortex polaire de cette année fut également au centre des discussions du symposium quadri-annuel sur l'ozone qui s'est tenu à Edimbourg en septembre.



Un exemple de nuage nacré





TOUR DU MONDE RÉUSSI POUR SOLAR IMPULSE 2 !



Les deux pionniers suisses, Bertrand Piccard et André Borschberg, ont démontré que l'on pouvait rendre l'impossible possible grâce au tour du monde réussi par l'avion solaire, Solar Impulse 2 – avion entièrement alimenté par l'énergie solaire et qui peut voler jour et nuit – mettant ainsi en avant les nouvelles technologies « propres ».

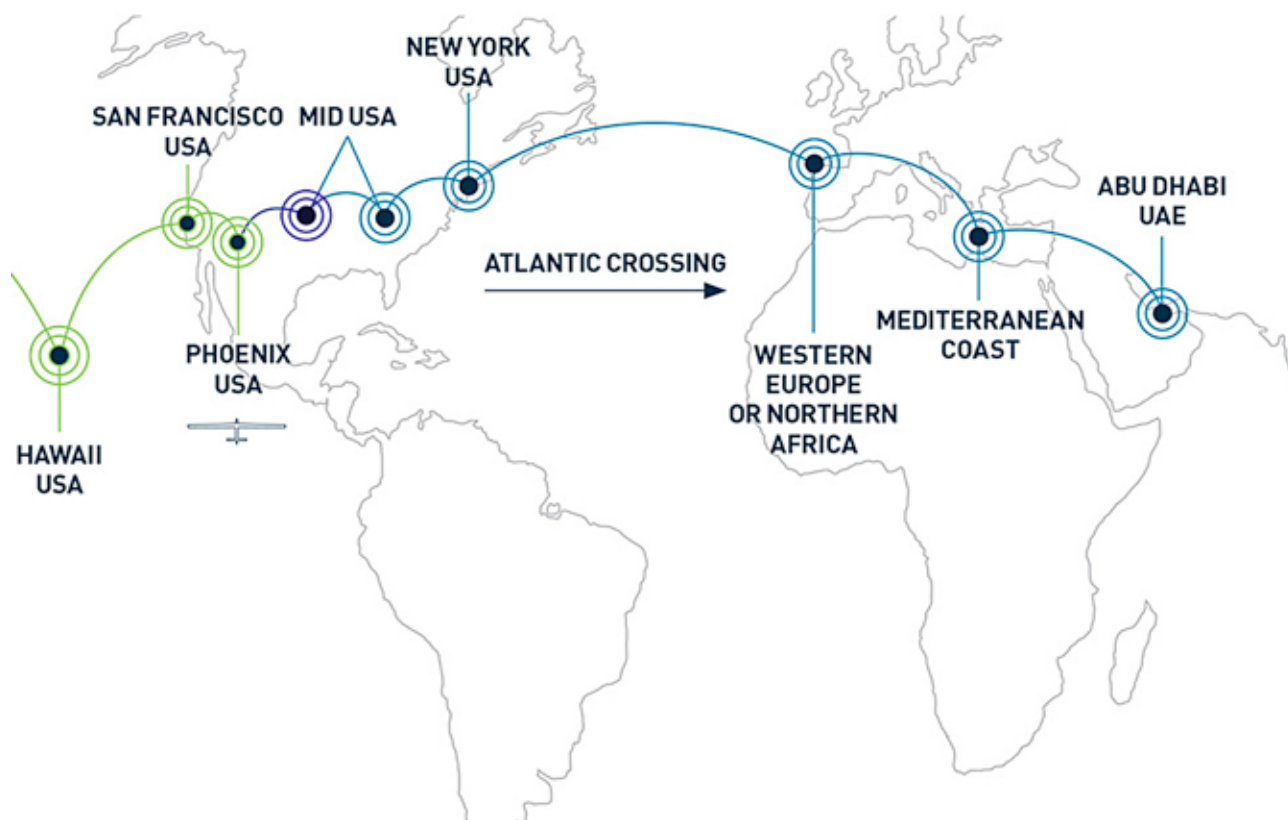
L'avion avait dû atterrir d'urgence à Hawaii et y rester pour la saison hivernale, pour ne reprendre son périple qu'au printemps 2016. Les météorologues de l'IRM Wim De Troyer et Luc Trullemans étaient de nouveau prêts à suivre la situation météorologique à partir du centre de contrôle basé à Monaco, afin de trouver le (SI2) meilleur moment pour que le Solar Impulse 2 puisse décoller d'Hawaii. David Dehenauw, aussi météorologue de l'IRM, travaillait sur le projet à partir d'Uccle, et envoyait ses calculs vers le centre de Monaco où les trajectoires de vols pouvaient être simulées.

Nos météorologues ont finalement déterminé une fenêtre météo idéale pour le décollage qui se ferait pendant la troisième semaine du mois d'avril. Le SI2 a repris sa route le 21 avril pour sa traversée de 62 heures de l'Océan Pacifique, à destination du Moffett Airfield, Mountain View, Californie, USA, sans une seule goutte de carburant. Après cette escale, il devait continuer sa route vers le Dayton International Airport (Ohio), et ensuite vers l'aéroport international Lehigh Valley, en Pennsylvanie. Il était très important que l'appareil quitte Dayton à temps car il était prévu que le SI2 soit suivi par un champ nuageux durant la première partie de son vol. La dernière étape du vol au-dessus de l'Amérique du Nord devait être l'aéroport John F. Kennedy à New York, avant de se lancer dans la traversée de l'Océan Atlantique.

Malgré la fenêtre météo favorable du dimanche 19 juin, Wim De Troyer et Luc Trullemans ont tout de même décidé de postposer le départ de New York d'une journée, afin de s'assurer que des conditions optimales soient présentes pour la longue traversée de l'océan qui devait durer 5 jours. Le lundi 20 juin, le SI2 commençait son vol en direction du nord-est, via un corridor de quelques centaines de kilomètres, entre deux couloirs nuageux. Après la première nuit, le SI2 a poursuivi sa route vers le sud-est. Grâce au beau temps et à des vents favorables, l'équipe de météorologues a pu recalculer l'itinéraire de l'avion



Wim De Troyer



qui a même pu atterrir un jour plus tôt que prévu à Séville (Espagne). Le Solar Impulse 2 s'est posé à Séville le jeudi 23 juin 2016 à 07:38, après un vol de 6.765 km qui a duré 71 heures et 8 minutes.

Après quelques jours de repos, le SI2 a repris son vol le 23 juin à destination du Caire, d'où partirait la dernière aventure afin de boucler la boucle, vers Abu Dhabi. Grâce à ce vol d'un total de 23 jours et une distance totale parcourue de 43.041 km, réparti en 17 étapes entre l'Asie, l'Amérique, l'Océan pacifique,

la Mer Méditerranée et le Moyen Orient, le Solar Impulse 2 a prouvé que la technologie propre pouvait rendre l'impossible, possible. Un total de 19 records ont été battus par le SI2 ou doivent encore être validés par la Fédération Aéronautique Internationale (FAI).



LE TOUR DU MONDE EN BALLON ROZIÈRE EN 11 JOURS...

Fedor Konyukhov, un russe de 64 ans, a relevé le défi de faire le tour du monde en ballon en moins de 13 jours. Il voulait ainsi battre le record que le regretté Steve Fosset avait établi en 2002.

Son voyage en ballon de type Rozière a débuté le 12 juillet 2016 à Northam, au nord-est de Perth en Australie, à l'endroit exact où Steve Fosset avait commencé son aventure en solo.

Ce vol très risqué de 34 000 km allait traverser l'Australie, la Nouvelle-Zélande, l'Océan Pacifique, le Chili et l'Argentine, l'Océan Atlantique, l'Afrique du sud et l'Océan Indien, pour enfin revenir en Australie.

La météo joue un rôle particulièrement important lors d'une telle aventure, et l'assistance d'un expert est un must. C'est dans ce but que l'entourage de Konyukhov est venu frapper à la porte de David Dehenauw, prévisionniste à l'IRM. David dispose d'une grande expérience en la matière et de l'expertise

nécessaire pour assurer ce genre de vols. Il a déjà plusieurs fois guidé le même type de vols, dont celui de Steve Fosset en 2002, à travers une météo très sensible.

Depuis le 16 juin, David envoyait deux fois par jour des bulletins météo afin de pouvoir trouver une date de décollage adéquate (des conditions de vent nul étaient nécessaires au ballon afin de pouvoir s'élever) et un calcul de trajectoire optimal pour assurer le succès de l'expédition. Les conditions ont enfin été réunies le 12 juillet, date à partir de laquelle David a suivi la météo locale de très près et quotidiennement pendant la durée totale du vol. Il a dès lors fourni des prévisions détaillées au pilote plusieurs fois par jour et la stratégie de vol était adaptée en fonction de ses bulletins par les ingénieurs en charge du ballon.

Quelques jours après le décollage, le ballon avait dû faire face à un premier front froid accompagné d'averses, présent dans le Jet Stream, au-dessus de l'Océan Pacifique. Il avait alors dû grimper jusqu'à une altitude de 8500m pour éviter le plus gros de la perturbation. Le voyage s'est alors poursuivi vers l'Amérique du Sud et le Chili, sous des conditions



météorologiques favorables. Ensuite, au milieu de l'Océan Atlantique, Konyukhov a fait face à un front occlusif accompagné d'averses qu'il a pu éviter grâce à d'habiles manœuvres.

Sa route s'est ensuite poursuivie vers l'Afrique du Sud à partir de laquelle, à la grande crainte de l'équipe et du pilote, le trajet du ballon devait passer par le cercle polaire antarctique, avant de pouvoir continuer vers l'Australie. David, notre météorologue, était cependant certain que Konyukhov pourrait reprendre sa course plus au nord à temps. Il a d'abord fallu contourner une dépression tempétueuse et toutes les averses n'ont pas pu être évitées. Bien qu'un tour

du monde en ballon ne soit jamais allé aussi près du Pôle sud, celui-ci s'est, comme prévu, redirigé vers le nord pour rejoindre son point d'arrivée en Australie, Northam. La boucle était bouclée.

Konyukhov a atterri le 23 juillet à 10h30 dans l'ouest de l'Australie, après un voyage d'exactement 11 jours, 08 heures et 32 minutes, établissant ainsi un nouveau record du monde.

➤ LES BALLONS ROZIÈRE

Ces ballons sont composés de deux chambres distinctes dont une est remplie d'air chaud et l'autre d'hélium non chauffé. Le ballon est équipé d'un mécanisme qui régule la puissance de propulsion et la consommation de carburant, afin de permettre des vols de longue durée.





DÉMAGNÉTISATION D'UNE ZONE DE L'AÉROPORT DE LIÈGE



Dispositif pour démagnétiser la Dalle Sud de Liège Airport.

L'IRM a aidé Liège Airport à démagnétiser une zone de son aéroport (dalle Sud) qui causait de sérieux problèmes à l'avionique des avions d'affaires. D'importants champs magnétiques logés dans les fers à béton de la dalle causaient un reset des systèmes de guidage et menaient à de sérieux retards dans le

trafic. Une solution originale a été trouvée, passant par le développement d'un appareil à démagnétiser pouvant traiter des surfaces de plusieurs hectares jusqu'à une profondeur d'un mètre. L'appareil qui a fait ses preuves sur une zone de test d'un hectare à Liège Airport et est en voie d'être breveté.





BILAN CLIMATOLOGIQUE DE 2016

Climatologiquement parlant, 2016 fut une année relativement normale, plutôt chaude et humide (voir Figure 1). De par une température moyenne légèrement plus élevée, l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) a proclamé 2016 comme étant l'année la plus chaude depuis 1860.

Il ressort aussi du Tableau 1 pour les valeurs normales moyennes d'Uccle, que la vitesse du vent s'est écartée de la normale avec une valeur très anormalement basse de 3,4 m/s (norm. : 3,7 m/s). Presque chaque mois a connu une vitesse moyenne du vent en dessous de sa valeur normale. En décembre, cette valeur fut exceptionnellement basse, en juin et octobre, très anormalement basse et en septembre, anormalement basse. Des pointes maximales d'au moins 100 km/h (28 m/s) ont été enregistrées lors de 6 jours différents par le réseau anémométrique officiel.



Précipitations, températures et insolation à Uccle, valeurs annuelles

données de 1981 à 2016

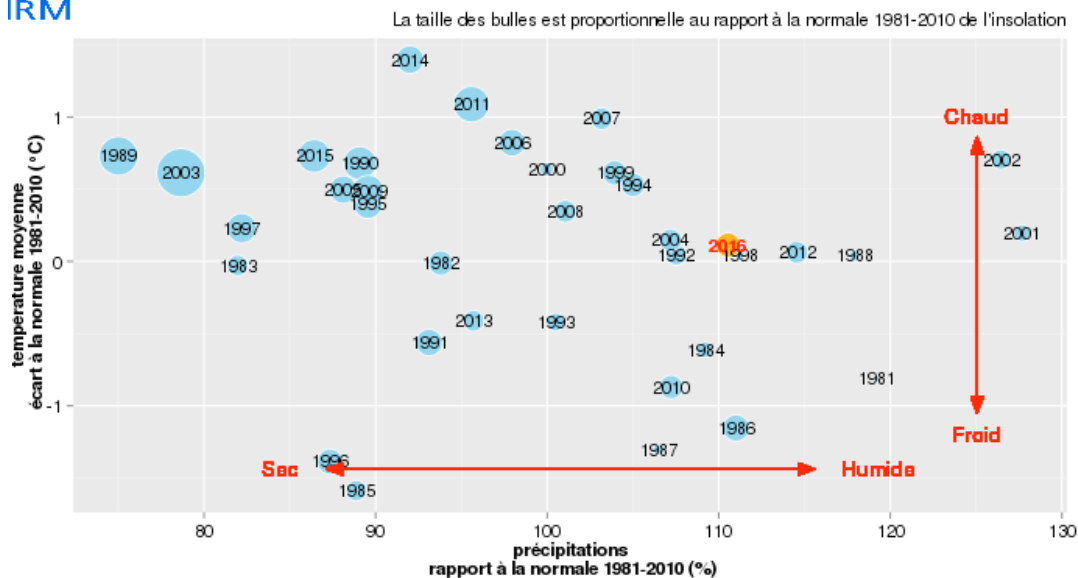


Fig. 1 : Position de l'année 2016 pour la température moyenne, la quantité de précipitations et la durée d'ensoleillement (depuis 1981).

Paramètre	2016	Normales	Caractéristiques statistiques
Température moyenne TM (°C)	10,7	10,5	n
Température maximale moyenne TX (°C)	14,3	14,2	n
Température minimale moyenne TN(°C)	7,1	6,9	n
Nombre de jours de gel (min < 0°C)	43	44	n
Nombre de jours d'hiver (max < 0°C)	2	7,5	n
Nombre de jours de printemps (max >= 20°C)	97	88,5	n
Nombre de jours d'été (max >= 25°C)	25	27,9	n
Nombre de jours de chaleur (max >= 30°C)	6	3,9	n
Quantité de précipitations (RR mm)	942,3	852,4	n
Nombre de jours avec précipitations (>= 0,1 mm)	190	198,7	n
Nombre de jours où les précipitations tombèrent sous forme de neige, en tout ou en partie	17	19,2	n
Nombre de jours d'orages dans le pays	95	95	n
Vitesse moyenne du vent (m/s)	3,4	3,7	ta-
Durée d'insolation SH (hh:mm)	1571:48	1544:35	n
Rayonnement solaire global (kWh/m²)	1045,2	996,8	n
Humidité relative moyenne (%)	77	78	n
Pression atmosphérique moyenne (réduite au niveau de la mer) PP (hPa)	1016,2	1016,0	n

Tableau 1: Valeurs annuelles de quelques paramètres à Uccle en 2016. Les normales sont les moyennes sur la période 1981-2010. Pour les caractéristiques statistiques, cf. le Tableau 2.

Code	Degré d'anormalité	Phénomène égalé ou dépassé en moyenne une fois tous les
N	normal	-
a	anormal	6 ans
Ta	très anormal	10 ans
E	exceptionnel	30 ans

Tableau 2. Définition du code d'anormalité pour la valeur d'un paramètre, exprimé en périodes de retour moyennes.



Bien que le total des précipitations de toute l'année à Uccle soit de 942,3 mm et donc légèrement supérieur à la normale (852,4 mm), et ces précipitations soient tombées pendant un nombre de jours considéré comme normal – 190 jours pour une normale de 198,7 jours – la répartition de ces précipitations sur toute l'année est remarquable.

La première moitié de l'année 2016 fut très humide avec des totaux de précipitations supérieurs aux normales quasiment chaque mois (voir Figure 2). La plus grande quantité de précipitations jamais enregistrée à Bruxelles-Uccle sur la période 1833-2016 a été totalisée durant cette période. Le total des précipitations de cette première moitié de l'année est de 648,2 mm, pour une valeur normale de 398,8 mm, soit plus de 100 mm de plus que le record précédent datant de 1937 (544,4 mm). On a même enregistré un nouveau record au mois de juin.

Le contraste avec la deuxième moitié de l'année est assez marqué : durant les derniers 6 mois de l'année, il n'est tombé que 294,1 mm de précipitations (norm. : 453,6 mm). Cette faible quantité est surtout à attribuer à un mois de septembre très anormalement

sec, et surtout à un mois de décembre exceptionnellement sec, qui a compté la plus petite quantité mensuelle de précipitations depuis 1981. Ce faible total place la deuxième partie de l'année en 3ème position au niveau de la sécheresse (période 1981-2016).

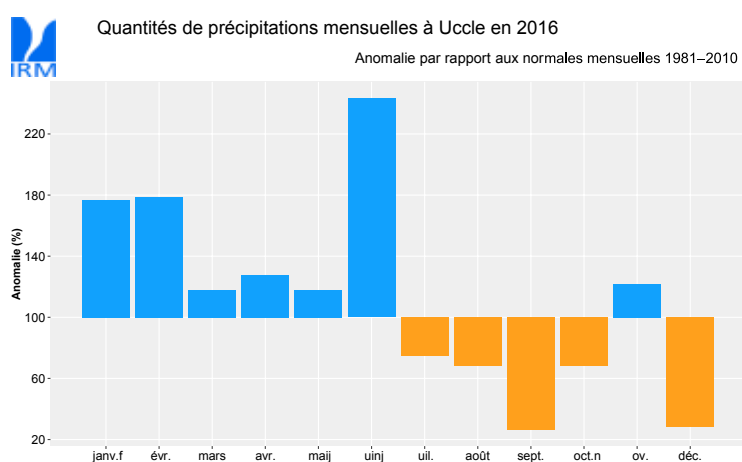


Fig. 2 : Ecart des totaux mensuels de précipitations de 2016, par rapport à leur valeur normale respective sur la période 1981-2010.

QUELQUES FAITS MARQUANTS

- Vague de chaleur tardive fin août : du 23 au 27 août inclus, la température maximale à Uccle fut de minimum 25°C, dont 3 jours qui ont atteint au moins 30°C. Le 25 fut le jour le plus chaud, avec un maximum de 32,5°C.
- La plus grande quantité journalière de précipitations relevée dans le pays est tombée le premier jour de l'été climatologique. Le 1 juin, on a mesuré un total de 108,6 mm à Lommel.
- Tout comme en 1997, on n'a relevé aucun jour de printemps (max. >=20°C) à Uccle (norm. : 3,7 jours).

- On a connu 2 mois avec un total de précipitations remarquable à Uccle : d'abord et surtout le mois de juin, comme étant le mois le plus arrosé jamais observé (174,6 mm pour une normale de 71,8 mm), et ensuite le mois de décembre, comme étant un des mois les plus secs jamais observé (22,7 mm pour une normale de 81,0 mm).
- Cette année, le mois de septembre a fortement ressemblé à un 4ème mois d'été, avec des températures (moyenne, minimale et maximale) supérieures ou égales à celle du mois de juin et très proches de celles de juillet et août. Le 13 septembre, on a même observé la journée tropicale (max. >=30°C) la plus tardive depuis 1901, avec 31,2°C. Les températures minimales ont également été très élevées durant cette décennie, avec pas moins de 118,3°C le 14. Il faut remonter à 1947 pour avoir une température minimale encore plus chaude lors de la même décennie (18,8°C le 16 septembre 1947).

UN OURAGAN EN JANVIER...

Du 13 au 15 janvier 2016, l'ouragan – Alex - s'est développé au cœur de l'Atlantique Nord. Fait extrêmement rare en janvier : le précédent cas a été observé du 1 au 6 janvier 1938 !

Quelles conditions faut-il pour qu'un ouragan se forme ? La température à la surface des eaux des océans Atlantique-Nord et Pacifique Nord-Est doit excéder 26°C sur une certaine profondeur (plus ou moins 200 m). Non seulement, janvier n'est pas la période habituelle pour qu'un ouragan comme Alex naisse dans l'Atlantique... mais les conditions météo nécessaires ne semblaient pas être réunies. De quoi surprendre les météorologues de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). La température des eaux au-dessus desquelles Alex s'est formé, notamment, n'est pas habituelle

«Il est très inhabituel d'avoir un ouragan au-dessus d'eaux qui ne sont qu'à 20°C», relèvent les météorologues américains. Alors comment a-t-il pu y naître ? «La température plus froide que d'habitude en altitude est vraisemblablement le principal facteur ayant contribué à la transition tropicale et au renforcement d'Alex», ajoutent-ils. L'écart de température entre de l'eau relativement «froide» et de l'air «très

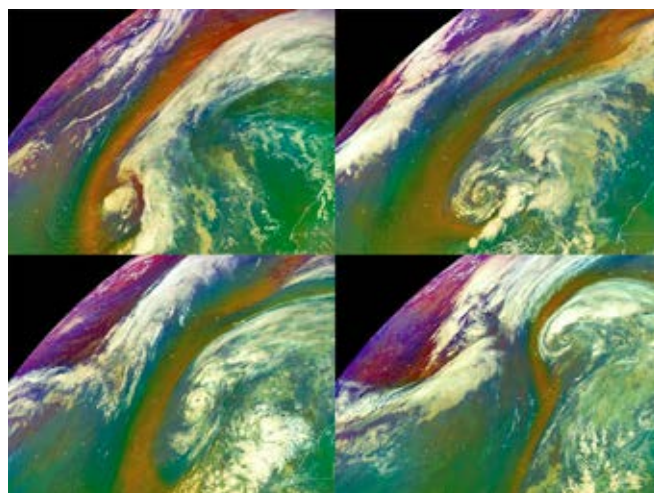


Image composite de Meteosat-10 : masses d'air du 12/01 (haut/gauche), 13/01 (haut/droite), 14/01 (bas/gauche) et 15/01 (bas/droite).
Source : EUMETSAT

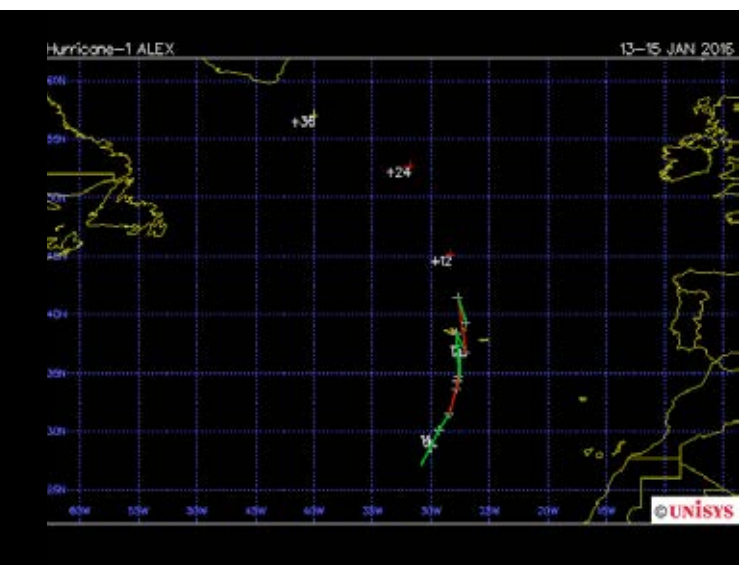
froid» à -60°C, aurait «apporté l'énergie suffisante pour faire du phénomène un ouragan».

On peut y voir un lien avec El Niño, qui a été particulièrement puissant en 2016. En effet, quand un El Niño sévit, toute la structure atmosphérique se décale : une dépression est remplacée par une haute pression et inversement. Là où Alex s'est développé, se trouve habituellement l'anticyclone des Açores. Celui-ci n'étant pas présent, une dépression a pu se développer et se transformer en ouragan, en fonction des conditions précitées. En 1938, l'anticyclone des Açores avaient aussi été remplacé par des zones de basses pressions.

En conclusion, nous avons été témoins d'une situation très particulière, hors normes, pour la formation d'un ouragan, mais qui montre que la nature a plus d'un tour dans son sac !

DE LA PLUIE, DE LA PLUIE ET ENCORE DE LA PLUIE ...

De janvier 2016 jusqu'à environ la moitié de l'année, on a récolté à Uccle chaque mois plus que la valeur normale de quantités de précipitations, avec des inondations de la fin mai à début juin en plusieurs régions.



Évolution de l'ouragan Alex : de tempête tropicale en vert à ouragan de force 1 en rouge.



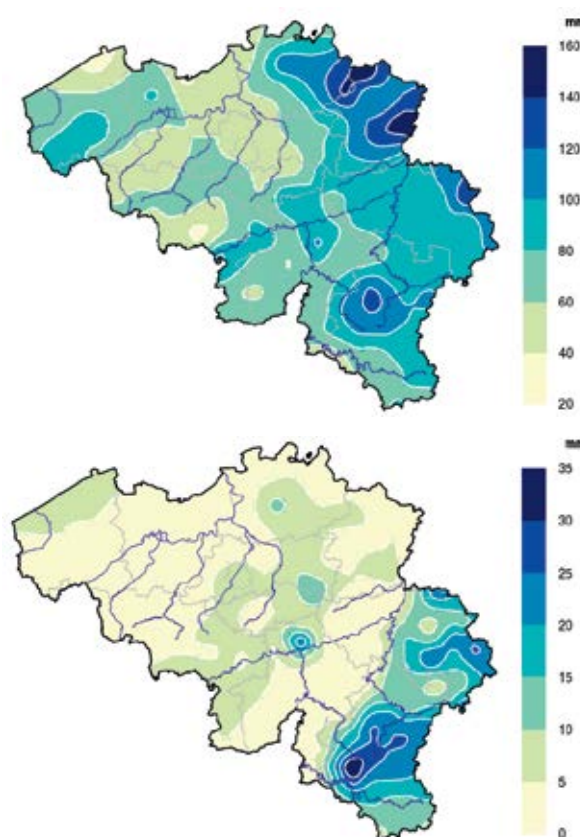
Les provinces de Hainaut et de Flandres Orientale et Occidentale ont d'abord été touchées le mardi 31 mai, suivies par celles d'Anvers et de Limbourg le 02 juin.

Ce fut alors le tour de la province de Luxembourg où la commune de Nassogne a dû déclencher le plan communal d'urgence, les rues s'étant transformées en rivières. Le réseau officiel de stations de mesures avait récolté entre 25 et 35mm dans la région, la nuit précédente. Ces quantités ne sont normalement pas en mesure d'occasionner de tels dégâts, mais les pluviomètres avaient déjà récolté entre 80 et 120mm de pluie dans cette même région depuis le 27 mai. Le sol ainsi que les rivières étaient saturées en eau, et une grosse averse a donc pu causer ces débordements.

Ce surplus de précipitations ne s'est pas arrêté là car les cartes de prévisions européennes ne montraient que peu voire pas de changement dans les jours à venir. Durant toute cette période, de l'air humide et instable en provenance de l'Allemagne et des Pays-Bas était envoyée vers notre pays, provoquant parfois de fortes averses orageuses.

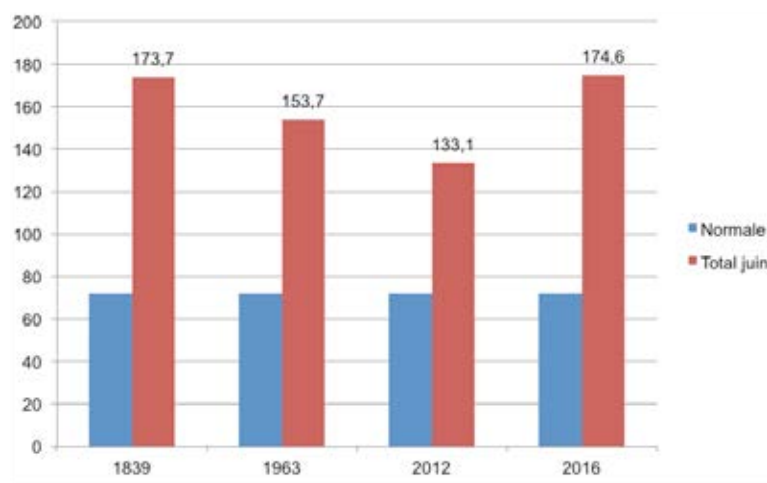
Ces pluies incessantes ont provoqué un nouveau record de précipitations pour un mois de juin. On a récolté à Uccle un total de 174,6mm de précipitations, soit une quantité exceptionnellement importante par rapport à la normale de 71,8mm. La plus grande quantité relevée en une journée fut de 36,7mm, le 07 juin. Cette quantité se situe bien au-dessus du précédent record pour la période 1981-2016, qui était de 133,1mm en 2012. Le record absolu (1833-2016) a lui aussi été battu : on avait mesuré 173,7mm en 1839 et 153,7mm en 1963.

Pas seulement à Uccle, mais aussi partout ailleurs dans le pays, les quantités de précipitations recueillies ont été supérieures aux valeurs normales. Le plus grand écart à la normale a été constaté en Campine limbourgeoise, avec jusque 350% de plus que la moyenne des précipitations pour un mois de juin. On a récolté un total de 108,6mm le 01 juin à Lommel, soit beaucoup plus que ce que l'on récolte normalement sur tout un mois de juin : 77,7mm. Ce ne fut pas le seul endroit du pays où l'on a récolté plus de précipitations en un jour que sur la durée de tout un mois.



En haut : le total des précipitations mesurées entre le 27 mai 08h00 et le 03 juin 08h00

En bas : le total des précipitations mesurées entre le 02 juin 08h00 et le 03 juin 08h00



LES VIOLENTS ORAGES DU 23 JUN 2016



Photo : Quentin Laffineur, Namur

Ce jeudi 23 juin 2016, notre pays était sous l'influence de courants méridionaux en provenance de la France et remontant du sud, à l'avant d'un vaste front froid s'étendant du nord-ouest de la Péninsule Ibérique au sud de la Norvège. En fin d'après-midi, les températures se situaient autour de 29 ou 30 °C en beaucoup d'endroits, voire 31 ou 32 °C dans le nord-est du pays. La température du point de rosée (température à laquelle il faut refroidir l'air pour avoir formation de rosée ; celle-ci est d'autant plus élevée que l'air est riche en vapeur d'eau) était souvent comprise entre 20 et 22 °C. La masse d'air sur nos régions était donc caractérisée par une température et une humidité élevée, constituant les ingrédients propices à des développements orageux.

En fin de journée, une ligne d'instabilité (ou creux thermique : lorsque de l'air froid passe au-dessus d'une surface plus chaude, l'air devient instable et est soulevé en altitude. La perte de masse crée un creux ou une dépression.) s'est développée sur le nord de la France et est remontée vers notre pays. Des cumulonimbus (nuages d'une extension verticale de plusieurs km) se sont alors rapidement formés et ont donné lieu à des orages violents, accompagnés de fortes pluies et parfois aussi de grêle. Certains orages ont également été le siège d'une dynamique importante. Ces cellules orageuses étaient donc très actives et ont déployé une énergie importante (de l'ordre de 2500 Joules / Kg d'air).

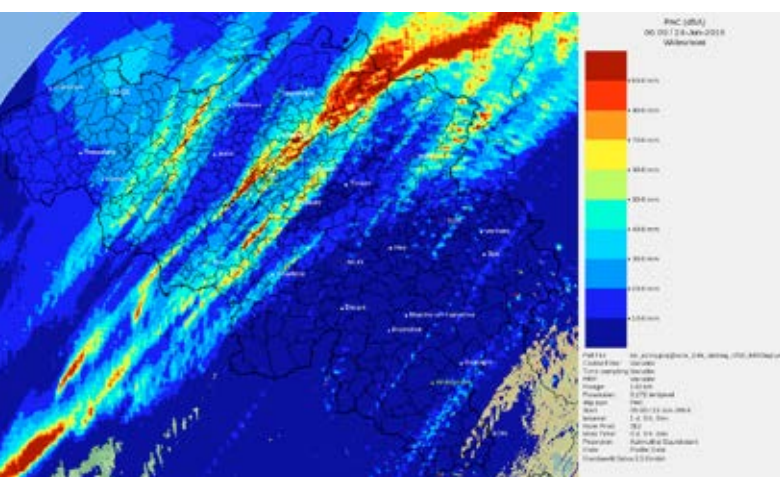
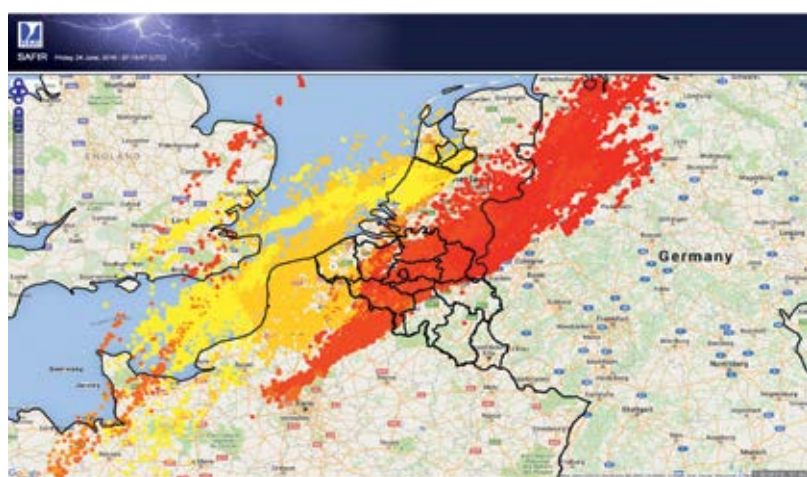


Image du radar de Wideumont : estimation des quantités de précipitations tombées entre le 23/06/2016 08h et le 24/06/2016 08h (heure locale).



Carte des impacts de foudre au sol et des décharges intra-nuages, du 23 juin 2016.



Cette carte de Belgique montre les quantités de précipitations maximales relevées en 24h.

La zone d'activité principale a d'abord affecté plusieurs zones de la province du Hainaut en début de soirée, avant d'atteindre le centre du pays, puis les provinces de Anvers et du Limbourg.

La ligne d'instabilité se déplaçant longitudinalement, certaines régions ont pu être touchées par plusieurs orages successifs, ce qui a contribué à accroître le cumul de précipitations sur l'ensemble de l'épisode orageux.

Ces orages intenses étaient bien prévus par l'IRM qui avait d'ailleurs émis un avertissement de niveau orange.





EXTENSION DE L'ATLAS CLIMATIQUE DE BELGIQUE

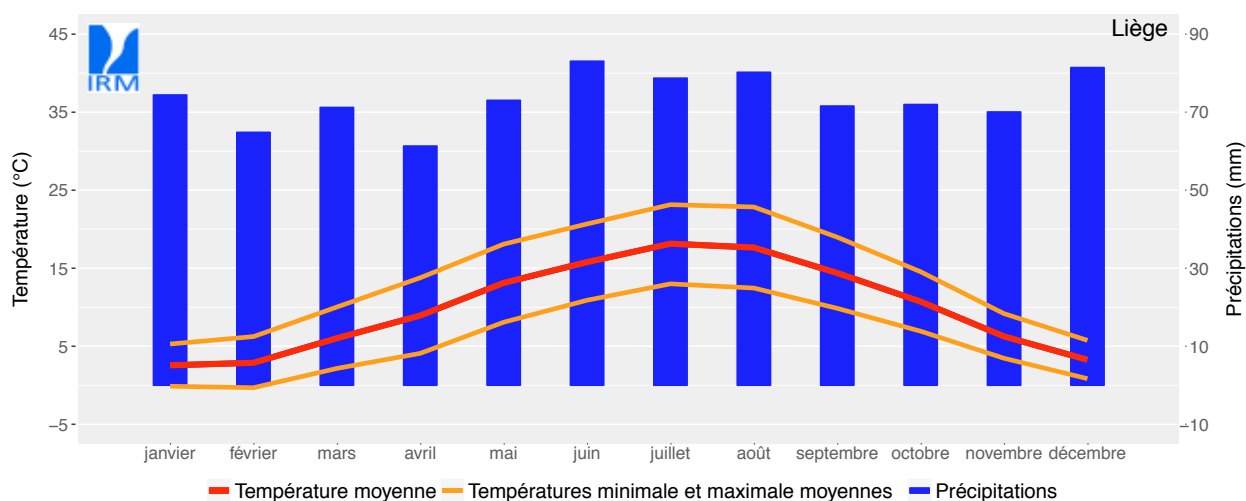
L'atlas climatique de Belgique vous propose régulièrement des nouveautés. En 2016, il a été affiné au niveau communal et dispose d'une nouvelle section concentrée sur les orages.

FICHES CLIMATIQUES COMMUNALES

L'IRM a mis à disposition du public des fiches synthétiques du climat moyen (1981-2010) de chaque commune belge au format pdf.

Pour chaque commune, ces fiches rassemblent un ensemble de statistiques climatiques présentées sous forme de tableaux et graphiques.

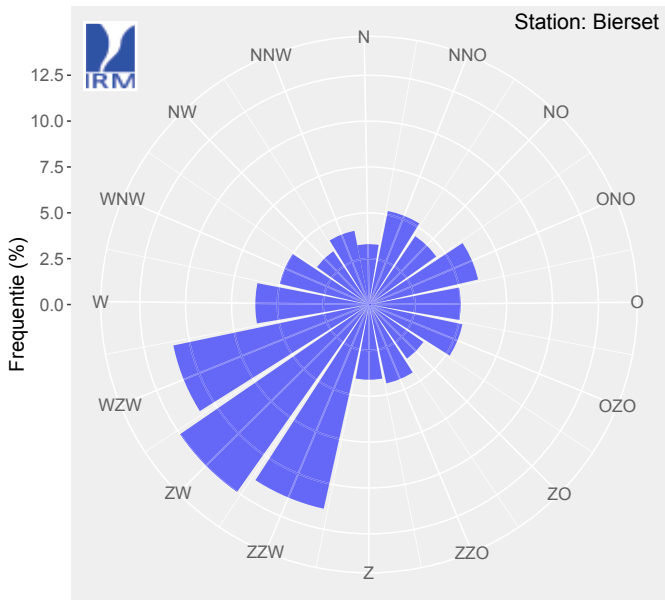
Valeurs annuelles et mensuelles



	année	jan	fév	mar	avr	mai	jui	juil	aoû	sep	oct	nov	déc
Température moyenne (°C)	9,9	2,6	2,9	6,0	8,9	13,1	15,8	18,2	17,7	14,4	10,7	6,3	3,3
Température maximale moyenne (°C)	14,0	5,3	6,2	10,0	13,8	18,1	20,7	23,2	22,9	19,0	14,6	9,2	5,8
Température minimale moyenne (°C)	6,0	-0,1	-0,3	2,2	4,1	8,1	10,9	13,0	12,5	9,9	6,9	3,5	0,8
Degrés-jours 15/15 (°C) ⁽¹⁾	1925,6	366,5	323,6	254,5	162,7	63,6	19,2	2,7	3,2	29,6	114,9	241,4	343,7
Jours de printemps ⁽²⁾	90,2	0	0	0,6	3,9	11,4	15,6	22,1	21,7	11,2	3,6	0,1	0
Jours d'été ⁽³⁾	31,2	0	0	0	0,6	2,9	6,0	10,0	8,6	2,8	0,2	0	0
Jours de chaleur ⁽⁴⁾	5,3	0	0	0	0	0,2	0,8	2,3	1,9	0,2	0	0	0
Jours d'hiver ⁽⁵⁾	9,0	3,8	2,7	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0,4	1,9
Jours de gel ⁽⁶⁾	59,7	15,2	14,2	7,9	1,9	0,1	0	0	0	0	1,1	6,1	13,2
Jours de gel sévère ⁽⁷⁾	1,6	1	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1
Quantités de précipitations (mm)	882,0	74,4	64,8	71,2	61,3	73,1	83,1	78,7	80,2	71,6	72,0	70,1	81,5
Jours de précipitations, 1mm/jour ⁽⁸⁾	142,4	13,2	11,6	13,3	10,7	11,6	11,6	11,0	10,7	10,7	11,2	12,8	14,0
Jours de précipitations, 10mm/jour ⁽⁸⁾	23,4	1,7	1,8	1,8	1,6	1,8	2,5	2,2	2,5	1,7	2,0	1,8	2,0

5°

Les nouveaux produits de l'IRM



Exemple de graphique de rose des vents.

Une mise à jour des cartes relatives au rayonnement solaire et à la durée d'insolation, établies pour une période de 30 années (1984-2013) au lieu de 11 années (1995-2005) est maintenant disponible.

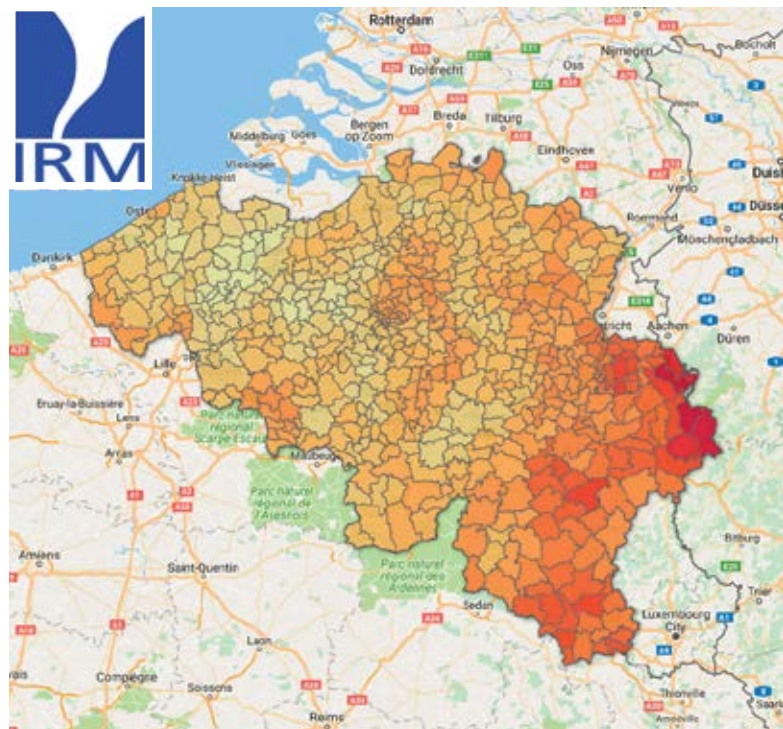
L'atlas climatique de Belgique est disponible gratuitement sur le site de l'IRM www.meteo.be, sous la rubrique « Climat général en Belgique ».

LA Foudre en Belgique

L'IRM dispose de son propre système opérationnel de détection de la foudre, BELLS (BELgian Location System), qui permet de localiser les décharges entre ou intra-nuages et des nuages vers le sol en Belgique et régions limitrophes. Le réseau d'observation de la foudre se compose de senseurs qui détectent le rayonnement électromagnétique dégagé par les décharges de foudre.

Cette carte reprend le nombre moyen de décharges de foudre au sol par commune, basé sur les observations du réseau de détection de l'IRM sur la période 2004-2013.

Si nous regardons la répartition spatiale, on remarque que le nombre d'impacts par km² et par an, varie de 0.3 pour des communes situées dans l'ouest du pays, jusqu'à 1.2 impacts par an par km², pour des communes situées dans l'est du pays. La valeur moyenne pour tout le territoire est de 0.7 impacts par an et par km². La répartition spatiale suit en grande partie la topographie belge, puisque les valeurs les plus élevées d'impacts se retrouvent dans les régions à l'altitude la plus élevée également. Ceci n'est pas étonnant étant donné que les différences d'altitude dans le paysage influencent le développement des nuages d'orage.





L'APP MOBILE DE L'IRM MAINTENANT DISPONIBLE POUR LE GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG

L'IRM travaille constamment au renouvellement de ses produits existants. En 2016, nous avons mis à jour notre application mobile, disponible pour Android et iOS, afin qu'elle fournisse également les prévisions, observations et avertissements pour les communes du Grand-Duché de Luxembourg.

Comment faire pour voir les communes luxembourgeoises ?

Rien de plus simple : tout comme pour les communes belges, vous allez dans les réglages de l'app, choisissez "Communes", et, avec le symbole + en haut à droite de votre écran, introduisez le nom de la commune luxembourgeoise de votre choix.

Vous verrez qu'il s'agit d'une commune luxembourgeoise par le (LU) qui suit le nom de la commune.

Vous bénéficiez de tous les avantages de l'app, comme pour les communes belges.



Exemple de prévisions horaires.



Exemple d'avertissement.



Les observations et prévisions de précipitations avec une référence géographique au niveau de la commune choisie.

5° Les nouveaux produits de l'IRM

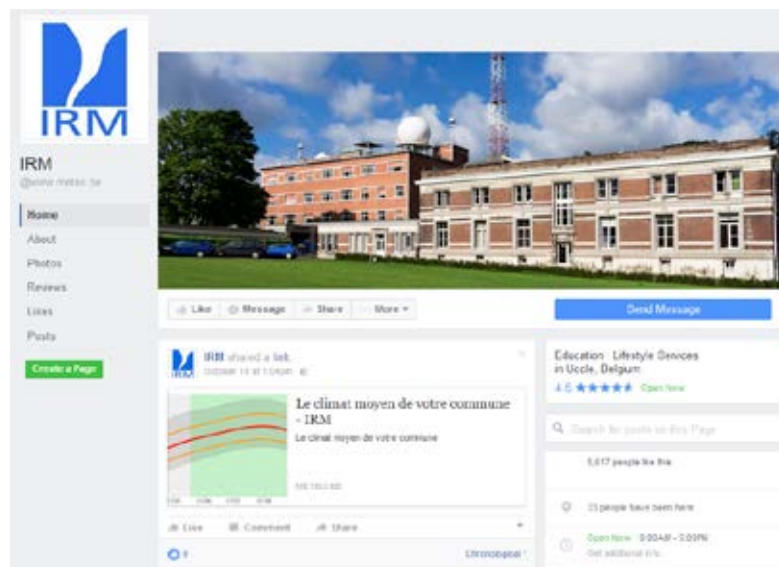
UNE PAGE FACEBOOK ACTIVE POUR L'IRM !

L'IRM alimente depuis 2016 une page Facebook officielle avec des articles et des news variés sur des activités de l'IRM, des phénomènes météo particuliers ou encore des articles intéressants venus d'autres sources fiables.

Vous y retrouvez aussi nos avertissements à partir du niveau orange, pour les orages, les précipitations intenses et abondantes, les tempêtes, les chutes de neige et le verglas, le brouillard et les fortes marées, mais aussi les avertissements chaleur et froid.

Dans la mesure du possible, nous diffusons des sessions « live », soit en cas de phénomènes particuliers, soit pour expliquer certains phénomènes météo.

Le bouton "Like" situé en haut à droite de la page d'accueil de notre site www.meteo.be vous permet de vous abonner à notre page officielle Facebook!



INSTALLATION DE NOS INSTRUMENTS À TRAVERS LE MONDE

L'IRM a réalisé plusieurs installations de ses magnétomètres automatiques AUTODIF et GYROFIF en 2016. Des installations de test et de "proof of concept" ont été déployées en France et au Japon (figure 1). Il s'agissait de démontrer la précision, la fiabilité et le confort d'utilisation de cet appareil automatique à nos collègues Japonais. Ces derniers désirent d'ailleurs installer des équipements automatiques dans certains de leurs Observatoires.

D'autres installations ont été réalisées ou planifiées suite à une commande à l'IRM. C'était le cas en Corée du Sud (figure 2) et en Antarctique à la base Espagnole Juan Carlos Primero (installation en janvier 2017). Un autre GYRODIF a été installé sur les champs pétrolifères et gaziers de Vaca Muerta en Patagonie Argentine. Déployé avec des systèmes de mesure auxiliaires et de transmission de données par satellite, cet ensemble forme le premier Observatoire Magnétique entièrement automatique aux standards INTERMAGNET. Les



À gauche : Un AUTODIF de l'IRM a été installé à l'Observatoire de Kakioka, au Japon.

À droite : Alexandre Gonsette, membre de l'IRM, installe un AUTODIF au KRISS (Korea Research Institute of Standards and Science).



données de cet Observatoire serviront principalement à l'industrie pétrolière : guidage du forage directionnel à l'aide du champ magnétique.

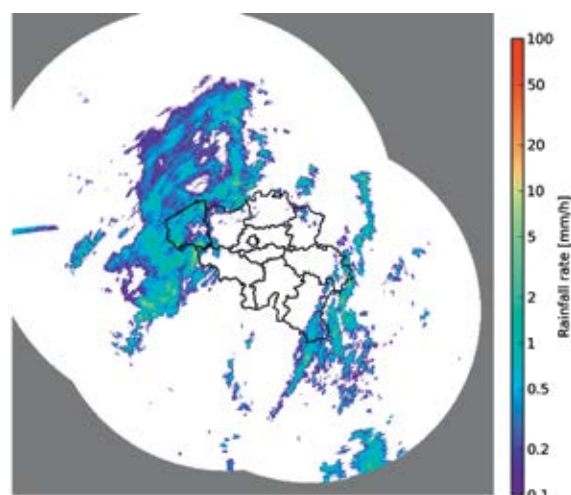
ESTIMATION QUANTITATIVE DE LA PLUIE EN TEMPS RÉEL

Les radars météorologiques permettent d'observer en continu les précipitations (pluie, neige ou grêle) au-dessus de la Belgique et de ses environs. L'onde radio émise par le radar est réfléchiée par les précipitations et son intensité de retour est ensuite mesurée par le même radar. Les rotations et élévations de l'antenne du radar permettent d'obtenir une vue en 3 dimensions des précipitations toutes les 5 minutes. Jusqu'à présent, l'estimation de la pluie au sol était obtenue à partir de la mesure de réflectivité en utilisant une méthode relativement simple. Mais de nombreuses sources d'erreurs affectent cette estimation, notamment les échos parasites et le fait que la mesure soit effectuée à une certaine altitude (qui augmente avec la distance par rapport au radar). Cette estimation "qualitative" convient très bien pour la surveillance de phénomènes dangereux comme les orages intenses. Cependant, pour des applications particulières, comme la prévision des crues en hydrologie, une estimation plus quantitative de la pluie est requise.

Quatre années de recherche ont été consacrées à la mise en place d'une estimation quantitative de la pluie (QPE) à partir des radars météorologiques. Tout d'abord, la qualité des mesures de réflectivité est évaluée en identifiant les échos non météorologiques, en calculant la partie du rayon radar bloquée par la topographie, et en distinguant les précipitations convectives (plutôt en été) et stratiformes (plutôt en hiver). L'estimation du profil vertical de la réflectivité permet d'extrapoler la mesure prise en altitude au niveau du sol. La valeur de réflectivité est alors transformée en un taux de précipitation instantané qui est ensuite accumulé sur une durée choisie. Dans une dernière étape, le cumul radar horaire est combiné avec des mesures pluviométriques au sol selon plusieurs méthodes. Le bénéfice du QPE pour le radar de Wideumont a été démontré sur la période 2005-2014, avec comme référence les mesures indépendantes du réseau climatologique de l'IRM. Les résultats de ce travail ont été publiés dans un journal de la société américaine de météorologie en 2016.

L'Accord de coopération signé en 2016 entre l'IRM et la DGO2 du Service public de Wallonie dans le domaine de l'hydrométéorologie (voir faits marquants) a fourni les moyens pour le développement d'un système générant un produit QPE en temps réel. Le souci apporté à la programmation informatique au cours de la recherche a permis sa mise en place opérationnelle la même année. Le système permet en particulier de traiter les données radars volumiques que l'IRM reçoit d'autres services nationaux et internationaux. Le produit QPE de base (voir figure) est une composite des estimations des radars de Wideumont (IRM), Jabekke (IRM) et l'Avesnois (Météo-France), ajustées avec les mesures pluviométriques du réseau de la DGO2. Ce produit, disponible avec un délai de seulement 5 minutes, est fourni à la DGO2 pour la prévision des crues. Il est aussi utilisé à l'IRM pour les prévisions hydrologiques à long terme, ainsi que pour la vérification du modèle numérique ALARO. Il s'agit d'un exemple particulièrement réussi de transfert de la recherche scientifique vers un nouveau service opérationnel.

En complément au produit QPE, un produit d'alerte en cas de précipitations extrêmes a également été développé à partir des mesures radars. Toutes les 5 minutes, les périodes de retour (ou récurrences) associées à différents cumuls de précipitation (10 minutes, 30 minutes, 1 heure, 3 heures et 24 heures) sont fournies. Elles sont calculées sur base d'un modèle spatialisé de pluie extrême provenant de l'analyse de longues séries pluviométriques de l'IRM. Ce produit est utilisé par les Régions wallonne et bruxelloise pour la prévision des crues éclaircies.







SERVICE SCIENTIFIQUE RECHERCHE CLIMATOLOGIQUE ET MÉTÉOROLOGIQUE

Le Service scientifique “Recherche Climatologique et Météorologique” est actif en recherche et développement dans trois domaines : les aspects fondamentaux de la dynamique de l’atmosphère et du climat, le développement de modèles numériques de processus aussi bien atmosphériques, de surface, qu’hydrologiques, et les études d’incidence pour l’amélioration des modèles de prévision et des services climatiques.

VUE D’ENSEMBLE

Aspects fondamentaux

En 2016, un nouveau modèle océan-atmosphère, le MAOOAM (pour Modular Arbitrary-Order Ocean-Atmosphere Model), a été développé et mis à disposition du monde scientifique pour la recherche sur le climat. De la recherche sur les méthodes stochastiques a également été effectuée, entre autres, afin de pouvoir estimer les incertitudes dans les systèmes de prévisions probabilistes. De telles techniques sont utilisées afin d’estimer les marges d’erreur dans les prévisions et d’en améliorer leurs résultats via des corrections statistiques.

Modèles numériques

Le service joue un rôle prépondérant dans le développement du modèle ALARO où l’accent est mis principalement sur les méthodes numériques pour la résolution des équations sous-jacentes. Pour ce faire, l’IRM travaille en étroite collaboration avec l’EC-MWF (le Centre Européen pour les Prévisions à Moyen terme) dans le cadre du projet Horizon-2020-ESCAPE financé par la Commission Européenne.

Le Service joue également un rôle crucial dans le management du consortium international ALADIN qui développe entretient un modèle de prévisions numé-

riques à la pointe. 2016 a été marquée par plusieurs faits marquants pour cette organisation, tels que la signature d’un nouveau ‘Memorandum of Understanding’ pour ALADIN, la signature d’un nouvel accord de collaboration avec le consortium HiRLAM, l’organisation de nombreuses réunions et workshops ainsi que la fourniture d’une nouvelle version du système ALADIN aux 16 instituts participant au programme.

Dans le domaine de l’hydrologie, le Service a mis au point le modèle SCHEME et veille à sa maintenance. Depuis 2016, ce modèle est capable de retravailler les observations satellitaires afin d’améliorer certains principes de prévisibilité. Une première étude qualitative sur les prévisions saisonnières a pu être effectuée entre temps, mettant en évidence des résultats supérieurs à la normale pour l’hiver et le printemps, au niveau des températures et des précipitations. La modélisation des processus de surface fait également partie du champs d’action de ce service scientifique, qui se concentre principalement sur deux modèles. D’une part, l’IRM entretient un modèle de surface pour le calcul de l’évapotranspiration et des flux de surface. Ce modèle tourne à échelle continentale et est nourri par des données d’observations satellitaires. Une nouvelle méthode permettant de déduire le taux d’humidité du sol à partir des températures de surface a été développé en 2016, et un nouvel appareil de mesure, le système nommé “eddy-covariance”, a été installé afin de pouvoir valider les nouvelles versions de ce modèle. D’autre part, le service scientifique veille au développement du modèle de surface SURFEX. Ce modèle est utilisé pour la fourniture d’études d’impacts climatiques afin d’en évaluer les effets urbains.

Un nouveau super ordinateur avait pu être installé fin 2015 et les modèles numériques de l’IRM ont pu y être transférés en 2016. La puissance de calcul supplémentaire ainsi disponible a été utilisée afin d’obtenir des prévisions numériques plus détaillées. Une version du modèle ALARO tourne en mode quasi-opérationnel depuis 2016, à une haute résolution d’1 kilomètre. La figure ci-dessous illustre quelques résultats prometteurs de prévisions de précipitations très détaillées. Une première version du modèle de prévisions probabilistes de l’IRM, IRM-EPS, y a aussi été installé, et sur base des sorties de ce modèle, un système d’avertissements automatiques en cas de

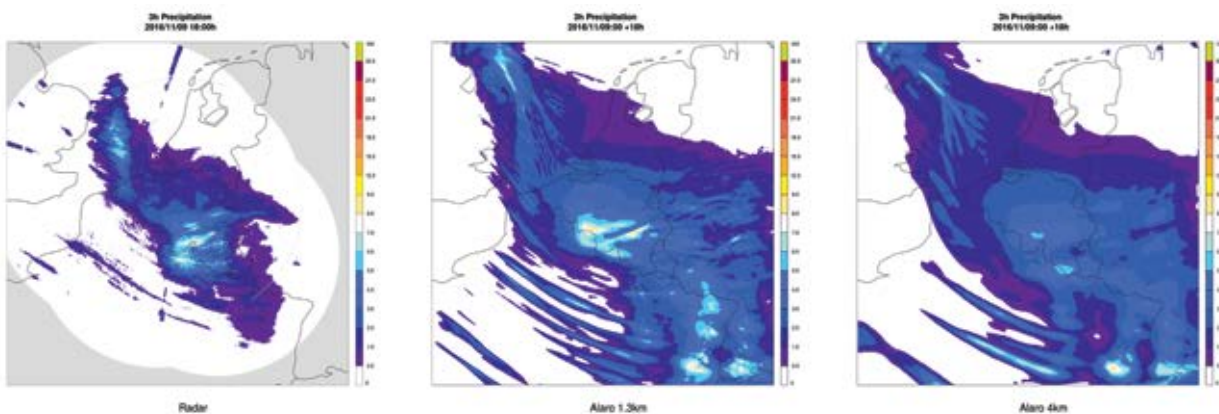
précipitations extrêmes a pu être mis au point.

Etudes d'incidence

En 2016, les simulations climatiques effectuées dans le cadre du projet belge CORDEX.be (www.euro-cordex.be) financé par BELSPO, ont pu être finalisées. Un ensemble limité de données en sortie du modèle a été envoyé vers le centre de données du projet international CORDEX. Le modèle climatique régional de l'IRM a ainsi pu être validé selon les normes internationales et les résultats ont été publiés dans la

en hiver et le risque d'apparition d'orages tempétueux tels que celui qui s'est produit lors du festival Pukkelpop en 2011.

Le Service scientifique "Recherche Météorologique et Climatologique" entretient également des liens étroits avec plusieurs universités belges. Six stations climatiques ont été installées dans le centre de Gand par l'Université de Gand en 2016, afin de mesurer les effets urbains. Un certain nombre d'épisodes d'îlots de chaleur urbaine ont été enregistrés cet été et compa-



littérature scientifique. La figure 2 montre le réchauffement du climat en Belgique pour le 21ème siècle calculé par le modèle climatique régional de l'IRM. Les données du modèle ont été utilisées pour plusieurs études d'impact climatique concernant les vagues de chaleur, la prévention des épisodes de smog

rés aux données des modèles de l'IRM. Les scénarios climatiques de l'IRM ont été calculés en étroite collaboration avec le département de physique et d'astronomie de l'université de Gand.

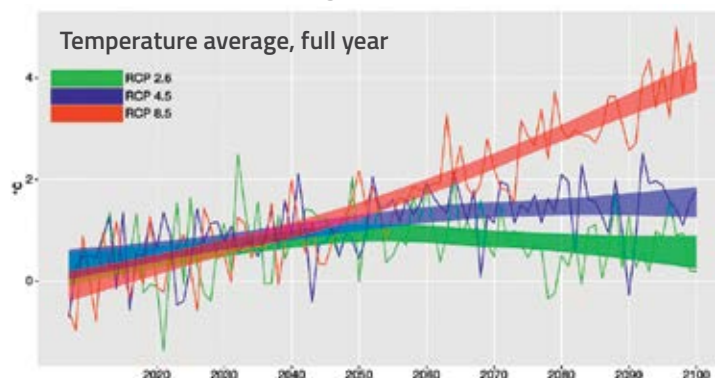
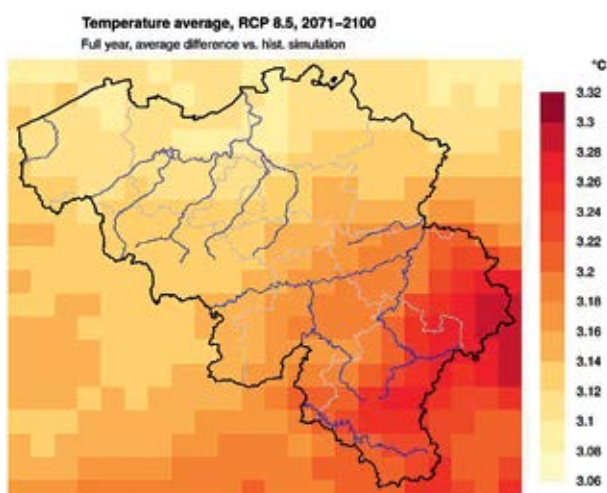


Figure 2 : Changement climatique d'après les scénarios de l'IRM : le réchauffement en Belgique vers la fin du 21ème siècle d'après le scénario RCP 8.5 du GIEC.



DES COLLABORATEURS À L'HONNEUR

2016 fut une année fructueuse pour le Service scientifique "Recherche Météorologique et Climatologique", car il a vu 2 de ses collaborateurs réussir leur doctorat et un autre obtenir un "poster award".



Steven Caluwaerts au centre de la photo.

Steven Caluwaerts a obtenu son doctorat le 18 avril 2016 à l'Université de Gand, pour sa thèse « Horizontal spatial discretization modularity within the spectral semi-implicit semi-Lagrangian ALADIN framework ».

Son travail au sujet des possibilités des prochains super ordinateurs de modélisation du temps a été réalisée en étroite collaboration avec le Service scientifique "Recherche Météorologique et Climatologique" de l'IRM. Cette thèse constitue une contribution importante pour les développements futurs du modèle



Rozemien De Troch lors du passage de son doctorat.

de prévisions ALARO, le modèle de prévisions numériques utilisé par l'IRM pour ses prévisions du temps et ses simulations climatiques.

Un mois plus tard, le 09 mai 2016, Rozemien De Troch a également obtenu son doctorat à l'Université de Gand. Elle défendit avec succès sa thèse intitulée : "The application of the ALARO-0 model for regional climate modeling in Belgium: extreme precipitation and unfavorable conditions for the dispersion of air pollutants under present and future climate conditions".

Son travail de recherche était financé par BELSPO et avait pour but d'étudier en détail les capacités du modèle météorologique opérationnel de l'IRM (ALARO-0) à être utilisé à des fins de modélisation climatologique régionale pour la Belgique. Les résultats et conclusions de Rozemien démontrent que le modèle ALARO-0 peut être utilisé pour de la modélisation climatologique régionale belge, et en particulier, pour l'application des précipitations extrêmes et des conditions météorologiques défavorables à la dispersion des polluants atmosphériques lors d'épisodes de smog hivernaux.



L'IRM ÉTEND SON EXPÉRIENCE EN MATIÈRE D'OBSERVATION À LA TECHNIQUE DE COVARIANCE DE LA TURBULENCE.

L'énergie apportée par le Soleil est un des moteurs les plus importants qui gèrent les échanges d'énergie et de matière entre la surface terrestre et l'atmosphère. Ainsi, le bilan radiatif se répartit en trois composantes principales : 1) un flux de conduction de la chaleur dans le sol (numériquement le moins important en moyenne), 2) un flux de chaleur échangé avec l'atmosphère (appelé 'flux de chaleur sensible'), et 3) un flux d'énergie consommé par le processus d'évapotranspiration (appelé 'flux de chaleur latente') correspondant à la combinaison de l'évaporation du sol (ou des surfaces d'eau) et de la transpiration de la végétation. Cette dernière est elle-même liée au processus de photosynthèse qui régit la respiration de la végétation et les échanges de CO₂ avec l'atmosphère. La connaissance de la répartition de ces différents flux est de première importance pour une bonne compréhension des processus physiques qui se produisent à la limite entre la surface terrestre et l'atmosphère. C'est aussi un élément clé pour une modélisation de qualité utilisée pour les prévisions du temps et l'étude du climat.

Depuis de nombreuses années, la communauté internationale de recherche développe la technique dite 'de covariance de la turbulence'. Cette technique s'est affinée au cours des années et a vu sa robustesse augmenter pour finalement s'imposer comme standard même dans un contexte opérationnel de mesure continue en temps quasi-réel. Cette instrumentation permet de déterminer les contributions relatives des flux de chaleur latente et sensible, ainsi que du flux de CO₂ évoqués ci-dessus. Le principe est basé sur la mesure à très haute fréquence - et le calcul de corrélations - entre les fluctuations de la vitesse du vent d'une part et de la température de l'air, de son humidité ou encore de son contenu en CO₂ d'autre part.

En 2016, l'IRM a initié une collaboration entre ses services scientifiques 'observation' et 'recherche' en acquérant un système de mesure de la covariance de la turbulence. Le système est composé d'un ané-

momètre sonore et d'un analyseur de gaz qui ont tous deux été installés à Uccle pour une phase de tests (voir figures). Cette première année a permis d'acquérir une connaissance pratique de cette instrumentation particulière (y compris ses besoins en matière de maintenance) et de mettre au point l'acquisition et le transfert des données. Une première analyse des observations a été entreprise et promet d'être étendue à diverses applications.



Fig.: Système de mesure des flux turbulents en phase de test à Uccle en 2016 (vue d'ensemble en bas et détail de l'anémomètre sonore au-dessus).

SERVICE SCIENTIFIQUE « OBSERVATIONS »

Le Service scientifique « Observations » de l'IRM est responsable d'un grand nombre d'observations de la météo et du climat. Cela va des mesures au sol via nos stations réparties sur tout le territoire, aux observations spatiales à partir d'instruments placés à bord de satellites. En plus de la mise à disposition opérationnelle des observations en temps quasi-réel, le Service effectue de la recherche quant à l'utilisation optimale des données, l'introduction de nouvelles observations, et le développement de nouvelles applications de ces données. Ces recherches se font dans un cadre international, ce qui constitue une garantie de haute qualité des observations et de la recherche qui y est liée.

Depuis 2000, l'IRM dispose d'un réseau de 17 stations automatiques de première génération, réparties dans tout le pays. La modernisation de ces stations a débuté en 2013. Après les stations de Stabroek, Zeebrugues, Humain, Beitem et Retie, celles d'Ernage et de Melle au également été modernisées. En plus des instruments de mesures classiques, des télomètres-LIDAR ont été installés à Uccle, Zeebrugues, Humain et Diepenbeek. A partir des mesures LIDAR, la hauteur des nuages ainsi que la hauteur de la couche de mélange peuvent être déduites de manière opérationnelle. Un article a été publié en 2016 au sujet d'une méthode originale de caractérisation des aérosols hygroscopiques en tant qu'indicateurs précoces de la formation du brouillard.

Des sondages atmosphériques par ballons sont effectués trois fois par semaine à Uccle. On y mesure les profils verticaux de températures, de vent et de vapeur d'eau, mais aussi les profils d'ozone. L'IRM dispose d'une des plus longues séries d'observations d'ozone en Europe, avec environ 45 ans de mesures. Les données d'ozone sont entre autres utilisées afin de valider certaines observations par satellites. L'IRM a aussi les mesures de l'indice UV et des particules d'aérosols sous sa responsabilité, pas seulement en Belgique, mais aussi à la Station Princesse Elisabeth en Antarctique. Un collaborateur de l'IRM effectue des sondages par ballon à la station polaire à la demande de l'Organisation Météorologique Mondiale.

L'IRM fait aussi usage des radars météorologiques afin d'observer les précipitations et les orages en Belgique, dont ceux de Wideumont et de Jabbeke (propriétés de



Quentin Laffineur, collaborateur de l'IRM, lors d'un lancement de ballon-sonde à la Station Princesse Elisabeth en Antarctique.

l'IRM) et celui de Zaventem (propriété de Belgocontrol). En 2016, un quatrième radar belge a été installé à Helchteren par la Vlaamse Milieu Maatschappij (VMM). L'échange de données radar entre l'IRM et la VMM a débuté en octobre 2016. L'IRM dispose à présent de plus de 13 années d'archives de données radar brutes. Sur base de ceci, des statistiques quant à la fréquence des fortes précipitations, des tempêtes convectives et de la grêle peuvent être réalisées. La mesure des précipitations, compétence officielle de l'IRM, est un input important en modélisation hydrologiques, pour la prévision des inondations ou des bas niveaux d'eau, deux compétences régionales. C'est ainsi qu'en 2016, un accord de coopération structurelle « public-public » entre l'Autorité fédérale et la Région Wallonne a été signé, avec un accent tout particulier sur les applications hydrologiques (voir texte IRM-DGO2). Un nouveau processus de traitement des données radar a ainsi été mis au point et validé par l'IRM afin d'obtenir la meilleure estimation des quantités de précipitations à partir des données radar brutes. Cette méthode fait aussi usage de données de nos AWS et de mesures par satellites.



Les données radar forment un élément important aux modèles de prévisions à très court terme INCA-BE et STEPS-BE, qui extrapolent les observations dans le temps, à très courte échéance de quelques heures (nowcasting). Les produits du système INCA-BE sont mis à la disposition du grand public via l'application mobile de l'IRM, sous la forme d'une combinaison entre les nowcasts radar probabilistes réalisés par STEPS-BE, et les prévisions numériques du modèle ALARO (NWP). L'IRM participe au nouveau programme d'Eumetnet, ASSIST, sur le nowcasting et est déjà depuis longtemps actif dans le programme OPERA, regroupant les radars météorologiques.

L'IRM fut un pionnier dans la détection de la foudre avec l'installation du système SAFIR en 1992. En 2016, la modernisation du système SAFIR vers le système BELLS a été presque achevée. BELLS détecte la foudre par ondes radio que ces décharges émettent. De nouveaux senseurs ont donc été placés à Ernage, Oelegem, Dourbes et Coxyde. Un senseur supplémentaire sera installé à Riemst en 2017.

L'IRM représente la Belgique au niveau de l'organisation intergouvernementale Eumetsat qui est en charge de la gestion des satellites météorologiques



Nouveau détecteur de foudre BELLS à Dourbes.

européens opérationnels. Le Service scientifique « Observations » est en charge du soutien scientifique pour l'utilisation quotidienne des images Meteosat par les prévisionnistes.

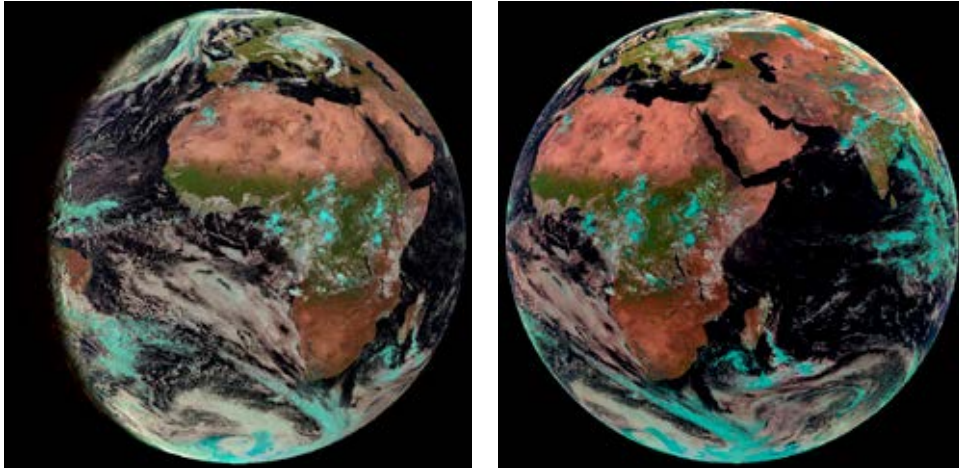
L'IRM construit lui-même ses propres instruments spatiaux de mesure de l'irradiance solaire (la quantité d'énergie envoyée vers la Terre par le Soleil, et qui influence notre climat). Depuis le vol du premier Spacelab en 1983, un total de 11 vols spatiaux accompagnés de 6 instruments de mesure différents ont été réalisés. Du plus ancien instrument, le Diarad/Virgo lancé le 2 décembre 1995 et qui a commencé ses mesures le 16 janvier 1996, nous disposons d'une série de mesures de plus de 20 années. L'instrument était initialement prévu pour fonctionner pendant 2 à 6 ans, mais après avoir passé une vingtaine d'années dans l'espace, il fonctionne toujours parfaitement. De quoi mettre en avant le savoir-faire technologique spatial belge.

Depuis 2003, l'IRM est également responsable du traitement des données des instruments GERB, présents sur les satellites Meteosat Seconde Génération. Les données GERB sont entre autres utilisées pour effectuer le contrôle de qualité du modèle de prévisions météorologiques ECMWF.

GERB est le seul instrument au monde à mesurer le cycle journalier du rayonnement terrestre sortant. Ce cycle journalier est fortement lié au déroulement de la convection tropicale. La paramétrisation de cet élément dans les modèles climatiques et météorologiques pourrait être sensiblement améliorée. Ainsi, après de longues années d'un travail de lobby de l'IRM, Eumetsat a finalement placé Meteosat-8 au-dessus de l'Océan indien en octobre 2016. Meteosat-8 est le plus ancien satellite géostationnaire Meteosat de seconde génération encore en service. Un satellite géostationnaire prend des images en continu d'une partie de la Terre, à partir d'une orbite à 36 000 km au-dessus de l'équateur. On peut choisir de quelle partie de la Terre l'on souhaite prendre des photos, en en modifiant la longitude. Ce déplacement de Meteosat-8 est intéressant afin d'étudier l'influence de la pollution atmosphérique asiatique sur le climat.

6°

La recherche à l'IRM



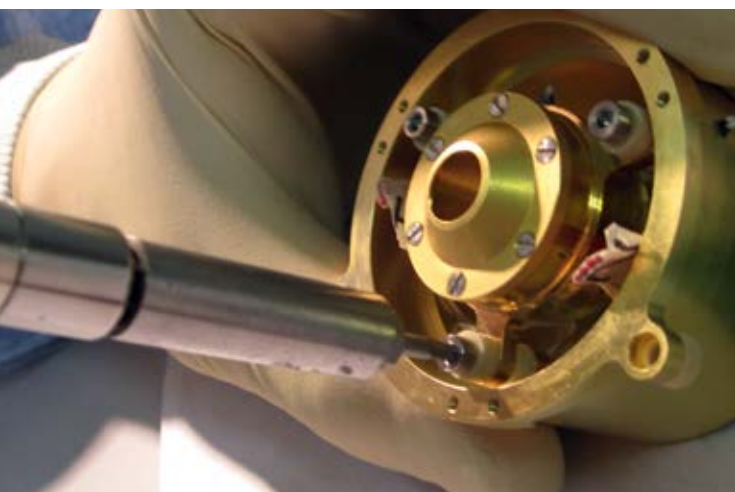
À gauche : photo de la Terre prise par Meteosat-10 à 0°.

À droite : photo de la Terre prise par Meteosat-8, à partir de sa nouvelle position à 41,5° E.

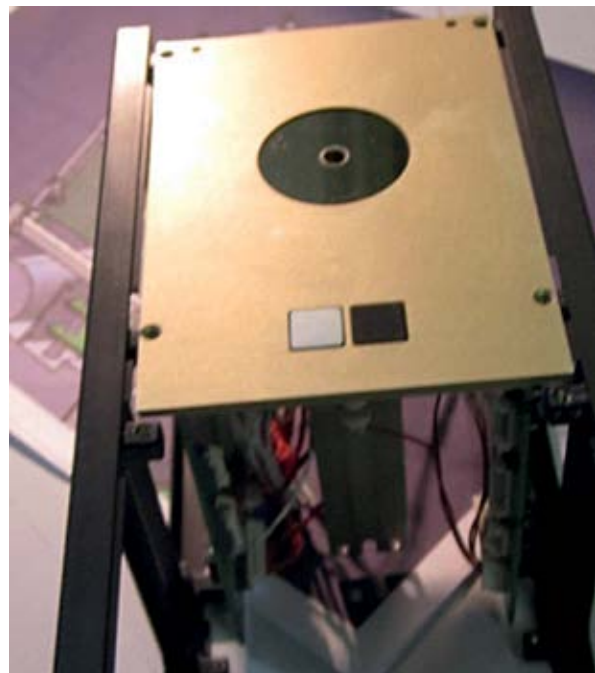
Le Service Observations travaille parallèlement à la préparation du traitement des données du futur satellite Earthcare de l'ESA. En plus d'un LIDAR et d'un radar, Earthcare disposera aussi d'un radiomètre à bande large (Broad Band Radiometer, BBR), un instrument similaire à GERB. Earthcare pourra livrer des informations quant aux profils verticaux du rayonnement dans l'atmosphère.

Travailler sur le satellite SIMBA est aussi au programme. SIMBA pourra mesurer le rayonnement solaire aussi bien entrant que sortant. Il s'agit d'un

petit satellite de 10x10x34 cm appartenant à la famille des « Cubesat ». En 2016, le « Critical Design Review » de SIMBA a été réussi. Il s'agit du dernier test avant la construction réelle du satellite qui se fera normalement en 2017. Le lancement en est prévu pour 2018.



Vue de face du satellite SIMBA.



Montage de SIMBA.



L'IMPACT DE L'HOMOGÉNÉISATION DES DONNÉES DE CONCENTRATIONS ET DE TENDANCES D'OZONE À UCCLE ET DE BILT

Depuis 50 ans, l'IRM lance des ballons météorologiques équipés de sondes qui mesurent la quantité d'ozone en fonction de l'altitude. L'ozone est un composant important de l'atmosphère : la couche d'ozone, qui se situe à une altitude entre 20 et 25 km, retient une grande partie du rayonnement ultra-violet et protège hommes et animaux des brulures du soleil. D'autre part, l'ozone qui se situe à environ 10 km d'altitude, se comporte principalement comme un gaz à effet de serre, alors que de fortes concentrations d'ozone dans les couches inférieures de l'atmosphère – de 0 à 3 km – sont dangereuses et peuvent provoquer des problèmes respiratoires.

Les sondes d'ozone sont constituées d'une petite pompe qui souffle l'air ambiant sur deux cellules reliées entre elles. Dans ces cellules, des composants chimiques réagissent uniquement en présence de molécules d'ozone. Cet instrument n'a pour ainsi dire presque pas été modifié durant ces 50 années de mesures. Seuls plusieurs types en ont été développés qui réagissent différemment aux concentrations d'ozone. La préparation et l'étalonnage de l'instrument ont évolué avec le temps et les scientifiques ont, en autres, expérimenté différentes concentrations de solutions chimiques dans les cellules de détection. Grâce aux expériences par ballon ou par des tests en chambre pressurisée, où les conditions atmosphériques sont simulées, de plus amples connaissances sur l'instrument en lui-même mais aussi sur la correction des données, ont pu être accumulées. Tout un arsenal de méthodes de corrections possible a pu être rassemblé au fil du temps. Afin d'apporter un peu d'ordre dans cette pléthore de procédures de préparation et de corrections de données, une équipe internationale a mis au point des procédures et des corrections standardisées, ainsi que des prescriptions de fonctions de transfert afin de pouvoir transposer les données existantes vers ces références.

Le but de ce projet nommé O3S-DQA (Ozone Sonde Data Quality Assessment) est la création d'une série de données homogènes de profils verticaux d'ozone,

non seulement par station, mais aussi de manière plus globale dans environ 60 endroits répartis dans le monde, où des sondages d'ozone sont réalisés.

Deux de ces stations, Uccle (Bruxelles) et De Bilt (Utrecht, Pays-Bas), ne sont pas très éloignées l'une de l'autre (environ 175 km à vol d'oiseau). Ces deux stations ont bien entendu développé leurs propres algorithmes de correction mais nous y attendons une répartition verticale des concentrations d'ozone assez similaires, surtout après le transfert des données de ces deux stations vers la nouvelle référence, ce qui nous permettra d'en apprendre énormément quant à l'impact des différentes méthodes de correction appliquées aux données, et qui influencent directement les tendances en concentrations d'ozone depuis le début des mesures.

Nous avons d'abord comparé les profils d'ozone moyens de Uccle et De Bilt, dont un exemple pour la période 1997-2014 se retrouve à la Fig. 1. Nous pouvons affirmer que ces deux profils ne sont pas tout-à-fait identiques : le maximum d'ozone à De Bilt se situe à une altitude sensiblement inférieure à celui d'Uccle. Nous avons aussi constaté que les corrections standards (étiquetées 'O3S-DQA' dans la figure) ne rapprochent pas du tout les profils moyens, que du contraire ! Ceci est tout-à-fait remarquable et nous ne le comprenons pas entièrement.

Lorsque nous regardons les tendances en concentrations d'ozone par rapport aux méthodes de corrections appliquées, pour les deux stations et pour la même période (voir Fig. 2), nous devons également constater que les corrections standards ne donnent lieu à un rapprochement dans les tendances d'ozone qu'entre 12 et 24 km d'altitude. Il faut ici comparer les divergences entre les lignes bleues et noires d'une part, et les lignes rouges et vertes, d'autre part.

On peut encore tirer une conclusion importante de l'analyse de cette figure. Les tendances ont été calculées depuis l'année 1997, au moment où les concentrations en gaz affectant l'ozone dans les couches supérieures de l'atmosphère avaient atteint leur pic, principalement à cause de l'activité humaine. Depuis cette période, nous nous attendons à un rétablissement prudent de la couche d'ozone et donc à trouver des valeurs positives dans les tendances.

La figure 2 nous apprend que la tendance n'est pas seulement dépendante de la station où les mesures sont effectuées, mais aussi de la méthode de correction appliquée aux données. Il est donc provisoirement encore trop tôt pour pouvoir parler de rétablissement significatif de la couche d'ozone au-dessus de nos contrées !

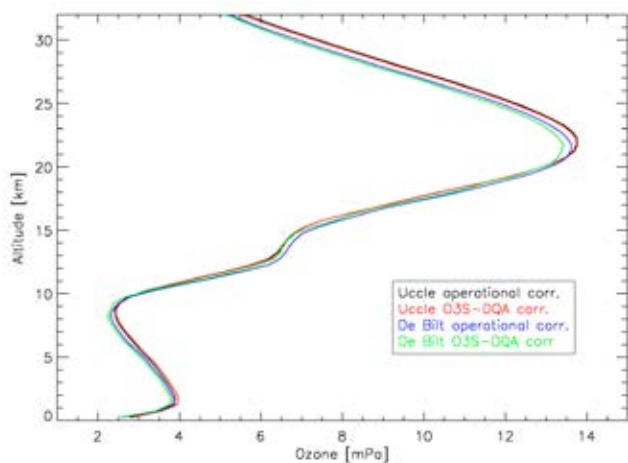


Figure 1 : Répartition verticale moyenne des concentrations d'ozone ("profils d'ozone") au-dessus d'Uccle et De Bilt pour la période 1997-2014. Les différentes couleurs représentent les différents profils obtenus après application des différentes méthodes de correction (opérationnelle ou homogénéisée, O3S-DQA, voir texte) des données. Il ressort de la figure que le maximum d'ozone (ou le maximum de la couche d'ozone) se retrouve en moyenne vers 22 km d'altitude au-dessus de nos régions.

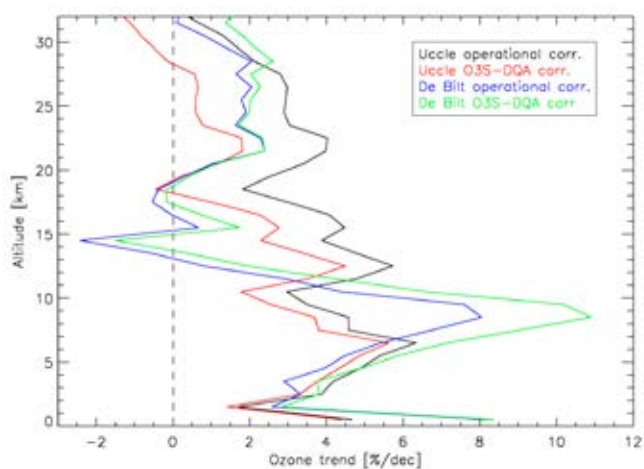


Figure 2 : Tendances des concentrations d'ozone (en %/décennie) pour la période 1997-2014, au-dessus d'Uccle et De Bilt, en fonction des différentes méthodes de correction appliquées aux données.

Des scientifiques de l'IRM publient un article de référence sur la constante solaire

Le climat de la Terre est essentiellement influencé par la quantité d'énergie que la Terre reçoit du Soleil. Cette énergie est quantifiée par ce que l'on appelle l'irradiance ou la constante solaire. L'IRM dispose d'une expérience de plus de 30 ans dans la mesure de cette constante à partir de l'Espace et contribue par ce fait de manière importante à la recherche internationale sur le climat. Des scientifiques de l'IRM viennent de publier un article dans le prestigieux "Astrophysical Journal", qui apporte une réponse aux deux questions liées à la constante solaire faisant débat depuis de nombreuses années dans le monde scientifique :

Le Soleil exerce-t-il une influence significative sur le changement de climat observé sur Terre ?

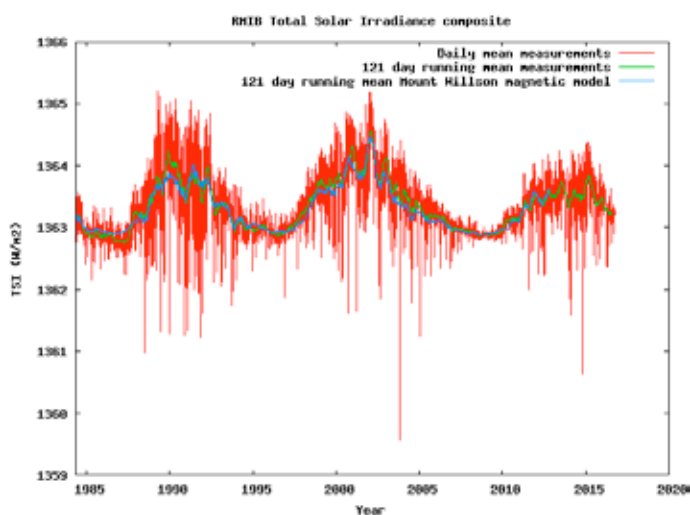
Il est depuis longtemps connu que l'irradiance solaire varie en phase avec le cycle solaire tous les onze ans. Ce cycle est connu depuis environ 300 ans par l'observation des taches solaires. Ce cycle solaire de onze ans provoque de faibles variations de température sur Terre de l'ordre de 0,1°C à 0,15°C. La question de savoir si le Soleil influence de manière significative à plus long terme le changement de climat sur Terre restait ouverte, du moins jusqu'à maintenant. A partir d'une analyse détaillée des mesures spatiales disponibles sur la période 1982 à 2016, rien ne laisse supposer une influence des variations de la constante solaire à plus long terme (en plus du cycle de onze années) sur le changement de climat.

Quelle est la valeur moyenne de la constante solaire ?

En plus de la mesure des variations de la constante solaire, les scientifiques s'interrogeaient sur la mesure la plus précise possible de la valeur moyenne de celle-ci. Il s'agit d'un problème de métrologie qui exige l'utilisation de radiomètres absolus, non calibrés en fonction d'une source extérieure. Sur base de mesures que nous avons effectuées à partir de la Station Spatiale Internationale en 2008 et sur base d'une validation en laboratoire effectuée en 2013, nous avons pu déterminer que la valeur moyenne de la constante solaire pendant le cycle de onze ans est de 1363 W/m². Cette valeur consensus s'écarte assez fortement de « l'ancienne » valeur des années



'90 qui était de 1365 W/m^2 , tout comme de la « nouvelle » valeur de 1361 W/m^2 , récemment proposée par des collègues américains.



Le modèle de dispersion opérationnel de l'IRM

L'IRM dispose d'un modèle de dispersion opérationnel depuis 2014. Un modèle de dispersion simule le transport en fonction du temps des particules fines et de gaz dans l'atmosphère à l'aide de données météorologiques comme le vent, les précipitations, la température...

Le modèle est utilisé pour diverses applications telles que lors d'une éruption de volcans afin de pouvoir suivre et prévoir le trajet des cendres volcaniques, ou encore lors d'incidents nucléaires, afin de pouvoir suivre l'évolution des nuages radioactifs.

Etant donné que le voyage de ce genre de particules ne s'arrête pas aux frontières des pays, le modèle fournit actuellement des prévisions pour toute la moitié nord du globe, pour les trois prochains jours. La Figure 1 montre une simulation d'un incident survenu le 24 octobre 2016 à la centrale nucléaire de Halden en Norvège.

Plusieurs centrales étant présentes en Belgique, il est d'une très grande importance lors d'un éventuel incident nucléaire, de pouvoir rapidement se rendre compte de la situation. C'est pourquoi l'IRM effectue une simulation de dispersion tous les jours pour les centrales nucléaires belges. C'est dans ce contexte que

l'IRM travaille en étroite collaboration avec le Centre de Crise et est disponible 24/7. Les volcans islandais sont par la même occasion tenus également à l'œil.

L'IRM et son modèle de dispersion ne sont pas actifs que sur le plan national, mais aussi sur le plan international. Nous sommes un partenaire de la Comprehensive Test-Ban Treaty Organisation (CTBTO), une organisation internationale qui contrôle le traité de non-prolifération des armes nucléaires. L'IRM participe à des exercices de dispersion internationaux afin de pouvoir comparer ces résultats aux nôtres, et donc de pouvoir améliorer constamment notre propre modèle.

En plus de ses tâches opérationnelles, la recherche scientifique est aussi importante pour l'IRM, c'est pourquoi une collaboration avec d'autres institutions scientifiques est primordiale. Une thèse de doctorat est en cours en collaboration avec le SKK-CEN (le centre d'étude pour l'énergie nucléaire à Mol) et l'Université de Gand et a pour but de quantifier les incertitudes présentes dans les modèles de dispersion ; ceci pourra aider les autorités à mieux évaluer certaines situations, et donc à prendre de meilleures décisions.

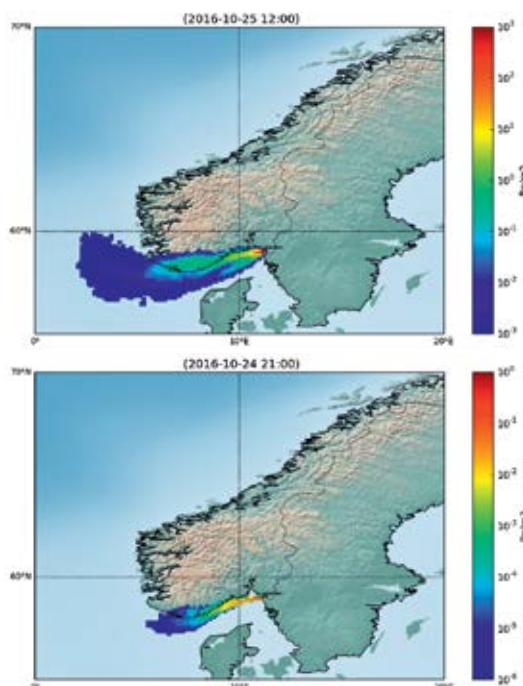


Figure 1 : Concentrations modélisées de I131 dans l'air le 24 octobre 2016, lors d'une simulation d'incident à Halden en Norvège.

SERVICE SCIENTIFIQUE DE L'IRM À DOURBES

Le Service Scientifique de l'IRM à Dourbes a eu de nombreuses activités de recherche et de networking durant cette année. Trois importants congrès ont été organisés durant l'été, à Dourbes et ses environs, chacun concernant les recherches effectuées dans les trois unités du Service. Ces réunions ont eu un caractère international et ont vu plus de 200 personnes s'y réunir. Une grande activité a aussi été déployée dans l'installation à l'étranger et en Belgique de plusieurs dispositifs AUTODIF et GYRODIF, permettant des observations précises et entièrement automatiques du champ magnétique pour des Entreprises publiques et privées : KRISS en Corée, JMA au Japon et Total en Argentine.

L'étude d'une nouvelle infrastructure de recherche «chambre à champ magnétique nul» a été poursuivie par des modélisations très fines, utilisant entre autres le logiciel COMSOL 5.0. Dans le domaine de la météo de l'espace de nouveaux services voient le jour, permettant le monitoring, la prévision et l'émission d'alertes au public lors de situations dangereuses.

Le Service a activement contribué à l'activité économique engrangeant notamment des contrats avec AIRBUS, Liège Airport et l'aéroport BSCA.

L'indice K à haute résolution pour les prévisions météorologiques spatiales

L'utilité première des indices d'activité géomagnétique est de pouvoir quantifier les perturbations du champ magnétique terrestre (local ou global) et de pouvoir caractériser leur origine et leur échelle temporelle. L'indice K, un de ces critères, explique les caractéristiques morphologiques des variations irrégulières temporaires du champ magnétique terrestre et a été développé afin de pouvoir déterminer l'activité géomagnétique pendant un intervalle de 3 heures pour un endroit donné. L'indice K se présente sous la forme d'un code de nombres entiers entre 0 (soit un champ magnétique « relativement calme ») et 9 (soit un champ magnétique « très perturbé »). Le même intervalle de 3 heures est utilisé à chaque station où l'on mesure des indices K, soit 00-03, 03-06, 06-09, 09-12, 12-15, 15-18, 18-21, 21-24 UTC.

Différents chercheurs dans le domaine de l'ionosphère et de la météorologie spatiale ont opté pour l'utilisation de l'indice K. Le NOAA, par exemple, se sert d'échelles de météo spatiale servant de référence et qui utilisent l'indice K planétaire (Kp) en tant que référence physique pour évaluer les conséquences d'une tempête géomagnétique sur les engins spatiaux, les réseaux électriques et d'autres systèmes. Un autre exemple en est le modèle IRI (International Reference Ionosphere model) du COmmittee on SPACE Research (COSPAR), le modèle ionosphérique empirique global le plus avancé et qui se sert de l'indice Kp en tant que principal input. L'indice K local est utilisé à l'IRM pour le monitoring opérationnel de l'activité ionosphérique et afin de prévenir les utilisateurs lors de l'occurrence de tempêtes magnétiques.

A l'heure actuelle, plusieurs centres proposent des estimations en temps réel de l'activité géomagnétique, basées sur des observations au sol. Ainsi, le centre allemand pour la recherche sur les Géosciences propose une valeur estimée d'un « Quicklook Kp-index », mis à jour toutes les 3 heures. Le centre américain pour les prévisions météorologiques spatiales (le SWPC : Space Weather Prediction Center)



propose le même genre de service. En plus des observations au sol, il est également fait usage d'observations réalisées à partir de l'espace (les paramètres du vent solaire) afin de produire des prévisions à court et très court terme de l'indice K planétaire. En plus d'une cadence de mise à jour plus rapide (15 minutes au lieu de 3 heures), les prévisions à très court terme sont basées sur un modèle assimilatif étant donné que la disponibilité des données satellitaires n'est pas souvent fiable.

Il a déjà été prouvé que la durée standard fixe de 3 heures nécessaire à la production de l'indice K est beaucoup plus longue que la durée caractéristique des différents phénomènes liés à une activité géomagnétique élevée. Ces derniers provoquent des perturbations de l'ionosphère particulièrement importantes étant donné leur impact négatif sur les moyens de radiocommunication et de navigation actuels. Ce genre de perturbations peuvent se déplacer à grande vitesse (jusqu'à environ 600 m/s) et sont donc capables de couvrir de grandes étendues (comme l'Europe) lors d'importantes tempêtes géomagnétiques. Il est donc évident que si une tempête géomagnétique se produit soudainement au début de la période de 3 heures pour laquelle l'indice K serait valable, la formation et la diffusion des perturbations ionosphériques seraient perdues pour la durée de validité de l'indice K. Partant de ce point de vue, la demande s'est faite de plus en plus grande de pouvoir disposer d'estimation en temps réel de l'activité magnétique (globale et locale) à une échelle de temps plus réduite, avec pour but de pouvoir avertir les utilisateurs pour qu'ils puissent prendre les mesures de sécurité nécessaires. C'est dans le but de répondre à cette demande que le groupe de recherche « Ionosphère et Météorologie spatiale » de l'IRM a mis au point un nouveau système opérationnel d'estimation du champ magnétique en temps réel, au moyen d'un indice de type K (K^*), qui ressemble fortement à l'indice K classique. La principale différence avec les méthodes de post-processing standards se situe dans la manière par laquelle la variation solaire régulière du champ magnétique est déterminée : la nouvelle méthode en temps réel n'utilise que des données

d'observation passées. Une autre différence consiste à remplacer le concept d'indice K unique pour les périodes fixes de 3 heures, par une valeur d'indice K^* pour chaque moment voulu, extrapolée à partir de la période de 3 heures la plus récente. Grâce à cette nouvelle procédure, tout le processus des prévisions à très court terme a pu être automatisé par ordinateur. Cela implique le traitement et la validation des données du magnétogramme digital, la détermination des variations normales du champ et le calcul de l'indice K^* , pour finir par l'envoi d'un avertissement aux utilisateurs, en cas d'activité de tempête magnétique. La cadence initiale des prévisions à très court terme était de 1 heure, ce qui était déjà beaucoup plus court que les estimations d'indice K disponibles ailleurs. Un autre avantage important de ce système de prévisions à très court terme est le contrôle strict de l'alimentation et du traitement des données, ce qui permet un contrôle de qualité immédiat des résultats. Ce nouveau service a été bien accueilli et utilisé pour différents projets nationaux et internationaux, comme par exemple le projet AFFECTS (Advanced Forecast For Ensuring Communications Through Space), faisant partie du 7ème programme-cadre (FP7) de l'Union européenne.

Grâce aux modifications apportées au traitement des données, à la puissance de calcul et à l'infrastructure du réseau, l'algorithme d'estimation de l'indice K, les prévisions à très court terme qui y sont liées ainsi que les avertissements, ont pu être grandement améliorés. Les mesures sur magnétogrammes digitaux arrivent à une résolution d'1 minute et sont directement mis à disposition par le réseau sur le programme de traitement. Après épuration des données, la courbe de la variation solaire normale journalière est déterminée à partir de la médiane (calculée sur une période glissante de 27 jours). Les variations régulières sont annulées en déduisant la médiane des mesures instantanées et donc en produisant la série temporelle résiduelle. L'étendue est ensuite calculée (soit la différence entre la valeur maximale et minimale des 3 dernières heures), dont l'indice K est déduit. Bien que l'indice K soit toujours basé sur les données des 3 heures précédentes, celui-ci peut maintenant être

calculé à une fréquence d'1 minute. Une aussi haute fréquence de calcul de l'indice K n'avait encore jamais été atteinte, ce qui rend ce service unique au monde.

L'amélioration est visible dans la Figure 1, au moyen des résultats des prévisions à très court terme de l'indice K lors d'une tempête géomagnétique récente. Quatre paramètres de ces tempêtes sont particulièrement importants pour les utilisateurs : la puissance de la tempête (càd la valeur maximale de K) et la référence temporelle du début de la tempête, son étendue maximale ainsi que sa fin. Si une valeur de K est produite toutes les 3 heures, cette valeur sera renseignée à la fin de la période de 3 heures par les prévisions à très court terme (les flèches blanches). Cela signifie que l'incertitude, en rapport avec la période exacte de début ou de fin de l'événement, sera répercutée durant 3 heures. Si la fréquence est augmentée vers 1 heure, la valeur K sera alors reproduite à la fin de cette période d'1 heure (les flèches grises). L'incertitude sera alors valable pendant 1 heure. Avec une fréquence de mise à jour d'une minute, cette incertitude n'est même pas valable pendant une minute, ce qui signifie que la période précise de l'événement peut être estimée avec une précision inférieure à une minute.

Le changement de fréquence de prévisions de l'indice K de 3 heures vers 1 minute apporte des avantages évidents. Dans le cas spécifique de la tempête reprise dans la Figure 1, le début de la tempête a pu être « avancé » d'1,5 h. De telles améliorations dans les prévisions à très court terme peuvent être attendues pour pratiquement chaque tempête magnétique.

Vous voulez en savoir plus ? Voici quelques sites web intéressants :

www.swpc.noaa.gov/noaa-scales-explanation

<https://iri.gsfc.nasa.gov>

http://ionosphere.meteo.be/geomagnetism/groun-d_K_dourbes

<http://ionosphere.meteo.be/ionosphere/lieidr>

www.gfz-potsdam.de/en/section/earths-magnetic-field/data-products-services/kp-index/quicklook

www.swpc.noaa.gov/products/planetary-k-index

www.swpc.noaa.gov/products/wing-kp



Fig. 1 : La prévision à très court terme de l'indice K^* avec une résolution d'1 minute, basée sur des mesures de magnétogrammes digitaux à Doubes, durant la tempête magnétique des 13 et 14 octobre 2016. Les blocs aux contours noirs indiquent les valeurs tri-horaires standard de l'indice et les blocs de couleurs représentent les valeurs par minute. L'amélioration d'une prévision à une résolution de 3 heures (flèches blanches) vers 1 minute (flèches noires), est de 95 minutes à partir du début de l'heure de début de la tempête, 53 minutes pour son maximum et 40 minutes pour sa fin. La puissance de la tempête est corrigée avec 1 unité de K .





SIGNATURE DU MEMORADUM OF UNDERSTANDING DU CONSORTIUM ALADIN



Le 9 février 2016, Daniel Gellens, Directeur Général a.i. de l'IRM, a signé le nouveau Memorandum of Understanding du consortium ALADIN, composé de 16 instituts météorologiques nationaux. Ceci signifie que l'IRM continuera, pour les 5 années à venir, à développer ses activités dans le domaine des prévisions numériques, en étroite collaboration avec les autres partenaires.

La participation de l'IRM à ce consortium a débuté en 1996, lorsque le Directeur de l'époque, Henri Malcorps, signa le MoU. S'appuyant sur ce contexte international, l'IRM a mis en place une équipe de 17 scientifiques chargés de recherche et développement du modèle de prévision numérique ALADIN. Ces activités ont également été à la base de la création de la formation en post graduat Weather and Climate Modeling à l'Université de Gand. Deux des 17 chercheurs travaillent en outre pour le département Physique et Astronomie de cette université.

15^{ÈME} RENCONTRE CASTLE, LES NOUVELLES TENDANCES DE LA RECHERCHE SUR LE MAGNÉTISME

Le Centre de Physique du Globe (CPG) est un centre de recherche fondamentale et appliquée, dépendant de l'IRM. Le centre est implanté dans le sud du pays à Dourbes, sur la commune de Viroinval, à quelques kilomètres de la frontière française, loin de toute perturbation électrique et magnétique.

Le CPG est de renommée internationale, il est réputé pour ses recherches fondamentales et appliquées dans le domaine de la géophysique relevant de plusieurs disciplines scientifiques.

Ce Service Scientifique de l'IRM a eu l'honneur d'accueillir les rencontres biennales Castle en 2016, généralement organisées en Tchéquie ou en Slovaquie. Pour ce faire, l'IRM a pu compter sur le précieux soutien de BELSPO, de l'International Association of Geomagnetism and Aeronomy (IAGA), ainsi que de partenaires industriels.

Les rencontres Castle sont un événement scientifique biennal fort apprécié par la communauté scientifique internationale de l'archéo- et du paléomagnétisme, ainsi que du magnétisme environnemental et des roches. Existant depuis déjà 26 ans, cette série de rencontres a été mise en place à la suite de la chute du rideau de fer, avec comme objectif de fournir une plateforme favorisant les échanges entre les chercheurs de l'ancien "Bloc de l'Est" et le monde "occidental", sur base de budgets raisonnables.

La "15th Castle Meeting, New Trends on Palaeo Rock and Environmental Magnetism" s'est tenue au Château de Pont-à-Lesse (Dinant), du 21 au 27 août, et a regroupé un total de 85 participants provenant de 24 pays. Leur participation active a permis de pouvoir donner 94 conférences, dont un nombre record de 34 présentations d'étudiants en Master ou PhD.



Photo de groupe des participants aux 15èmes rencontres Castle au Castel Pont-à-Lesse (Dinant).

LE 17^{ÈME} CONGRÈS INTERNATIONAL SUR LES INSTRUMENTS D'OBSERVATOIRE MAGNÉTIQUE A ÉTÉ ORGANISÉ PAR L'IRM

Tous les deux ans, la communauté scientifique internationale des observatoires magnétiques se réunit avec un double objectif : réaliser une campagne d'inter-comparaison de mesures absolues du champ magnétique terrestre et présenter les dernières avancées dans le développement d'instruments d'observatoire magnétique, de leurs systèmes d'acquisition de données, du traitement et de l'utilisation des données géomagnétiques. La candidature de l'IRM a été retenue pour organiser l'édition 2016 de ce congrès, intitulé « XVIIIth IAGA Workshop on Geomagnetic Observatory Instruments, Data Acquisition and Processing ». La Belgique succède ainsi aux congrès organisés antérieurement par l'Inde (2014), par l'Espagne (2012), par la Chine (2010), par les USA (2008), pour les plus récents.

Les différentes activités de ce congrès se sont déroulées au Centre de Physique du Globe de l'IRM (Viroinval), du 5 au 9 septembre 2016, et ont regroupé un total de 87 participants, issus de 37 pays différents dont 21 pays non européens, parmi lesquels 8 sont situés dans l'hémisphère sud.

Durant ces cinq journées, des conférences scientifiques ont été données tandis que la campagne comparative des instruments absolus d'observatoire magnétique avait lieu en parallèle. L'intérêt de cette campagne dite d'inter-comparaison, est d'identifier d'éventuels problèmes de qualité.

En plus de cette campagne d'inter-comparaison, nous avons également proposé une activité innovante : la calibration d'un autre instrument de mesure présent dans chaque observatoire magnétique (permettant la mesure locale de l'intensité du champ magnétique), grâce à un instrument de calibration présent au centre de Physique de l'IRM. Au total,

inter-comparaison et calibration ont permis d'évaluer 50 instruments d'observatoire magnétique.

Pas moins de 72 conférences scientifiques ont été données, entre autres, sur l'évolution des techniques et instruments d'observatoire, sur l'acquisition et le traitement de données, sur les nouveaux observatoires, les stations de répétition, et sur des applications particulières.

Lors de la séance d'ouverture de ce congrès, Mr J.M. Delizée, en sa qualité de bourgmestre de Viroinval, a prononcé un discours qui a été fortement apprécié notamment par le président de l'International Association of Geomagnetism and Aeronomy, le Dr Eduard Petrovsky, qui souligne l'importance de cette sensibilisation politique à l'activité scientifique, et espère que ce bel exemple de relation entre le monde politique et le monde scientifique sera suivi en d'autres occasions et dans d'autres pays.

Cette 17^{ème} édition a été unanimement un grand succès, tant du point de vue qualitatif que quantitatif, tant du point de vue scientifique qu'organisationnel. Il fera certainement figure de référence pour les éditions ultérieures. Nous remercions vivement BELSPO, IAGA et nos partenaires privés pour leur soutien.



Illustration de la campagne d'inter-comparaison de mesures absolues : trois équipes mesurent l'inclinaison et la déclinaison du champ magnétique terrestre.



UN SYMPOSIUM INTERNATIONAL SUR L'OZONE

Le symposium quadri-annuel sur l'ozone a eu lieu du 4 au 9 septembre 2016 à Edimbourg, en Ecosse. Pas moins de 300 scientifiques provenant de 39 pays différents y étaient présents afin d'effectuer leur rapport quant à l'état d'avancement de leur recherche sur l'ozone, ainsi que de partager leurs résultats entre eux. Il peut sembler étrange de consacrer tout un symposium à une seule molécule présente en de très petites quantités dans notre atmosphère (environ 0.001%), mais l'ozone est très important pour la vie sur Terre, étant donné que la couche d'ozone présente entre 20 à 25 km d'altitude, nous protège des dégâts provoqués par les rayons UV du Soleil. De par l'explosion des composés de fluor, de chlore et de brome (les CFC) à échelle industrielle depuis la 2ème moitié du siècle dernier, la couche d'ozone est de plus en plus mince dans le monde entier, et comporte même un trou lors de chaque printemps au-dessus de l'Antarctique. D'autre part, de trop hautes concentrations en ozone au niveau du sol peuvent mener à des problèmes respiratoires (le smog par exemple), à de mauvaises récoltes et être un danger pour les écosystèmes (pour le plancton dans les océans, entre autres).

A Edimbourg, l'attention était particulièrement portée sur le fait de savoir si la couche d'ozone était effectivement en train de se reconstituer ou non, suite à l'interdiction au niveau international depuis 1989 d'utiliser

des matières détruisant l'ozone. Les concentrations en ozone ne diminuent en tous les cas pas, mais si une augmentation significative est effective, la discussion reste ouverte. Le changement climatique joue un rôle dans ceci, étant donné que l'ozone est aussi un gaz à effet de serre et que les températures stratosphériques (donc aussi à l'altitude de la couche d'ozone) sont influencées par l'augmentation des températures au niveau du sol. Un autre sujet important abordé durant le symposium fut celui de la comparaison des mesures d'ozone issues de nombreux types d'instruments différents : à bord de satellites, à bord d'avions commerciaux, à partir de ballons météo ou du sol.

L'IRM, fort d'une tradition de presque 50 ans de recherches sur l'ozone, a pris une part active dans ce symposium par une présentation orale au sujet de la mise à jour de la validation des concentrations d'ozone mesurées par des satellites météorologiques opérationnels (MetOp-A/B) à l'aide de sondages atmosphériques d'ozone. Ces posters traitaient de la comparaison de profils verticaux (0-10 km) des concentrations d'ozone au-dessus de Bruxelles, mesurés à partir de ballons-sondes et à partir d'un instrument présent à bord d'un avion de la Sabena (pendant la période 1997-2001). Ils traitaient également de la comparaison entre les séries temporelles de sondages d'ozone à Uccle et De Bilt, toutes deux corrigées à l'aide de méthodes opérationnelles, comme par l'application de standards et d'algorithmes acceptés internationalement. Les membres de l'IRM y ont aussi participé à 3 autres présentations orales ainsi que 3 autres posters.







L'IRM : ENTREPRISE ÉCODYNAMIQUE 3 ÉTOILES !

L'ECO-team de l'IRM a reçu le 22 juin 2016 des mains de la ministre bruxelloise pour l'Environnement et l'Énergie, Céline Fremault, le label «Entreprise écodynamique 3 étoiles».

Nous avons reçu l'ECO label 1 étoile en 2014.

Les nombreuses actions menées par l'IRM afin d'obtenir la certification EMAS ont conduit à l'obtention de ces 3 étoiles.

Ce label est valable pendant 3 ans.

Voici quelques exemples d'actions entreprises en faveur de notre environnement :

- Enlèvement totalement sélectif de 7 sortes de déchets
- Limitation de l'utilisation du papier et achat de papier FSC exclusivement
- Analyse des consommations en énergie et en eau afin de rationaliser les grandes consommations
- Procédures d'achat qui tiennent compte de l'environnement
- Remplacement de toutes les sources lumineuses par des lampes à basse consommation, des minuteries et des détecteurs de mouvement



La remise de l'ECO label 3 étoiles par la ministre Céline Fremault à Ludo Schryvers, Jean-Marie Ribourdouille et Nancy Ackerman, représentants de l'ECO-team de l'IRM.



L'IRM PARTICIPE ACTIVEMENT À LA SEMAINE DE LA MOBILITÉ !

Chaque année durant le mois de septembre a lieu une "semaine de la mobilité" dans toute l'Europe, pour promouvoir une mobilité plus durable et un usage réfléchi de l'automobile. La ville de Bruxelles y participe et le fameux dimanche sans voitures est une des nombreuses activités organisées pendant cette semaine.

Une mobilité plus durable est aussi importante pour l'IRM, c'est pourquoi, en plus du matériel promotionnel habituel, 2 workshops ont été organisés sur notre site : "En ville à vélo" et « Ecodriving ».

Le workshop "En ville à vélo" a eu lieu le 22 septembre. Le formateur a commencé le cours par une partie théorique dans laquelle il a rappelé de manière ludique les règles de conduite et de sécurité, ainsi qu'il a abordé quelques cas pratiques de la vie de tous les jours dans la circulation. Une partie pratique à un tel workshop est en effet indispensable pour rendre concrète la théorie en situation réelle. C'est ainsi qu'une dizaine de membres de l'IRM ont parcouru les rues de Bruxelles à vélo. Circuler à vélo dans Bruxelles n'est pas chose évidente car il n'existe bien souvent pas de pistes cyclables sur les différents trajets. Les participants ont pu se rendre compte par eux-mêmes que rouler à vélo n'est pas toujours agréable car, sur le chemin du retour, un des par-

ticipants à crevé un pneu à cause de morceaux de verre présents sur la chaussée. Tous les participants, même le malchanceux, ont réagi de manière très enthousiaste à cette initiative.

Le deuxième workshop intitulé « Ecodriving » a eu lieu le lundi 26 septembre. Le but de ce workshop était d'adopter un autre style de conduite, plus écologique et économique. Certains conseils pratiques ont également été dispensés aux participants, comme adapter la pression de ses pneus, passer à une vitesse supérieure plus rapidement et apprendre à anticiper. Bien que le simulateur de conduite ait rendu la leçon agréable, la plupart des participants ont plus eu l'impression de jouer à un jeu vidéo que de conduire une vraie voiture!

COLLABORATION IRM – BELGOCONTROL POUR LES RADARS MÉTÉOROLOGIQUES

L'IRM et le service météorologique de Belgocontrol entretiennent depuis de nombreuses années une excellente collaboration. Celle-ci concerne notamment l'exploitation des radars météorologiques. Les données brutes des radars de Wideumont et Jabbeke (IRM) et du radar de Zaventem (Belgocontrol) sont échangées en temps réel et chaque service génère de nombreux produits destinés à ses propres utilisateurs. La collaboration ne se limite pas à l'échange de données mais concerne également le partage d'expertise et de savoir-faire aussi bien technique que scientifique. Ces échanges permettent d'assurer le bon fonctionnement des radars et la qualité des observations.





Rencontre entre les équipes techniques radar de l'IRM et de Belgocontrol à Zaventem le 29 septembre 2016.

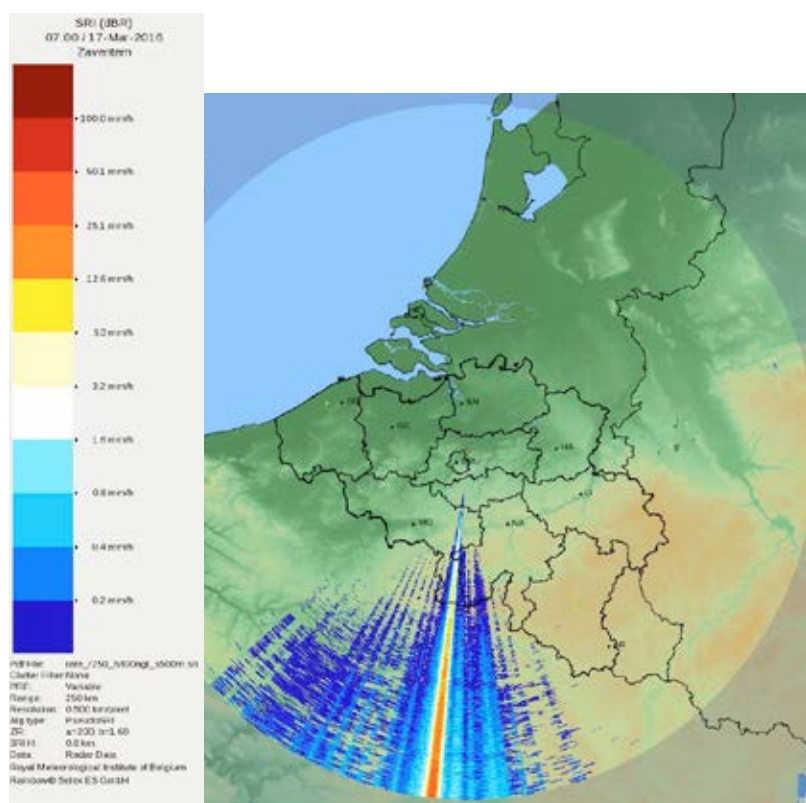
L'IRM ET L'IBPT JOIGNENT LEURS FORCES POUR LA DÉTECTION DES BROUILLAGES RADAR

Les images radar peuvent être brouillées par des émetteurs utilisant la même bande de fréquences que le radar (autour de 5 GHz). Souvent, ce sont de puissants émetteurs Wi-Fi qui permettent d'établir une connexion sans fil entre deux points, par exemple dans un camping lorsque l'exploitant de ce dernier souhaite proposer l'Internet sans fil à ses clients, ou dans une entreprise souhaitant relier plusieurs de ses bâtiments via l'Internet sans fil. En principe, une partie du spectre électromagnétique autour de 5 GHz est réservée aux radars météorologiques. Un émetteur Wi-Fi doit scanner en continu la bande de fréquences dans laquelle il fonctionne pour vérifier s'il n'y a pas un radar météo qui utilise la même fréquence. Si c'est le cas, l'émetteur Wi-Fi doit adapter sa fréquence au moyen d'une sélection de fréquences dynamique (DFS = Dynamic Frequency Selection). Malheureusement, il arrive parfois que des appareils ne le fassent pas, par exemple en raison d'un défaut, d'une mauvaise configuration ou parce que le produit n'est pas conforme à la législation belge. Ces émetteurs sont captés par les radars météo, ce qui entraîne un brouillage. Les brouillages sont difficiles à fil-

trer. C'est la raison pour laquelle ils peuvent apparaître dans des applications dérivées telles que l'application spécifique de l'IRM sur un smartphone.

L'IBPT, l'Institut Belge des services Postaux et des Télécommunications, est informé de ces brouillages. Il s'agit de l'instance chargée notamment de veiller à l'utilisation correcte du spectre radioélectrique en Belgique. Lorsqu'elles reçoivent une notification de brouillage, les équipes spécialisées de l'IBPT partent à la recherche de l'emplacement et du propriétaire de l'émetteur non conforme. Ils utilisent à cet effet un véhicule de mesure équipé de matériel de détection sophistiqué.

Le service Contrôle de l'IBPT a décidé, en concertation avec l'équipe radar de l'IRM, d'instaurer un meilleur échange d'informations et d'établir un plan d'action afin de détecter à l'avenir les émetteurs perturbateurs indésirables.



Très forte perturbation d'un émetteur dans les images du radar de Zaventem.





CONSEIL SCIENTIFIQUE

- Président:

Prof. dr. Ir. C. Bouquegneau



- Directeur général a.i. de l'IRM, membre d'office:

Dr. D. Gellens

- Membres du personnel dirigeant de l'IRM:

Dr. J. Rasson
Dr. C. Tricot
Dr. S. Dewitte
Dr. P. Termonia

- Éminents scientifiques choisis en dehors de l'IRM:

Prof. dr. J. Cornelis
Prof. dr. H. Dejonghe
Prof. dr. C. De Mol
Prof. dr. C. Maes

CONSEIL DE DIRECTION

- Directeur général de l'IRM, président d'office:

Dr. D. Gellens

- Membres du personnel dirigeant de l'IRM:

Dr. J. Rasson
Dr. C. Tricot
Dr. S. Dewitte
Dr. P. Termonia

COMMISSION DE GESTION

- Président:

Monsieur F. Monteny



Dr. D. Gellens, vice-président
Dr. R. Van der Linden, vice-président
Dr. M. De Mazière, vice-présidente
Monsieur R. Renier, attaché
Monsieur E. Van Walle
Monsieur M. Praet
Monsieur T. Mary
Monsieur J.-L. Migeot

JURY

- Président:

Mr. M. Beumier



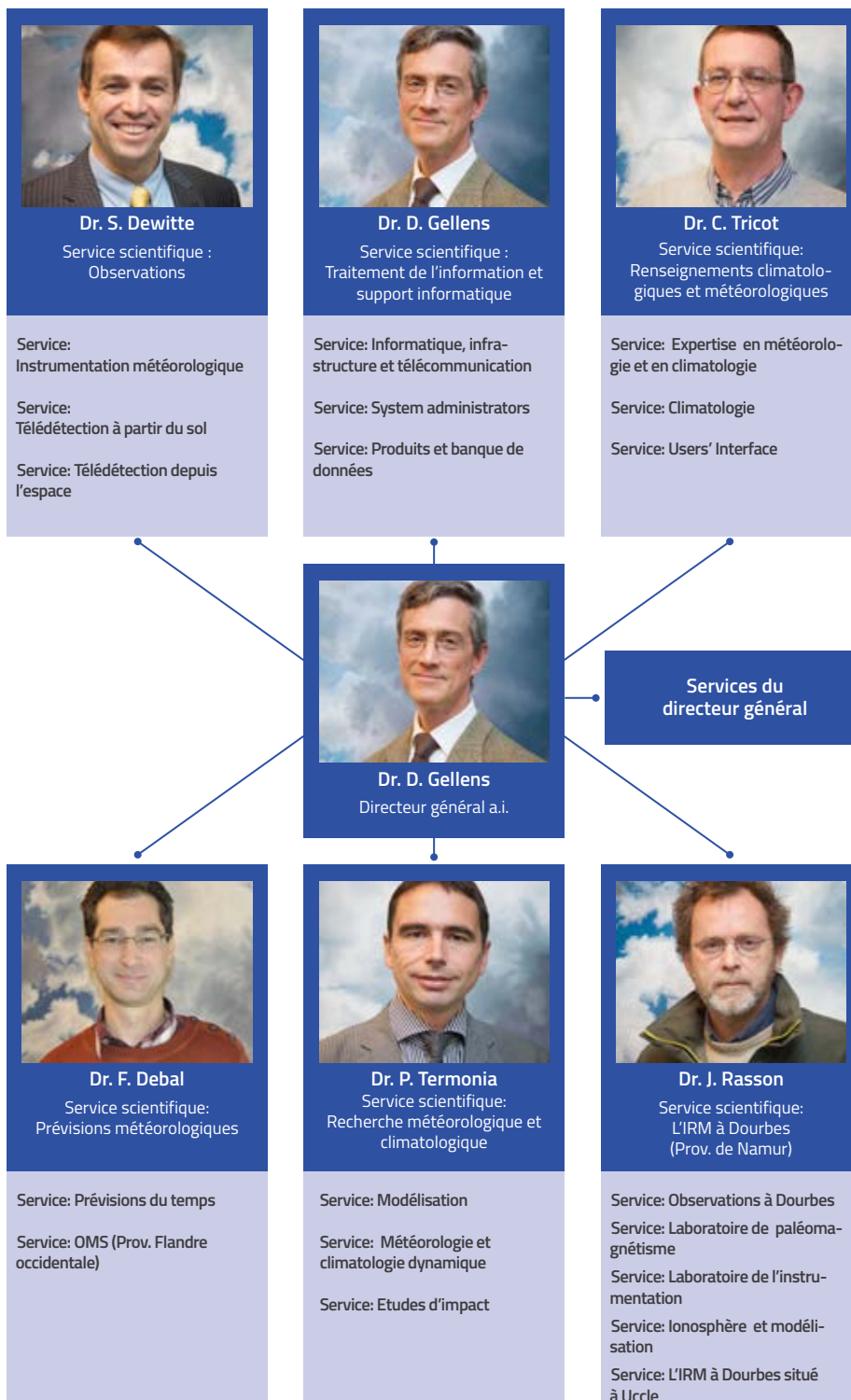
- Directeur général a.i. de l'IRM, membre d'office:

Dr. D. Gellens

- Éminents scientifiques choisis en dehors de l'IRM:

Prof. dr. P. De Mayer
Prof. dr. H. Goosse

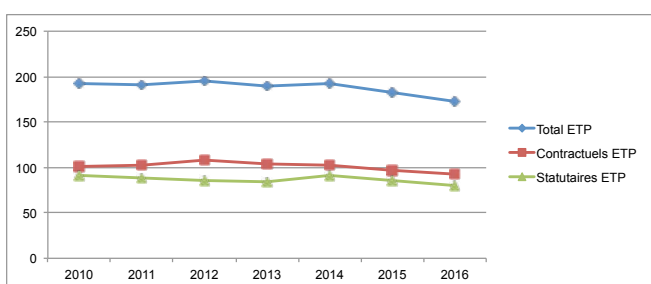
ORGANIGRAMME IRM



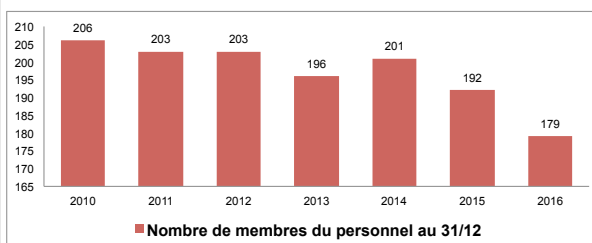


LE PERSONNEL EN 2016

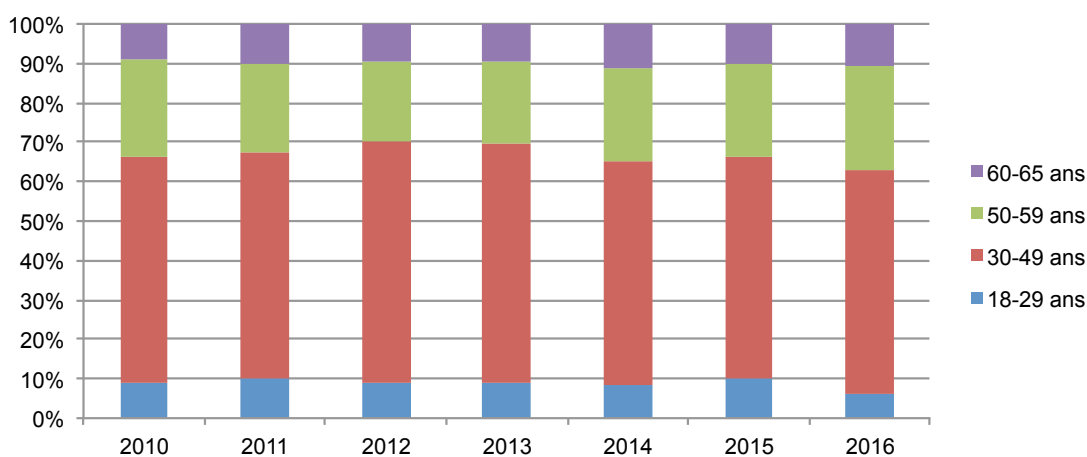
La tendance à la baisse du nombre de membres du personnel se poursuit en 2016.



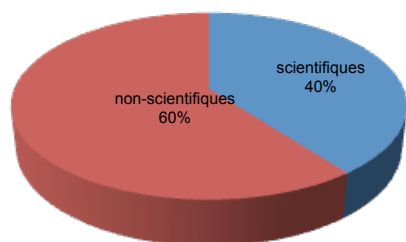
Nombre de membres du personnel en 2016 au 31/12



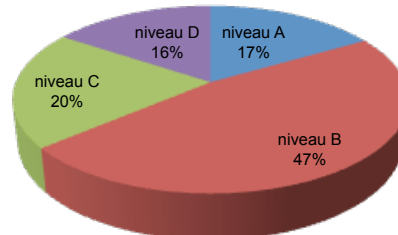
Nombre de membres du personnel au 31/12



Répartition du personnel par tranches d'âge au 31/12



Répartition scientifiques / non-scientifiques en 2016



Personnel non-scientifique par niveau en 2016





PUBLICATIONS DANS DES REVUES INTERNATIONALES AVEC COMITÉ DE LECTURE

Bertrand, C., Gonzalez Sotelino, L., Journée, M. : Quality control of the RMI's wind observations. *Advances in Science and Research*, vol. 13, p. 13-19, 2016.

Caluwaerts, S., Degrauwe, D., Voitus, F., Termonia, P.: Discretization in Numerical Weather Prediction: A Modular Approach to Investigate Spectral and Local SISL Methods. *Mathematical Problems in Meteorological Modelling*, p. 19-46, 2016.

De Cruz, L., Demaeyer, J., Vannitsem, S.: The Modular Arbitrary-Order Ocean-Atmosphere Model: MAOOAM v1.0. *Geoscientific Model Development*, vol. 9, p. 2793-2808, 2016.

De Meutter, P., Camps, J., Delcloc, A., Deconinck, B., Termonia, P.: On the capability to model the background and its uncertainty of CTBT-relevant radioxenon isotopes in Europe by using ensemble dispersion modelling. *Journal of Environmental Radioactivity*, vol. 164, p. 280-290, 11/2016.

Degrauwe, D., Seity, Y., Bouyssel, F., Termonia, P.: Generalization and application of the flux-conservative thermodynamic equations in the AROME model of the ALADIN system. *Geoscientific Model Development*, vol. 9, p. 2129-2142, 2016.

Delcloc, A., De Troch, R., Giot, O., Hamdi, R., Deckmyn, A., Termonia, P. : Future Climate and Air Quality of the Brussels Capital Region for the 2050s Under A1B Scenario. In: Steyn D., Chaumerliac N. (eds) *Air Pollution Modeling and its Application XXIV*. Springer Proceedings in Complexity. Springer, Cham, 02/2016.

Foresti, L., Reyniers, M., Seed, A., Delobbe, L.: Development and verification of a stochastic precipitation nowcasting system for urban hydrology in Belgium. *Hydrology and Earth System Sciences*, vol. 20, p. 505-527, 2016.

Ghilain N.: Continental scale monitoring of subdaily and daily evapotranspiration enhanced by the assimilation of surface soil moisture derived from thermal infrared geostationary data. *Satellite Soil Moisture Retrieval: Techniques and Applications*, p.309-332, 2016.

Giot, O., Termonia, P., Degrauwe, D., De Troch, R., Caluwaerts, S., Smet, G., Berckmans, J., Deckmyn, A., De Cruz, L., De Meutter, P., Duerinckx, A., Gerard, L., Hamdi, R., Van den Bergh, J., Van Ginderachter, M., Van Schaeuybroeck, B. : Validation of the ALARO-0 model within the EURO-CORDEX framework. *Geoscientific Model Development*, vol. 9, p. 1143-1152, 2016.

Goudenhoofdt, E., Delobbe, L.: Generation and Verification of Rainfall Estimates from 10-Yr Volumetric Weather Radar Measurements. *Journal of Hydrometeorology*, vol. 17 (4), 1223-1242, 4/2016.

Haefelin, M., Laffineur, Q., Bravo-Aranda, J.-A., Drouin, M.-A., Casquero-Vera, J.-A., Dupont, J.-D., De Backer, H.: Radiation fog formation alerts using attenuated backscatter power from automatic Lidars and ceilometers. *Atmospheric Measurement Technique*, vol. 9, p. 5347-5365, 2016.

Hamdi, R., Duchêne, F., Berckmans, J., Delcloc, A., Vanpoucke, C., Termonia, P.: Evolution of urban heat wave intensity for the Brussels Capital Region in the ARPEGE-Climat A1B scenario, *Urban Climate*, vol. 17, p. 176-195, 08/2016.

Hassinen, S., Balis, D., Bauer, H., Begoin, M., Delcloc, A., Eleftheratos, K., Gimeno Garcia, S., Granville, J., Grossi, M., Hao, N., Hedelt, P., Hendrick, F., Hess, M., Heue, K.-P., Hovila, J., Jønch-Sørensen, H., Kalakoski, N., Kauppi, A., Kiemle, S., Kins, L., Koukoulis, M. E., Kujanpää, J., Lambert, J.-C., Lang, R., Lerot, C., Loyola, D., Pedernana, M., Pinardi, G., Romahn, F., van Roozendaal, M., Lutz, R., De Smedt, I., Stammes, P., Steinbrecht, W., Tamminen, J., Theys, N., Tilstra, L. G., Tuinder, O. N. E., Valks, P., Zerefos, C., Zimmer, W., Zyrichidou, I.: Overview of the O3M SAF GOME-2 operational atmospheric composition and UV radiation data products and data availability. *Atmospheric Measurement Technique*, vol. 9, p. 383-407, 2016.

Heue, K.-P., Coldewey-Egbers, M., Delcloc, A., Lerot, C., Loyola, D., Valks, P., van Roozendaal, M.: Trends of tropical tropospheric ozone from 20 years of European satellite measurements and perspectives for the Sentinel-5 Precursor. *Atmospheric Measurement Technique*, vol. 9, p. 5037-5051, 2016.

Hubert, D., Lambert, J.-C., Verhoelst, T., Granville, J., Keppens, A., Baray, J.-L., Bourassa, A. E., Cortesi, U., Degenstein, D. A., Froidevaux, L., Godin-Beekmann, S., Hoppel, K. W., Johnson, B. J., Kyrölä, E., Leblanc, T., Lichtenberg, G., Marchand, M., McElroy, C. T., Murtagh, D., Nakane, H., Portafaix, T., Querel, R., Russell III, J. M., Salvador, J., Smit, H. G. J., Stebel, K., Steinbrecht, W., Strawbridge, K. B., Stübi, R., Swart, D. P. J., Taha, G., Tarasick, D. W., Thompson, A. M., Urban, J., van Gijssel, J. A. E., Van Malderen, R., von der Gathen, P., Walker, K. A., Wolfram, E., Zawodny, J. M.:

- Ground-based assessment of the bias and long-term stability of 14 limb and occultation ozone profile data records. *Atmospheric Measurement Technique*, vol. 9, p. 2497–2534, 2016.
- Nicolis, C. : Error dynamics in extended-range forecasts. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, vol. 142, p. 1222–1231, 04/2016.
- Nicolis, C. and G. Nicolis, Dynamical systems approach to extreme events, in "Extreme events: observations, modeling, and economics", M. Chavez, M. Ghil and J. Urrutia-Fucugauchi Editors, AGU Monograph Series vol. 214 , 23–34 (2016).
- Nicolis, G., Nicolis, C.: Detailed balance, nonequilibrium states and dissipation in symbolic sequences. *Physical Review E* 93, 5/2016.
- Nicolis, G., Nicolis, C.: Stochastic resonance, self-organization and information dynamics in multistable systems. *Entropy* , vol. 18 (5), p. 172, 5/2016.
- Petropoulos, G., Ireland, G., Lamine, S., Griffiths, H., Ghilain, N., Anagnostopoulos, V., North, M., Srivastava, P.K., Georgopoulou, H. 2016. Operational evapotranspiration estimates from SEVIRI in support of sustainable water management. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, vol. 49, p. 175–187, 2016.
- Poelman, D. R., Schulz, W., Diendorfer, G., Bernardi, M.: The European lightning location system EUCLID – Part 2: Observations, Natural Hazards and Earth System Sciences, vol. 16 (2), p. 607–616, 2016.
- Rommens, K., Jegou, D., De Backer, H., Weyler, J.: Seasonal variation in cutaneous melanoma incidence, link with recent UV levels: a population-based study in Belgium (2006–2011). *Melanoma Research*, vol. 26 (2), p. 195–201, 4/2016.
- Sanders, A.F.J., Verstraeten, W.W., Kooreman, M.L., van Leth, T.C., Beringer, J., Joiner, J.: Spaceborne Sun-Induced Vegetation Fluorescence Time Series from 2007 to 2015 Evaluated with Australian Flux Tower Measurements. *Remote Sensing*, vol. 8(11), p. 895, 10/2016.
- Sapundjiev, D., Stankov, S.M. : Statistical analysis and modeling of the local ionospheric critical frequency: a mid-latitude single-station model for use in forecasting. *Acta Geophysica*, vol. 64 (3), p. 810–824, 2016.
- Sari, L., Djerrab, A., Spassov, S., Soudani, L., Sari, A., Bensadok, S., Sehil, N.: Recent Investigations on Holocene Occupations in Northeastern Algeria: The Contribution of Kef en-Naga. *African Archaeological Review* vol. 33(3), p. 321–343, 2016.
- Schulz, W., Diendorfer, G., Pedebay, S., and Poelman, D. R.: The European lightning location system EUCLID – Part 1: Performance analysis and validation, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 16, 595–605, doi:10.5194/nhess-16-595-2016, 2016.
- Tabari, H., De Troch, R., Giot, O., Hamdi, R., Termonia, P., Saeed, S., Brisson, E., Van Lipzig, N., Willems, P. : Local impact analysis of climate change on precipitation extremes: Are high-resolution climate models needed for realistic simulations?. *Hydrology and Earth System Sciences* vol. 9 (20), 2016.
- Van den Bergh, J., Roulin, E. : Postprocessing of medium range hydrological ensemble forecasts making use of reforecasts. *Hydrology* , vol. 3, p. 21, 2016.
- Van Malderen, R., Allaert, M. A. F., De Backer, H., Smit, H. G. J., De Muer, D.: On instrumental errors and related correction strategies of ozone-sondes: possible effect on calculated ozone trends for the nearby sites Uccle and De Bilt. *Atmospheric Measurement Technique*, vol. 9, p. 3793–3816, 2016.
- Van Schaeybroeck, B., Vannitsem, S.: A probabilistic approach to forecast the uncertainty with ensemble spread. *Monthly Weather Review*, vol. 144, p. 451–468, 2016.
- Van Schaeybroeck, B., Vannitsem, S.: Assessment of calibration assumptions under strong climate changes. *Geophysical Research Letters*, vol. 43, p. 1314–1322, 2016.
- Vannitsem, S., Lucarini, V.: Statistical and dynamical properties of covariant Lyapunov vectors in a coupled ocean-atmosphere model – Multiscale effects, geometric degeneracy and error dynamics. *Journal of Physics A*, vol. 49 (22), 2016.
- Verhulst, T.G.W., Sapundjiev, D., Stankov, S.M.: High-resolution ionospheric observations and modeling over Belgium during the solar eclipse of 20 March 2015 including first results of ionospheric tilt and plasma drift measurements. *Advances in Space Research*, vol.57 (11), p.2407–2419, 2016.



Weidle F., Wang, Y., Smet, G.: On the Impact of the Choice of Global Ensemble in Forcing a Regional Ensemble System. *Weather Forecasting*, vol. 31, p. 515-530, 2016.

Zamani, S., Gobin, A., Van de Vyver, H., Gerlo, J.: Atmospheric drought in Belgium – statistical analysis of precipitation deficit. *International Journal of Climatology*, vol. 36, p. 3056—3071, 2016.

PUBLICATIONS DANS DES REVUES NATIONALES AVEC COMITÉ DE LECTURE

Demarée, G.R. : De jaren van pestilentiën 1633-1636 : het weer, de pest en de hippocratische hypothese in de Lage Landen. De Kapucijnen en de Pest te Leuven in 1634-1636, Leuven, p. 35-40, 2016.

Demarée, G.R., Beillevaire, P., Tsukahara, T., Mikami, T., Tagami, Y., Zaiki, M. : Les séismes à Okinawa : les observations du Père Louis Furet, missionnaire apostolique. *Ciel et Terre*, vol. 132, p. 2-10, 2016.

Ech-chakrouni, S., Hus J., Danese, V. : Site Ath/ Ghislenghien : Datation archéomagnétique de deux fours à chaux à Ghislenghien. *Chronique de l'archéologie Wallonne*, vol. 24, p. 84-86, 2016.

Hardy, C., Delaunois, É., Ech-Chakrouni, S., Hus, J. : Andenne/Landenne : sondages à proximité de l'ancien château. *Chronique de l'archéologie Wallonne*, vol. 24, p. 265-266, 2016.

Tricot, Ch., Bertrand, C.: L'évolution du climat belge/ De evolutie van het klimaat in België. *SCIENCE connection*, vol. 50, p. 4-5, 2016.

PROCEEDINGS

Altadill, D., Paznukhov, V., Verhulst, T., Belehaki, A., Reinisch, B., Galkin, I., Buresova, D., Parkinson, M., Mielich, J., Blanch, E., Stankov, S., Sales, G., Kozlov, A., Hamel, R. : High frequency based detection of TIDs in the Net-TIDE project: Challenges and opportunities for long HF paths. *Pres. COSPAR Scientific Assembly, Istanbul, Turkey 30 Jul - 7 Aug 2016*.

Demarée, G.R., Ogilvie, A.E.J. : L'éruption du Lakagígar en Islande ou 'Annus mirabilis 1783'. *Études et bibliographies d'histoire environnemen-tale. Belgique – Nord de la France – Afrique centrale*, 2016.

Hamdi, R., Duchêne, F., Giot, O., Berckmans, J., Delcloo, A., Deckmyn, A., Termonia, P.: Future climate of Brussels and Paris for the 2050s under the A1B scenario. *The International Conference on Regional Climate-CORDEX 2016, Stockholm, Sweden 17– 20 May 2016*.

Hamdi, R.: Knowledge and uncertainties on regional and local climate projections: Climate change and cities. *The 13th International Weather and Climate Forum 2016, Paris, France, 31 May 2016*.

Hubert, D., Keppens, A., Granville, J., Verhoelst, T., Lambert, J.C., Delcloo, A., Hauchecorne, A., Kivi, R., Stübi, R.: Ground-based validation of CCI ozone profile Climate Research Data Package release 2015, *Living Planet Symposium 2016, Prague, Czech Republic, 9-13 May, 2016*.

Jacquemin, I., Henrot, A.-J., Beckers, V., Berckmans, J., Debusscher, B., Dury, M., Minet, J., Hamdi, R., Dendoncker, N., Tychon, B., Hambuckers, A., François, L.: High-resolution climate and land surface interactions modeling over Belgium: current state and decennial scale projections. *Geophysical Research Abstracts vol. 18, EGU2016-13025*, 2016.

Poelman D. R., Goudenhoofd, E., Delobbe, L., Schulz, W.: Determining lightning outliers based on Belgian radar data to evaluate the performance of EUCLID, *International Lightning Detection Conference, San Diego, USA*.

Sapundjiev, D., Stankov, S., Verhulst, T. : Estimation of transmitter and receiver code biases using concurrent GNSS and ionosonde measurements. Pres. COSPAR Scientific Assembly, Istanbul, Turkey 30 Jul - 7 Aug 2016.

Sapundjiev, D., Stankov, S., Jodogne, J.C.: Present status and modernisation of the Dourbes Cosmic Ray Observatory for improved space weather research and forecasting. Proc. European Space Weather Week, Oostende, Belgium 14-18 Nov 2016.

Stankov, S., Verhulst, T., Sapundjiev, D. : High-cadence nowcast of a proxy K-type index of the local magnetic activity for improved space weather monitoring applications. Pres. American Geophysical Union Fall Meeting, San Francisco, USA, 12-16 Dec 2016.

Stankov, S., Verhulst, T., Sapundjiev, D. : On the use of IGS TEC maps for ionospheric storm-time specification: scientific user requirements for modelling and service developments. Pres. International GNSS Service Workshop, Sydney, Australia 8-12 Feb 2016.

Stankov, S., Verhulst, T., Sapundjiev, D., Nava, B. : Intercomparison of LIEDR and NeQuick ionospheric modeling using radio occultation and ionosonde measurements. Proc. International Beacon Satellite Symposium, Trieste, Italy 27 Jun - 1 Jul 2016.

Stavrakou, T., Müller, J.-F., Bauwens, M., Berckmans, J., Caluwaerts, S., De Troch, R., De Cruz, L., Giot, O., Hamdi, R., Termonia, P., Schaeybroeck, B.: High resolution isoprene emissions over Europe in past and future climate. Geophysical Research Abstracts vol. 18, EGU2016-14310, 2016.

Van Schaeybroeck, B., Berckmans, J., Caluwaerts, S., De Troch, R., De Cruz, L., Duchêne, F., Giot, O., Hamdi, R., Termonia, P.: Climate projections of the ALARO-0 model on the EURO-CORDEX domain. Geophysical Research Abstracts vol. 18, EGU2016-6355, 2016.

Verhulst, T., Sapundjiev, D., Stankov, S. : High time resolution TEC and ionosonde observations at Dourbes, Belgium, during the March 2015 solar eclipse. Proc. International Beacon Satellite Symposium, Trieste, Italy 27 Jun - 1 Jul 2016.

Verhulst, T., Stankov, S. : Effects of the different times of sunrise at different altitudes in the ionosphere. Pres. COSPAR Scientific Assembly, Istanbul, Turkey 30 Jul - 7 Aug 2016.

RAPPORTS INTERNES ET EXTERNES AVEC COMITÉ DE LECTURE

Ghilain N., Arboleda A., Gellens-Meulenberghs F.: Algorithm Theoretical Basis of the LSA-SAF MET v2, DMET v2, MLE & MH products, 24 p., November 2016.

RAPPORTS INTERNES ET EXTERNES SANS COMITÉ DE LECTURE

Caluwaerts, S., Termonia, P., Hamdi, R., Duchêne, F., Berckmans, J., Degrauwe, D., Wauters, G.: Monitoring the urban climate of the city of Ghent, Belgium. International Association for Urban Climate Issue no. 61, September 2016.

De Niel, J., Demarée, G., Willems, P. (2016) Extreme high flows Meuse river 1500-2015. Workshop on Hydrological Modeling of the Meuse basin. Powerpoint presentation, 28 p., 4th IAHR Europe Congress, Liege, Belgium, 27-29 July 2016.

Giot, O., Termonia, P., Degrauwe, D., De Troch, R., Caluwaerts, S., Smet, G., Berckmans, J., Deckmyn, A., De Cruz, L., De Meutter, P., Duchêne, F., Duerinckx, A., Gerard, L., Hamdi, R., Van den Bergh, J., Van Ginderachter, M., Van Schaeybroeck, B.: Validation and climate projections of the ALARO-0 model on the EURO-CORDEX domain ALARO workshop, Lisbon, Portugal, 4-8 April 2016.

Hamdi, R.: ACCEPTED final report. 33 p., March 2016.



Hamdi, R.: ACCEPTED summary report for end users, 12 p., March 2016.

Hamdi, R.: FORBIO-CLIM annual report 2016.

Hamdi, R.: MASC annual report 2016.

Termonia, P., Hamdi, R., Van Schaeybroeck, B., Willems, P., Van Lipzig, N., van Ypersele, J.-P., Marbaix, P., Fettweis, X., De Ridder, K., Gobin, A., Stavrakou, T., Luyten, P., Pottiaux, E.: Combineren van regionale downscaling expertise in België: CORDEX en verder (CORDEX.be). Science Connection vol. 50, 2016.

Termonia, P., Hamdi, R., Van Schaeybroeck, B., Willems, P., Van Lipzig, N., Van Ypersele, J.-P., Marbaix, P., Fettweis, X., De Ridder, K., Gobin, A., Stavrakou, T., Luyten, P., Pottiaux, E.: Impact du changement climatique en Belgique. Science Connection vol. 50, 2016.

Van Bever, J.: ESCAPE Quarterly Report (4th quarter). oktober 2016.

RÉSUMÉS DE CONFÉRENCES ET POSTERS

Aerts, R., Van Nieuwenhuysse, A., Hendrickx, M., Hoebeke, L., Dendoncker, N., Linard, C., Dujardin, S., Verstaeten, W., Delcloo, A., Hamdi, R., Saenen, N., Nawrot, T., Aerts, J.-M., Van Orshoven, J., Somers, B.: Cumulative diversity dose CDD as an integrated measure of human exposure to biodiversity. European One Health/Ecohealth Workshop, Brussels, Belgium, 6-7 October 2016.

Arboleda, A., Ghilain, N., Gellens-Meulenberghs, F.: The LSA-SAF evapotranspiration products, Living Planet Symposium, Prague, Czech Republic, 9-13 May 2016.

Barrios, J. M., Ghilain, N., Arboleda, A., Gellens-Meulenberghs, F.: PROBA-V capabilities in support to evapotranspiration monitoring in wetlands, ESA PROBA-V Symposium, Ghent, Belgium, January 2016.

Barrios, J. M., Ghilain, N., Arboleda, A., Gellens-Meulenberghs, F.: Exploring the potential of PROBA-V in evapotranspiration monitoring in wetlands, Living Planet Symposium, Prague, Czech Republic, 9-13 May 2016.

Barrios, J. M., Ghilain, N., Arboleda, A., Gellens-Meulenberghs, F.: Daily evapotranspiration at sub-kilometer spatial resolution by ingesting Spot-Vegetation/Proba-V data in an energy balance setting, Copernicus Global Land User Workshop, Arlon, Belgium, 6-7 June 2016.

Berckmans, J., Giot, O., De Troch, R., Hamdi, R.: Reinitialised versus continuous regional climate simulations using ALARO coupled to the land surface model SURFEX: investigating the land-atmosphere feedback, Stockholm, Sweden, 17-20 May 2016.

Berckmans, J., Henrot, A.-J., Jacquemin, I., Hamdi, R.: Sensitivity of the regional climate model ALARO-0 to land surface changes. EMS Annual Meeting Abstracts vol. 13, EMS2016-533, 2016.

Berckmans, J., Henrot, J.-P., Jacquemin, I., Hamdi, R.: Sensitivity of the regional climate model ALARO-0 to land surface changes: A conceptual framework. Trieste, Italy, 12-16 September 2016.

De Cruz, L., Berckmans, J., Caluwaerts, S., De Troch, R., Duchêne, F., Giot, O., Hamdi, R., Termonia, P., Van Schaeybroeck, P.: Results For Climate Projections Using The ALARO-0 Model On The EURO-CORDEX Domain. AOGS 13th Annual Meeting, Beijing, China, 31 July – 5 August 2016.

De Cruz, L., Demaeyer, J., Vannitsem, S.: The Modular Arbitrary-Order Ocean-Atmosphere Model of the RMIB: MAOOAM. European Geosciences Union General Assembly 2016, Vienna, Austria, 17-22 April 2016.

De Cruz, L., Schubert, S., Demaeyer, J., Vannitsem, S.: Predictability Analysis of An Extensible Nonlinear Coupled Ocean-atmosphere Model. AOGS 13th Annual Meeting, Beijing, China, 31 July – 5 August 2016.

De Troch, R., Giot, O., De Cruz, L., Van Schaeuybroeck, B., Berckmans, J., Hamdi, R., Termonia, P.: On the added value of subdaily precipitation from the ALARO-0 model within the EURO-CORDEX framework. International Conference on Regional Climate (ICRC)-CORDEX, Stockholm, Sweden, 16-18 May 2016.

Demaeyer, J., Vannitsem S.: Subgrid-scale parameterization and low-frequency variability: a response theory approach. EGU General Assembly, Vienna, Austria, April 2016.

Demaeyer, J., Vannitsem, S.: Subgrid-scale parameterization and low-frequency variability: a response theory approach. 31st IUGG Conference on Mathematical Geophysics, Paris, France, June 2016.

Delvaux, C., Journée, M., Ingels, R., Vrubel, V., Bertrand, C.: Quality Control of the Belgian Historical Weather Data. EMS Annual Meeting Abstracts, vol. 13, 16th EMS/11th ECAC, 2016.

Demarée, G.R., Verheyden, R.: Walthère Victor Spring, a forerunner in the study of the greenhouse effect, at the University of Liège, Belgium. Central European Conference of Historical Geographers (CECHG), Historical Geography Research Centre, Faculty of Science of Charles University in Prague, Prague, Czechia, 31 August – 2 September 2016.

Ech-chakrouni, S., Hus, J.: Brick kilns as good recorders of the geomagnetic field. XVth Castle Meeting: New Trends on Rock, Paleo and Environmental Magnetism. Dinant, Belgium, 21-27 August 2016.

Gellens-Meulenberghs, F., Ghilain, N., Arboleda, A., Barrios, J. M.: Operational evapotranspiration based on Earth observation satellites, European Geophysical Union General Assembly, Vienna, Austria, April 2016.

Gellens-Meulenberghs, F., Ghilain, N., Arboleda, A., Barrios, J.M.: Land SAF evapotranspiration products and on-going research at RMI, WMO RAVI Hydrological Forum 2016, Workshop on Hydrological modelling, forecasting and warnings, Oslo, Norway, 20 september 2016.

Ghilain, N., Arboleda, A., Barrios J.M., Gellens-Meulenberghs, F.: Operational evapotranspiration mapping based on Earth observation satellites supported by PRODEX research, PRODEX 30th anniversary symposium, Noordwijk, Netherland, 5-6 September 2016.

Ghilain, N., Arboleda, A., Barrios, J.M., Gellens-Meulenberghs, F.: A soil moisture index derived from Copernicus land surface temperature over Africa and Australia, Copernicus Global Land Services first users workshop, Arlon, Belgium, 6-7 June 2016.

Gobin, A., Van de Vyver, H., Vanwindekens, F., Planchon, V., Verspecht, A., de Frutos Cachorro, J., Buysse, J.: Meteorological risks are drivers of environmental innovation in agro-ecosystem management. Geophysical Research Abstracts vol. 18, EGU General Assembly 2016.

Gobin, A., Van Schaeuybroeck, B., Termonia, P., Willems, P., Van Lipzig, N., van Ypersele, J.- P., Marbaix, P., Fettweis, X., De Ridder, K., Stavrakou, T., Luyten, P., Pottiaux, E.: Climate impacts on agricultural biomass production in the CORDEX.be project context. Vienna, Austria, 17-22 April 2016.

Goudenhoofd, E., Delobbe, L.: Extreme value analysis based on a 10-year radar-based precipitation reanalysis. Oral presentation at 16th EMS Annual Meeting, Trieste, Italy, 2016.

Hamdi, R.: Second UCCRN Assessment Report on Climate Change and Cities ARC3.2. Symposium international dans le cadre de la COP 22. Les changements climatiques Nouvelles approches, nouvelles technologies, nouvelles opportunités. Implication des compétences africaines d'ici et d'ailleurs. Marrakech, 11-12 November 2016.

Housmans, C., Bertrand, C.: Evaluation of various procedure transposing global tilted irradiance to horizontal surface irradiance. EMS Annual Meeting Abstracts, vol. 13, 16th EMS/11th ECAC, 2016.

Kosareva, L.R., Kuzina, D.M. Spassov, S., Nourgaliev, D.K., Sitdikov, A.G., Khasanov, D.I.: Archaeomagnetic investigations in Bolgar (Tatarstan). 41st International Symposium on Archaeometry – ISA2016. Kalamata, Greece, 15-21 May 2016.

Lucarini, V., Vannitsem, S.: Covariant Lyapunov Vectors in a Coupled Atmosphere-Ocean Model - Multiscale Effects and Geometric Degeneracy, EGU, Vienna, Austria, 21 April 2016.

Mangold, A., Elst, D., Delcloo, A., Hamdi, R., Hermans, C.: Measurements of the aerosol composition of the Brussels sub-urban atmosphere and implications for the emission scheme of a regional chemical transport model, 32nd International Conference on Environmental Geochemistry and Health, Society for Environmental Geochemistry and Health, SEGh, Brussels, Belgium, 4-8 July 2016.



Martins, J.P.A., Trigo, I.F., Ghilain, N., Goettsche, F.M., Olesen, F.S., Gellens-Meulenberghs, F., Arboleda, A.: Feasibility study of an all-weather land surface temperature product, EUMETSAT conference, Darmstadt, Germany, September 2016.

Morera Chavarria, A., Dekkers, M.J., Spassov, S., Roetert Steenbruggen, K.V., Hoving, A., Griffioen, J., Behrends, T.: Low-temperature magnetism to characterize iron mineral transformations in a progressing oxidation front in Early Pleistocene fluvial clay. XVth Castle Meeting: New Trends on Rock, Paleo and Environmental Magnetism. Dinant, Belgium, 21-27 August 2016.

Reyniers, M.: Recent additions in the precipitation nowcast of INCA-BE: uncertainty plumes and hail. 9th European Conference on Radar in Meteorology and Hydrology, Antalya, Turkey, 2016.

Schefzik, R., Van Schaeybroeck, B., Vannitsem, S.: A comparison of ensemble post-processing approaches that preserve correlation structures. Vienna, Austria, 17-22 April 2016.

Simonis, C., Tychon, B., Gellens-Meulenberghs, F.: Sensitivity analysis of AquaCrop evapotranspiration to weather station distance. VII International Scientific Agriculture Symposium, Jahorina, Bosnia and Herzegovina, 6-9 October 2016.

Spassov, S., Maher, B.A., Possolo, A.: Magnetic properties of Chinese Red Clay from Lingtai and its significance for proxies of past climate. XVth Castle Meeting: New Trends on Rock, Paleo and Environmental Magnetism. Dinant, Belgium, 21-27 August 2016.

Spassov, S., Ortega, D., Dutz, S., Steinhoff, U., Natividad, E., Wells, J.: RADIOMAG – A COST networking project in experimental cancer treatment research, combining magnetic fluid hyperthermia and radiotherapy. 11th International Conference on the Scientific and Clinical Applications of Magnetic Carriers. Vancouver BC, Canada, 31 May - 04 June 2016.

Stavrou, T., Müller, J.-F., Bauwens, M., Berckmans, J., Caluwaerts, S., De Troch, R., De Cruz, L., Giot, O., Hamdi, R., Termonia, P., Schaeybroeck, B.: High resolution isoprene emissions over Europe in past and future climate. European Geosciences Union General Assembly 2016, Vienna, Austria, 17-22 April 2016.

Termonia, P., Van Schaeybroeck, B., Willems, P., Van Lipzig, N., van Ypersele, J.-P., Marbaix, P., Fettweis, X., De Ridder, K., Gobin, A., Stavrou, T., Luyten, P., Pottiaux, E.: CORDEX.be: COmbining Regional climate Downscaling EXpertise in Belgium. Vienna, Austria, 17-22 April 2016.

Termonia, P., Van Schaeybroeck, B., Willems, P., Van Lipzig, N., van Ypersele, J.-P., Marbaix, P., Fettweis, X., De Ridder, K., Gobin, A., Stavrou, T., Luyten, P., Pottiaux, E.: CORDEX.be: COmbining Regional climate Downscaling EXpertise in Belgium. The International Conference on Regional Climate ICRC-CORDEX 2016, Stockholm, Sweden, 17-20 May 2016.

Trigo, I.F., Ghilain, N., Arboleda, A., Gellens-Meulenberghs, F.: Monitoring evapotranspiration and surface heat fluxes in EUMETSAT LSA-SAF: Exploitation of LST from MSG/SEVIRI, GlobTemp Workshop 16, Lisbon, Portugal, 8 June 2016.

Van Bever, J.: Presentatie op de ESCAPE dissemination Workshop, Helsingor, Denmark, October 2016.

Van De Vyver, H., Van Schaeybroeck, B., Smet, G., Vannitsem, S.: Ensemble post-processing methods for modeling the ensemble tail. SRNWP-EPS II Workshop, Bologna, Italy, 17-19 May 2016.

Van de Vyver, H., Van Schaeybroeck, B., Vannitsem, S.: The role of ensemble post-processing for modeling the ensemble tail. Geophysical Research Abstracts vol. 18, EGU General Assembly 2016.

Van de Vyver, H., Van Schaeybroeck, B.: Probabilistic forecasting of extreme weather events based on extreme value theory. Geophysical Research Abstracts vol. 18, EGU General Assembly 2016.

Van de Vyver, H.: Bayesian estimation of rainfall intensity-duration-frequency relationships. STAHY 2016 workshop in Quebec-City, Canada, 26-27 September 2016.

Van Schaeybroeck, B., Berckmans, J., Caluwaerts, S., De Troch, R., De Cruz, L., Duchêne, F., Giot, O., Hamdi, R., Termonia, P.: Climate projections of the ALARO-O model on the EURO-CORDEX domain. EGU, Vienna, Austria, 17-22 April 2016.

Vannitsem, S.: The low-frequency variability of the coupled ocean-atmosphere system – A dynamical systems perspective, AIMS, Orlando, 5 July 2016.

Vannitsem, S.: The role of the ocean mixed layer on the development of the low-frequency variability at midlatitudes. EGU, Vienna, Austria, 21 April 2016.

Vannitsem, S., Lucarini V., Statistical and Dynamical Properties of Covariant Lyapunov Vectors in a Coupled Atmosphere–Ocean Model – Error dynamics. EGU, Vienna, Austria, 21 April 2016.

Wouters, S., Devleeschouwer, X., Spassov, S., Steurbaut, E.: Detrital paramagnetic (clays) minerals controlling the magnetic susceptibility signal and detection of detrital ferromagnetic minerals during Danian and Selandian time (Loubieng quarry, France). XVth Castle Meeting: New Trends on Rock, Paleo and Environmental Magnetism. Dinant, Belgium, 21-27 August 2016.

Zaniriri, I., Spassov, S., Atzemoglou, A., Kondopoulou, D., Gault, A., Polya, D., Maher, B.A., Hademenos, V.: Mapping heavy metal distribution around the Kozani-Ptolemais power plants (Northern Greece) using magnetic parameters of soils. 18th International Conference on Heavy Metals in the Environment. Ghent, Belgium 12-15 September 2016.

CONFÉRENCES ET POSTERS SANS RÉSUMÉ

Arboleda, A.: EUMETSAT/WMO Land SAF/Satellite Products Training Course on Applications in Agro Meteorology., Tbilisi, Georgia, 23-27 March 2016.

Berckmans, J., Pottiaux, E., Van Malderen, R., Hamdi, R.: Evaluation of the atmospheric water vapor in the regional climate model ALARO coupled to the land surface scheme SURFEX using GNSS observations. COST Summer School/Workshop, Potsdam, Germany, 29 August - 2 September 2016.

Delcloo, A., Heue, K.-P., Keppens, A., Coldewey-Egbers, M., Lerot, C., Hubert, D., Verhoelst, T., Loyola, D., Valks, P., Lambert, J.-C., Witte, J., Thompson, A., van Roozendaal, M.: Validation of The ESA-CCI Harmonized Tropospheric Ozone Column Data Product, Using Balloon Sounding Data. ESA Atmospheric Composition Validation and Evolution conference, Frascati, Italy, 18 - 20 October 2016.

Delcloo, A., Loyola, D., Tuinder, O., Valks, P.: Validation of GOME-2/METOP-A and GOME-2/METOP-B tropospheric ozone column products, using balloon sounding data. EUMETSAT Meteorological Satellite conference, 2016, Darmstadt, Germany, 26 - 30 September 2016.

Demaeyer, J.: Subgrid-scale parameterization in a low-order coupled ocean-atmosphere model: A response theory approach. 30 Years of Nonlinear Dynamics in Geosciences, Rhodos, Greece, July 2016.

Demarée, G., Furet, L.T.: Apostolic Missionary at Okinawa, and his meteorological and seismological Observations (1857-1860). Workshop at the Department of Seismology, Faculty of Science, Ryukyu University, Naha, Okinawa, Japan, 30 January 2016.

Demarée, G., Kusman, D. : La sismicité historique au sujet de séismes au Labrador et au Groenland, au Japon et du séisme du 6 avril 1580 en Europe de l'Ouest. Histoire de l'Environnement – Réseau Interdisciplinaire, Group de contact FNRS. Observatoire royal de Belgique, 21 December 2016.

Demarée, G.: The Atmospheric Pressure Observations by Father Furet, Naha, 1856-1858. International Workshop 'Meteorological Observations and Typhoon Tracks in Japan during 19th Century', Seikei University, Tokyo, Japan, 28 July 2016.

Gerard, L.: 1. The non-saturated downdraught in Alaro-0. 2. Scale aware deep convection parameterization. 3. Alaro-1 multi-scale behaviour with cellular automata. 4. Cloudiness in the high-resolution context. ALARO-1 Working Days, Brussels, 12-14 September 2016.

Gerard, L.: Perturbation approach for scale-aware convection parameterization at kilometer resolution. HD(CP)2 conference: Understanding clouds and precipitation, Berlin, Germany, 15-19 February 2016.

Gielen, C., Van Roozendaal, M., Hermans, C., Hendrick, F., Fayt, C., De Backer, H., Mangold, A., De Bock, V., Laffineur, Q., Van Lipzig, N., Souverijns, N., Gorodetskaya, I., Lhermitte, S., Gossart, A.: Aerosol and ozone measurements from the recently installed MAX-DOAS instrument at the Princess Elisabeth Station in the framework of the AEROCLOUD project. BNCCG-BNCCAR Symposium, Brussels, Belgium, 29 April 2016.

Giot, O., Termonia, P., Degrauwe, D., De Troch, R., Caluwaerts, S., Smet, G., Berckmans, J., Deckmyn, A., De Cruz, L., De Meutter, P., Duerinckx, A., Gerard, L., Hamdi, R., Van den Bergh, J., Van Ginderachter, M., Van Schaeybroeck, B.: Validation and climate projections of the ALARO-0 model on the EURO-CORDEX domain. Joint 26th ALADIN Workshop & HIRLAM All Staff Meeting 2016, Lisbon, Portugal, 4-8 April, 2016.



Gorodetskaya, I., Maahn, M., Kneifel, S., Thiery, W., Van Tricht, K., Gallé, H., Lenaerts, J., Souverijns, N., Gossart, A., Schween, J., Lhermitte, S., Mangold, A., Laffineur, Q., Reijmer, C., van den Broeke, M., Crewell, S., Van Lipzig, N.: Cloud precipitation and surface mass balance measurements at Princess Elisabeth Station: a unique observatory in East Antarctica. BNCCG-BNCAR Symposium, Brussels, Belgium, 29 April 2016.

Gossart, A., Souverijns, N., Lhermitte, S., Gorodetskaya, I., Lenaerts, J., Mangold, A., Laffineur, Q., Van Lipzig, N.: An assessment of the COSMO-CLM simulation of surface mass balance processes over Antarctica. COSMO/CLM/ART User Seminar 2016, Offenbach, Germany, 7-9 March 2016.

Gossart, A., Souverijns, N., S., Gorodetskaya, I., Lhermitte, S., Lenaerts, J., Mangold, A., Laffineur, Q., Palm, S., Van Lipzig, N.: Snowdrift events detection: a comparison of satellite imagery with ground-based remote sensing observations at Princess Elisabeth Station, East Antarctica. European Geosciences Union General Assembly 2016, Vienna, Austria, 17-22 April 2016.

Haeffelin, M., Laffineur, Q., Bravo-Aranda, J.-A., Drouin, M.-A., Casquero-Vera, J.-A., Dupont, J.-D., De Backer, H.: PARAFOG: Pre-FOG alert tool based on ceilometer measurements, Journée Scientifique SIRTa 2016, Paris, France, 23 June 2016.

Hamdi, R., Duchêne, F.: SURFEX offline coupled to ALARO. Cordex.be meeting RMI, Brussels, 2016.

Hamdi, R.: Combining the EKF soil analysis with a three dimensional variational upper-air assimilation for ALARO. Joint 26th ALADIN Workshop & HIRLAM All Staff Meeting 2016, Lisbon, Portugal, 4-8 April 2016.

Hamdi, R.: Heat wave and Urban Heat Island, a potential health-risk for the in-habitant of the Brussels Capital Region for the 2050s horizon. RMI, Brussels, 1st June 2016.

Hamdi, R.: Invloed van stad op weer en klimaat. Melle, Belgium, 4 May 2016.

Hamdi, R.: Surface data assimilation at RMI. Joint 26th ALADIN Workshop & HIRLAM All Staff Meeting 2016, Lisbon, Portugal, 4-8 April 2016.

Hamdi, R.: Surface data assimilation at RMI. Surface data assimilation workshop, Zagreb, Croatia, 24-26 October 2016.

Hamdi, R.: SURFEX as a new land surface scheme for ALADIN partners. Strategy meeting, Toulouse, France, 26-28 April 2016.

Hamdi, R.: SURFEX for ALADIN/ALARO. SURFEX steering committee, 23 March 2016.

Hamdi, R.: SURFEX with ALARO. ALARO-1 Working days 2016. RMI, Brussels, 12-14 September 2016.

Hamdi, R.: Urban climate/meteorology modelling at RMI. Urumqi, China, August 2016.

Hamdi, R.: Urban projections and impact assessments. ERA4CS meeting, Madrid, Spain 3-4 March 2016.

Hamdi, R.: Weather forecasts for the roads. Trilateral Benelux meeting, RMI, Brussels 20 October 2016.

Herenz, P., Mangold, A., Wex, H., Stratmann, F.: CCN measurements at the Princess Elisabeth Antarctica Research Station. 17th International Conference on Clouds and Precipitation, Manchester, United Kingdom, 25-29 July 2016.

Keppens, A., Lambert, J.-C., Hubert, D., Granville, J., Verhoelst, T., Compernelle, S., van Peet, J., van der A, R., Miles, G., Siddans, R., Clerbaux, C., Coheur, P.-F., Delcloo, A., Godin-Beekmann, S., Kivi, R., Stübi, R., Zehner, C.: Comprehensive quality assessment of GOME- and IASI-type multi-mission tropospheric ozone data records. Quadrennial Ozone Symposium, Edinburgh, UK, 4-9 September 2016.

Klos, A., Bock, O., Pottiaux, E., Van Malderen, R., Bogusz, J.: Autoregressive Processes in Homogenization of GNSS Tropospheric Data. AGU Fall Meeting, San Francisco, US, 12-16 December 2016.

Laffineur, Q., Haeffelin, M., Dupont, J.-C., Bravo-Aranda, J.A., Drouin, M.-A., De Backer, H.: Statistical analysis of parameters computed by PARAFOG: a new pathway to increase knowledge on the early stage of fog formation. 7th International Conference on Fog, Fog Collection and Dew, Wroclaw, Poland, 24-29 July 2016.

Mangold, A., Elst, D., Delcloo, A., Hamdi, R., Hermans, C.: Measurements of the aerosol composition of the Brussels sub-urban atmosphere and implications for the emission scheme of a regional chemical transport model. 32nd International Conference on Environmental Geochemistry and Health, Society for Environmental Geochemistry and Health, SEGh, Brussels, Belgium, 4-8 July 2016.

Mangold, A., Laffineur, Q., De Backer, H., Herenz, P., Wex, H., Gossart, A., Souverijns, N., Gorodetskaya, I., Van Lipzig, N.: Aerosol and CCN properties at Princess Elisabeth station, East Antarctica: seasonality, new particle formation events and properties around precipitation events. European Geosciences Union General Assembly 2016, Vienna, Austria, 17-22 April 2016.

Mangold, A., Laffineur, Q., De Bock, V., Hermans, C., Gielen, C., Gorodetskaya, I., Herenz, P., Wex, H., Verhasselt, K., Oosterbos, S., Kuppens, S., De Backer, H.: Atmospheric aerosol characterisation at Princess Elisabeth station, East Antarctica. BNCGG-BNCAR Symposium, Brussels, Belgium, 29 April 2016.

Mangold, A., Laffineur, Q., Van Malderen, R., De Bock, V., Hermans, C., Nys, K., De Backer, H.: Analysis of total ozone and UV radiation and of vertical profile measurements of temperature, humidity and wind data at Princess Elisabeth Station, East Antarctica. BNCGG-BNCAR Symposium, Brussels, Belgium, 29 April 2016.

Namaoui, H., Kahlouche, S., Belbachir, A.H., Van Malderen, R., Brenot, H., Pottiaux, E.: First results of GPS water vapour and its comparison with radiosondes and ERA-Interim Reanalysis in Algeria. COST Summer School/Workshop, Potsdam, Germany, 29 August - 2 September 2016.

Poelman, D. R., Goudenhoofd, E., Delobbe, L., Schulz, W.: Determining lightning outliers based on Belgian radar data to evaluate the performance of EUCLID. European Lightning Detection Workshop, Toulouse, France, 2016.

Smet, G., Van den Bergh, J.: Thunderstorm case studies with the experimental convection-permitting RMI-EPS. SRNWP-EPS II workshop on Probabilistic prediction of severe weather phenomena, Bologna, Italy, 17-19 May 2016.

Smet, G.: Toward a convection-permitting EPS. Hirlam-C/ALADIN Joint Working Week on GLAMEPS, HarmonEPS and HARP development for EPS, De Bilt, Netherlands, 29 February - 4 March 2016.

Smet, G.: Toward a convection-permitting RMI-EPS. RMI seminar, Brussels, Belgium, 7 December 2016,

Souverijns, N., Gossart, A., Gorodetskaya, I., Lhermitte, S., Mangold, A., Laffineur, Q., Van Lipzig, N.: The representation of radiation, clouds and precipitation in a default COSMO-CLM simulation over Antarctica. COSMO/CLM/ART User Seminar 2016, Offenbach, Germany, 7-9 March 2016.

Souverijns, N., Gossart, A., Gorodetskaya, I., Lhermitte, S., Van Tricht, K., Mangold, A., Laffineur, Q., Van Lipzig, N.: Climatology of clouds and precipitation over East Antarctica using ground-based remote sensing at the Princess Elisabeth Station. European Geosciences Union General Assembly 2016, Vienna, Austria, 17-22 April 2016.

Tuinder, O.N.E., Delcloo, A., Hess, M., Shah, S.: Reprocessed Metop/GOME-2 Vertical Ozone Profiles, Quadrennial Ozone Symposium, Edinburgh, UK, 4-9 September 2016.

Van Malderen, R., Allaart, M.A.F., De Backer, H., Smit, H.G.J., De Muer, D.: Testing the SI²N Ozonesonde Data Quality Assessment for the nearby stations Uccle (BE) and De Bilt (NL). Quadrennial Ozone Symposium, Edinburgh, UK, 4-9 September 2016.

Van Malderen, R., Pateraki, N., De Backer, H., Smit, H.G.J., Thouret, V.: Comparison of tropospheric ozone profiles at Brussels, measured with MOZAIIC aircraft and ozonesondes. Quadrennial Ozone Symposium, Edinburgh, UK, 4-9 September 2016.

Vannitsem, S.: Predictability of atmospheric flows. Are seamless ensemble predictions useful for mid-latitudes? IMS workshop on ensemble forecasts, Tel Aviv, Israel, 9 November 2016.

Vannitsem, S.: The low-frequency variability of the coupled ocean-atmosphere system - A dynamical systems perspective, seminar at the NERSC, Bergen, Belgium, 9 February 2016.



THÈSES EN VUE DE L'OBTENTION DU GRADE DE DOCTEUR

De Troch, R.: The application of the ALARO-0 model for regional climate modeling in Belgium: extreme precipitation and unfavorable conditions for the dispersion of air pollutants under present and future climate conditions, PhD Thesis, May 2016.

Date d'occurrence	Phénomène météo	Communes/Provinces touchées
7 - 9 juin 2014	Précipitations abondantes	1 commune Flandre occidentale
7 - 9 juin 2014	Précipitations abondantes	1 commune Flandre occidentale
5 juin 2015	Précipitations abondantes	1 commune Flandre occidentale
15 - 17 janvier 2016	Chute de neige importante	Provinces de Liège et Namur
22 - 23 janvier 2016	Précipitations abondantes	2 communes province de Liège
27/28- mars 2016	Vents de tempête	Flandres
11 mai 2016	Précipitations abondantes	1 commune province de Namur
11 mai 2016	Précipitations abondantes	2 commune province du Hainaut
11 mai 2016	Précipitations abondantes	1 commune province du Hainaut
27 mai 2016	Précipitations abondantes	7 communes Liège et Hainaut
27 mai 2016	Vents de tempête	Flandres
27 mai 2016	Précipitations abondantes	7 communes Liège, Hainaut et Brabant-Wallon
29 mai 2016	Précipitations abondantes	5 commune province de Liège
30 mai 2016	Précipitations abondantes	2 commune province du Hainaut
2 juin 2016	Précipitations abondantes	2 communes province de Luxembourg
5 juin 2016	Précipitations abondantes	1 commune province du Hainaut
2/5/6 juin 2016	Précipitations abondantes et grêle	1 commune province de Liège
5 juin 2016	Précipitations abondantes	5 communes provinces de Liège et de Luxembourg
5 juin 2016	Précipitations abondantes	12 communes province de Liège
6 juin 2016	Précipitations abondantes	1 commune province de Liège
6 juin 2016	Précipitations abondantes	1 commune province de Namur
6/7 juin 2016	Précipitations abondantes	15 communes Liège, Hainaut et Namur
6/7 juin 2016	Précipitations abondantes et grêle	16 commune province du Hainaut
6/7 juin 2017	Précipitations abondantes	1 commune province du Hainaut
7 juin 2016	Précipitations abondantes	6 communes province de Luxembourg



Date d'occurrence	Phénomène météo	Communes/Provinces touchées
7 juin 2016	Précipitations abondantes	19 communes Bruxelles-Capitale
6/7/8/23 juin 2016	Précipitations abondantes	2 communes province du Hainaut
23 juin 2016	Précipitations abondantes	19 communes Bruxelles-Capitale
23 juin 2016	Précipitations abondantes et tempête	20 communes Brabant et Hainaut
23 juin 2016	Tempête avec orage	Flandres
22 juillet 2016	Précipitations abondantes	1 commune province de Namur
23 juillet 2016	Précipitations abondantes	10 communes Brabant-Flamand
23 juillet 2016	Précipitations abondantes	5 communes Brabant-Wallon et Luxembourg
25 août 2016	Réseau de mesures en Flandres	Question parlementaire J. De Meyer
20 novembre 2016	Tempête	Flandres
20 novembre 2016	Tempête	Wallonie
20 novembre 2016	Tempête	Bruxelles-Capitale





AFFECTS : Advanced Forecast For Ensuring Communications Through Space

ALADIN : Aire Limitée, Adaptation dynamique, Développement InterNational

ALARO : Version d'ALADIN à haute résolution

AWS : Automatic Weather Station

BELLS : Belgian Lightning Location System

Belspo : BELgian Science POLicy

CFC : Chlorofluorocarbure

CORDEX : Coordinated Regional climate Downscaling Experiment

COSPAR : Committee on Space Research

DFS : Dynamic Frequency Selection

DGO2 : Direction Generale Opérationelle de la Mobilité et des Voies hydrauliques de la Région Wallonne

ECMWF : European Centre for Medium-range Weather Forecast

EMS : European Meteorological Society

FAI : Fédération Aéronautique Internationale

FSC : Forest Stewardship Council

GERB : Geostationary Earth Radiation Budget HIRLAM : High Resolution Limited Aera Model

IAGA : International Association of Geomagnetism and Aeronomy

IBPT : Institut Belge des services Postaux et des Télécommunications

INCA-BE : Integrated Nowcasting through Comprehensive Analysis-BELgium

IRM : Institut Royal Météorologique de Belgique

KRISS : Korea Research Institute of Standards and Science

MAOOAM : Modular Arbitrary-Order Ocean- Atmosphere Model

MASC : Mass Schelster Capability

MoU : Memorandum of Understanding

NASA : National Aeronautics and Space Administration

NOAA : National Oceanic and Atmospheric Administration

NWP : Numerical Weather Prediction

OPERA : OPErational RAdars

QPE : Quantitative Precipitation Estimation

SAFIR : Système d'Alerte Foudre par Interferometrie Radioélectrique

SCHEME : Modèle hydrologique pour l'Escaut et la Meuse (SCHElde en Maas)

SI2 : Solar Impulse 2

STEPS-BE : Short Term Ensemble Prediction System-BELgium

SURFEX : SURface EXternalisé

SWPC : Space Weather Prediction Center

TOPROF : Towards Operational ground-based PROFiling with ceilometers, doppler lidars and microwave radio-meters

Ugent : Université de Gand

VMM : Vlaamse Milieu Maatschappij



INSTITUT ROYAL MÉTÉOROLOGIQUE DE BELGIQUE

Avenue Circulaire 3, B-1180 Uccle | Tel.: +32 2 373 05 08 | Fax: +32 2 375 12 59

www.meteo.be



INSTITUT ROYAL MÉTÉOROLOGIQUE DE BELGIQUE

