



INSTITUT ROYAL MÉTÉOROLOGIQUE DE BELGIQUE

365 jours au service du temps

A person wearing a bright yellow raincoat is seen from the side, looking through a large, white, cylindrical telescope mounted on a stone pillar. The telescope is positioned on a balcony with a dark green metal railing. In the background, a vast, hazy landscape of rolling hills and valleys stretches out under a cloudy sky. The overall scene is atmospheric and suggests a high-altitude meteorological observation station.

RAPPORT ANNUEL 2015

Sommaire

1° 	Avant-propos	02
2° 	Faits marquants 2015	04
3° 	L'IRM au service des défis	10
4° 	La météo en 2015	20
5° 	Les nouveaux produits de l'IRM	34
6° 	La recherche à l'IRM	46
7° 	IRM et international	52
8° 	La vie à l'IRM	56
9° 	La structure de l'IRM	64
10° 	Les publications et conférences scientifiques	70
11° 	Liste des acronymes et abréviations	82

IRM - Institut Royal Météorologique

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

www.meteo.be

Éditeur responsable : Dr D. Gellens | ISSN 2033-8562 | Coordination : Alex Dewalque et Carine Beetens

Photos : IRM - Bénédicte Maindiaux - © Solar Impulse - Shutterstock - Thinkstock |

Création & réalisation : thecrewcommunication.com | Impression : Fedopress



INSTITUT ROYAL MÉTÉOROLOGIQUE DE BELGIQUE



L'INSTITUT ROYAL MÉTÉOROLOGIQUE (IRM) EST UN INSTITUT SCIENTIFIQUE QUI S'OCCUPE DE MÉTÉOROLOGIE ET QUI DÉPEND DE LA SECRÉTAIRE D'ÉTAT À LA LUTTE CONTRE LA PAUVRETÉ, À L'ÉGALITÉ DES CHANCES, AUX PERSONNES HANDICAPÉES, ET À LA POLITIQUE SCIENTIFIQUE, ADJOINTE AU MINISTRE DES FINANCES, MADAME ELKE SLEURS.



1° | Avant-propos



CHERS LECTEURS,

Paradoxalement, malgré les restrictions budgétaires très strictes auxquelles tous les Etablissements Scientifiques Fédéraux (ESF) sont soumis, l'année 2015 fut aussi marquée par une série de projets d'investissements importants.

Tout d'abord, le remplacement du « super computer », utilisé par les trois ESF du Plateau d'Uccle (l'Observatoire Royal de Belgique, l'Institut Royal Météorologique et l'Institut d'Aéronomie Spatiale), a été mené à terme. Ce nouveau serveur de calcul intensif livré par la société SGI a été installé en novembre. Ceci permettra à l'IRM en 2016 de mettre à la disposition des prévisionnistes et des utilisateurs des prévisions ayant une résolution spatiale de 1,3 km (au lieu de 4 km précédemment), permettant de mieux prévoir les événements extrêmes présentant des risques pour la population.

Ensuite, grâce au support de la Secrétaire d'État à la Politique Scientifique, Mme Sleurs, des investissements structurels supplémentaires ont été obtenus pour renforcer l'infrastructure informatique du Plateau d'Uccle. En particulier, un système de stockage de données de grande capacité sera à la disposition des chercheurs pour accueillir et préserver les données d'observations et de simulations numériques qu'ils réalisent dans leurs recherches.

L'année 2015 fut pour l'IRM aussi une année d'innovations et, plus que jamais, de collaborations aussi bien sur le plan national qu'international.

L'innovation la plus marquante a sans doute été la mise en ligne de notre nouvelle application météo mobile. À l'heure où les « digital natives » jonglent avec leurs smartphones et tablettes, l'IRM se devait de renouveler son offre tous publics, en mettant à votre disposition une toute nouvelle



application mobile météo. Depuis février 2015, plus de 300.000 téléchargements de notre app ont été recensés, versions Android et iOS confondues.

En outre, deux changements de taille ont fait leur apparition sur notre site web en 2015 : une nouvelle version des bilans climatologiques mensuels, saisonniers et annuels, ainsi qu'un Atlas climatologique.

Les bilans climatologiques « nouvelle version » sont composés d'un tableau rassemblant différents paramètres relevés à Uccle et de nouvelles cartes de Belgique accompagnées de graphiques qui viennent en compléter l'information. Ces bilans sont disponibles automatiquement sur notre site web le premier jour du mois suivant. Le bilan climatologique annuel détaillé « nouvelle formule » est disponible dans ce rapport. Il est complété dans le chapitre « La météo en 2015 » par une étude des phénomènes orageux de juin et août, ainsi que des dégâts provoqués par le vent le 30 août.

L'Atlas climatologique de Belgique est basé sur les observations officielles de l'IRM et contient une mine d'informations sur la répartition géographique de la température de l'air, des précipitations, du rayonnement solaire et des orages. Il sera progressivement complété par des volets couvrant les autres variables climatologiques, comme le vent.

Aspect très important mais souvent ignoré du public, la recherche scientifique menée par l'IRM a de nouveau été très active en 2015.

Parmi les nombreuses activités de recherche et développement réalisées par l'IRM en 2015 et exposées en détail dans ce rapport, citons en particulier la parution du résumé du rapport ACR3.2 (Assessment Report on Climate Change and Cities) de l'Urban Climate Change Research Network, qui a été présenté pendant la conférence internationale sur le climat COP21 qui s'est tenue à Paris. Le Dr Rafiq Hamdi, un scientifique de l'IRM, est l'auteur principal du chapitre consacré à la science du climat urbain. Ce rapport est destiné aux décideurs locaux afin de les informer sur les aspects urbains du changement climatique.

Dans cette lignée, l'IRM et Swiss Re, une grande compagnie internationale de réassurance, ont organisé le 28 octobre un symposium sur le changement de climat, intitulé « Scenarios and risk management », afin d'entamer un dialogue entre les climatologues et les spécialistes du monde de l'assurance. D'importants représentants des deux parties étaient présents, tels que le Cabinet de Mme Elke Sleurs et le Prof. Jean-Pascal van Yperzele, ainsi que de grandes compagnies d'assurance.

Les prévisionnistes de notre Bureau du Temps ont été très actifs et ont pris part à plusieurs échanges et conférences entre différents services météorologiques nationaux d'Europe et ont à nouveau pu démontrer leurs qualités en fournissant leur expertise à des projets comme Solar Impulse et le World Solar Challenge.

L'IRM a fêté les 20 ans de fonctionnement de son instrument de mesure de l'irradiance solaire, Diarad/Virgo. Instrument embarqué à bord d'un satellite, et qui n'était supposé fonctionner que 2 à 6 ans, confirmant la réputation de l'IRM pour la qualité de ses instruments de mesures.

Une nouvelle campagne de mesure des aérosols a eu lieu à la station antarctique Princesse Elizabeth. Une année complète de données a pu être récoltée, ce qui constitue une première depuis le début des observations en Antarctique.

Nous sommes aussi très heureux d'avoir réalisé des observations géomagnétiques sur le site de la station durant toute l'année 2015, démontrant la fiabilité des instruments développés par le Centre de Physique du Globe de l'IRM.

Ceci n'est qu'un bref aperçu des activités et réalisations de l'IRM en 2015. De nombreux autres articles vous attendent au fil de ce rapport.

Je vous souhaite, à toutes et à tous, une excellente lecture.

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

MARDI

12 MAI | 02:00

BEAUVECHAIN

18,2° 

 7km/h

 0%

 1017,9 hPa

CHAUD

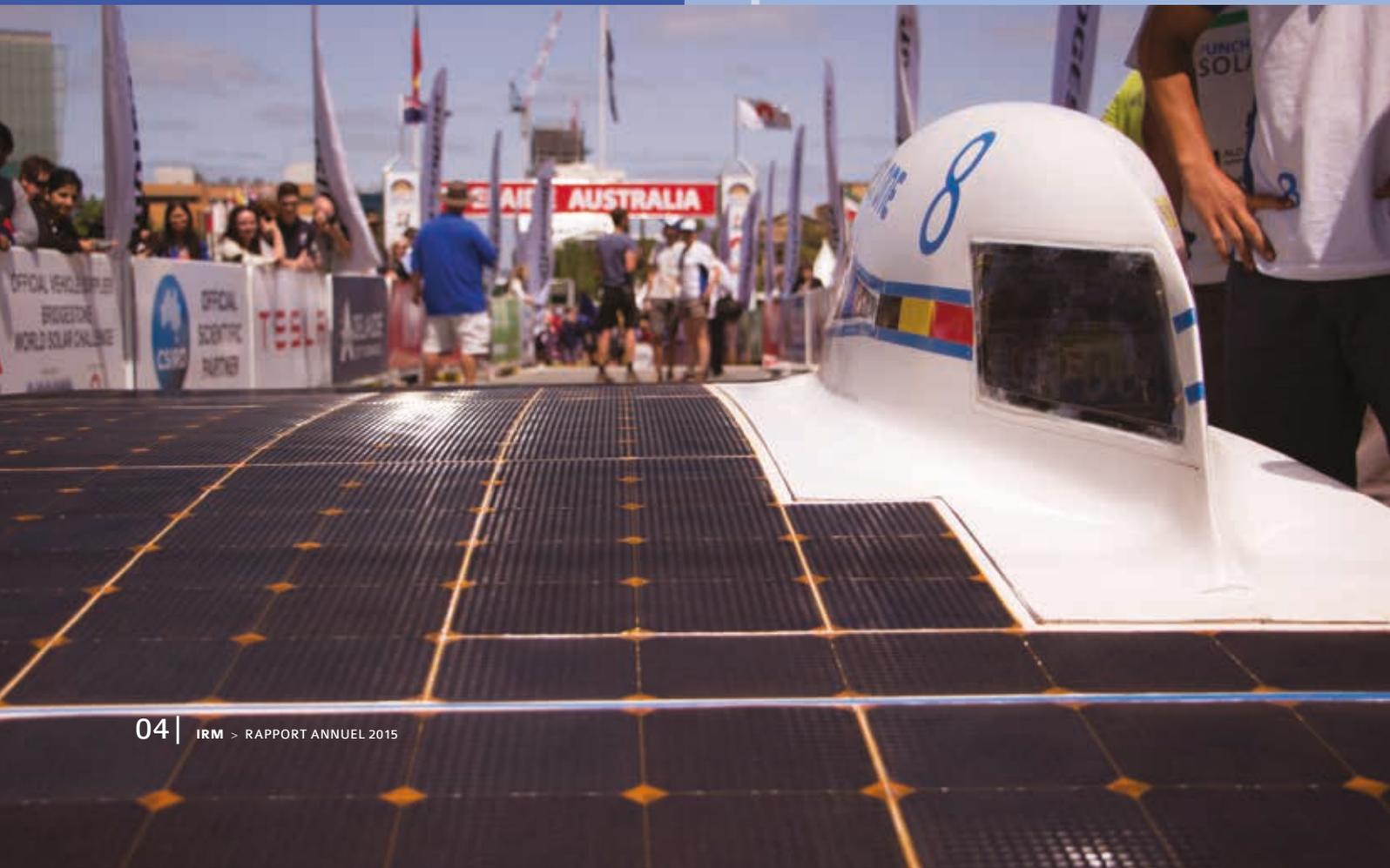


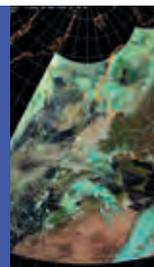
SUPERCOMPUTER

Un nouveau High-Performance Computer (HPC) a été installé sur le Plateau de Uccle fin de l'année 2015. Cette machine est environ 40 fois plus puissante que le précédent HPC de l'IRM.

WORLD SOLAR CHALLENGE

Le World Solar Challenge est une course bisannuelle de voitures solaires, dont la 13^{ème} édition s'est déroulée du 18 au 25 octobre 2015. La course comporte un trajet d'environ 3.000 km à travers l'Australie.





SUPERCOMPUTER

Un nouveau High-Performance Computer (HPC) a été installé sur le Plateau de Uccle fin de l'année 2015. Cette machine est environ 40 fois plus puissante que le précédent HPC de l'IRM.

Nouveau Supercalculateur de l'IRM: fiche technique

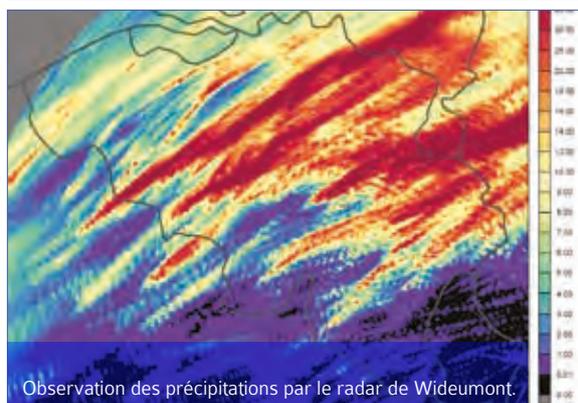
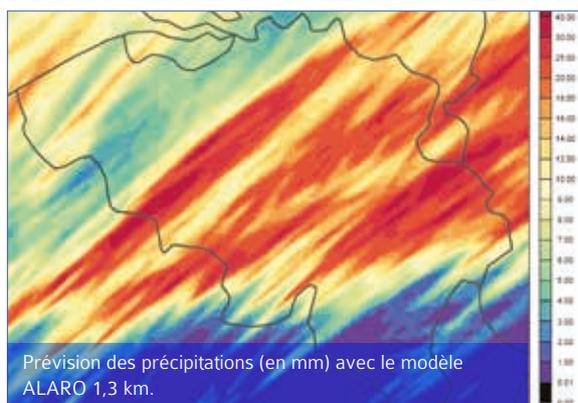
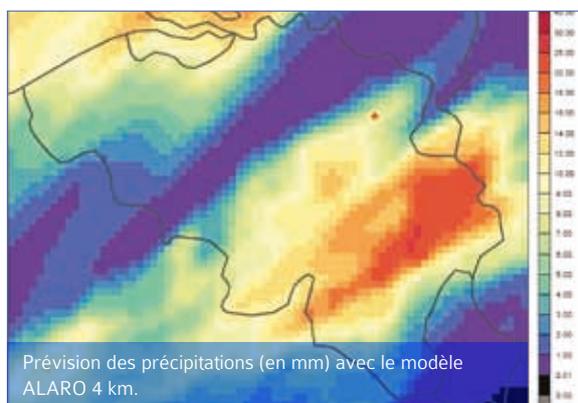
Le nouveau super calculateur SGI a été acquis par les Instituts du Plateau d'Uccle pour répondre à des besoins de calculs très variés dans les domaines de la météorologie, de l'aéronomie et de l'astronomie. Il sera exploité pendant une période de quatre ans 2015-2019. Il est entré en fonctionnement en novembre 2015 et a été mis en production en février 2016 pour les prévisions météorologiques.

Il s'agit d'un cluster composé de 112 nœuds de calculs pour un total de 2.688 cœurs. Deux systèmes de stockage sont mis à disposition : un « rapide » de hautes performances, destiné à répondre aux fortes demandes en écriture-lecture, et un second stockage, lui aussi hautement fiable mais moins performant, destiné à accueillir les fichiers liés au développement des applications. Les ressources sont partagées entre les différents utilisateurs à l'aide d'un système de gestion des tâches PBS Pro, qui aura également la charge d'assurer la réservation des tâches opérationnelles.

Afin d'assurer un service fiable 24 heures sur 24, 365 jours par an, le système a été conçu comme deux unités totalement redondantes au niveau des nœuds de calculs et du stockage, l'une se trouvant dans la salle informatique de l'IRM et l'autre dans celle de l'Institut d'Aéronomie Spatiale. Les deux unités du cluster sont connectées par des fibres haut débit Infiniband via 4 liens 40 Gbps.

Le modèle ALARO, le modèle à maille fine de l'IRM qui est développé au sein du Consortium ALADIN, a été également installé sur cette nouvelle machine. À l'avenir, cette puissance de calcul supplémentaire sera utilisée pour augmenter la résolution du modèle ALARO de 4 km vers 1,3 km. Ceci permettra de calculer plus en détails que précédemment. Afin de tester l'amélioration de qualité vers la grille de 1,3 km, nous avons fait tourner le modèle sur le nouveau super-ordinateur pour le 18 août 2011, jour du drame du Pukkelpop. La première figure en haut montre les prévisions de précipitations avec la modèle en résolution 4 km. La figure centrale représente ces mêmes prévisions de précipitations mais, cette fois, réalisées par le modèle

à la nouvelle résolution de 1,3 km. Enfin, la figure du bas représente les précipitations observées par le radar de Wideumont. Le modèle à plus haute résolution donne une meilleure structure des zones d'averses. Les prévisions du modèle à haute résolution seront rendues opérationnelles dans le courant de l'année 2016.



2° Faits marquants 2015



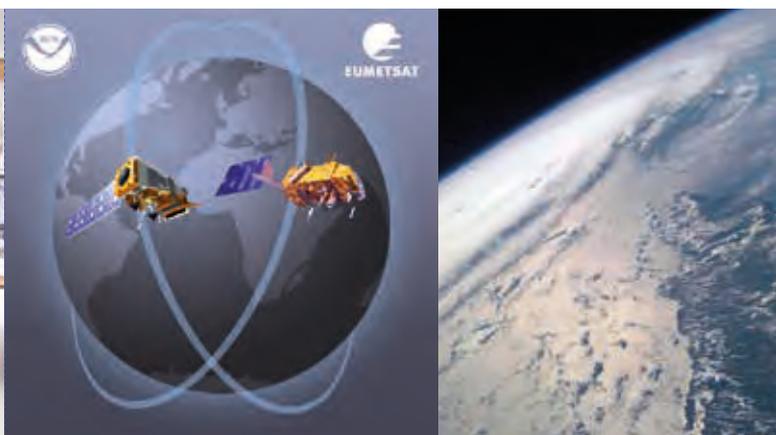
LA BELGIQUE INVESTIT DANS LES SATELLITES MÉTÉOROLOGIQUES !

La Secrétaire d'État à la Politique scientifique, Elke Sleurs, dégage 92 millions d'euros pour développer de nouveaux satellites d'observation de la terre à des fins de météorologie. Ces satellites transmettront des données et images de la terre avec une résolution nettement supérieure que les satellites de la première génération.

La précision des informations s'en trouvera sensiblement augmentée.

C'est une véritable révolution dans l'observation et la prévision du temps, du climat et de l'environnement. Les satellites météorologiques se situent traditionnellement à 36.000 km au-dessus de la surface de la Terre, avec une période orbitale de 24 heures. Le nouveau type de satellite se déplace beaucoup plus près de la Terre, à peine 817 km de hauteur, fournissant ainsi des images à bien plus haute résolution. Et sa période orbitale est également beaucoup plus courte : environ 100 minutes.

Les nouveaux satellites seront développés à la demande d'EUMETSAT par l'ESA, qui sera chargé de la construction et du lancement. EUMETSAT se chargera de l'exploitation. EUMETSAT est une organisation intergouvernementale qui a son siège à Darmstadt, en Allemagne.



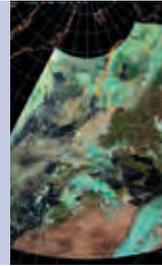
▼
Metop-SG A et B en orbite autour de la Terre
(crédit EUMETSAT).

L'IRM utilise quotidiennement les données de satellites EUMETSAT pour ses prévisions météorologiques (y compris l'ozone, les UV, etc.). De nombreux autres établissements et universités belges utilisent également les données météorologiques pour examiner les phénomènes liés au temps, comme la pollution de l'air, le déboisement, la désertification, le trou dans la couche d'ozone ou la gestion des côtes. La sécurité aéronautique au-dessus du territoire belge dépend elle aussi de ces données.

« Les prévisions météorologiques apportent donc bien plus qu'une réponse à la question de savoir s'il pleuvra demain ou s'il y aura du soleil », déclare la Secrétaire d'État Sleurs. « Elles sont utilisées à grande échelle pour étudier des phénomènes qui sont pertinents pour notre santé, et même pour notre sécurité physique lorsqu'il s'agit de tempêtes ou d'inondations. L'investissement de 92 millions d'euros, étalé sur 30 années, dans des nouveaux satellites est donc capital pour notre société. »

DESCRIPTION DES NOUVEAUX INSTRUMENTS PRÉVUS

Le Conseil des Ministres a approuvé la participation de la Belgique au programme EPS-SG (EUMETSAT Polar System - Second Generation) qui vise à développer et mettre en



opération les successeurs des satellites Metop. Comme pour ces derniers, EPS-SG observera la Terre sur une orbite du matin alors que la NOAA américaine gardera la responsabilité de l'orbite de l'après-midi. Ensemble, ces observations constituent un élément essentiel pour l'assimilation de données dans les modèles de prévision du temps. L'investissement de 3,5 milliards d'euros, dont les 92 millions promis par la Belgique, peut paraître énorme mais apparaît tout à fait justifié au vu des bénéfices escomptés, non seulement pour la sécurité des biens et des personnes, mais également pour l'augmentation de la productivité dans un grand nombre de secteurs économiques tributaires des prévisions météorologiques tels que l'agriculture, les transports et l'aviation, le secteur énergétique et le renouvelable, le tourisme... Certaines études avancent un retour sur investissement compris entre 5 et 20 pour EPS-SG! (Réf.

EUM 2014: The Case for EPS/METOP Second Generation: Cost Benefit Analysis – Full Report. Edited by EUMETSAT, January 2014).

Comme pour les satellites géostationnaires Meteosat Troisième Génération, chaque system EPS-SG sera composé de 2 satellites volant en formation : Metop-SG A et Metop-SG B. Les trois systèmes EPS-SG (6 satellites au total) seront lancés à partir de mi-2021 et devraient rester en service jusqu'en 2040.

La charge utile, détaillée dans le tableau ci-dessous, contient 9 instruments d'observation de la Terre. Au vu de cette table il va sans dire qu'un grand nombre de scientifiques du « Pôle Espace » de Uccle attendent EPS-SG avec impatience !

Instruments	A/B	Fournisseur	Nouveautés
IASI-NG : Infrared Atmospheric Sounding Interferometer - Nouvelle Génération	A	CNES	Le successeur de IASI fournira une information encore plus précise pour les sondages atmosphériques.
METImage : Visible/infrared Imager	A	DLR	Après près de 40 ans d'imagerie fournie par AVHRR, METImage devrait être une petite révolution !
MWS : Micro Wave Sounder	A	ESA	Avec ses 24 canaux (23.8 GHz – 229 GHz) MWS sera un digne successeur des AMSU et MHS pour le sondage atmosphérique de la température et de l'humidité.
RO : Radio Occultation	A & B	ESA	La radio-occultation est une technique prometteuse mais qui nécessite un grand nombre de récepteurs, raison pour laquelle l'instrument se retrouve sur Metop-SG A et B.
3MI : Multi-viewing, multi-channel, multi-polarisation Imager	A	ESA	Initialement prévu pour l'observation des aérosols, beaucoup d'autres communautés scientifiques s'intéressent à 3MI : couleur de l'océan, bilan radiatif de la Terre...
S5 : Sentinel 5 UVNS	A	ESA/EU	Le spectromètre UVNS (270 nm – 2385 nm) permettra un suivi opérationnel de la qualité de l'air (et du respect des normes dans le domaine). Les principaux gaz mesurés sont: O3, NO2, SO2, HCHO, CO et CH4. Les aérosols sont également mesurés.
SCA : Scatterometer	B	ESA	Avec ses 6 antennes, SCA permettra une bien meilleure couverture que ASCAT : la couverture globale sera obtenue en 48h au lieu des 5 jours nécessaires à ASCAT actuellement.
MWI : Micro Wave Imager	B	ESA	Avec ses 26 canaux (18.7GHz – 183 GHz), le successeur des instruments SSMI fournira non seulement des informations quantitatives sur les précipitations mais permettra également l'observation de la surface terrestre à travers les nuages : vitesse du vent sur l'océan, couverture de neige et de glace...
ICI : Ice Cloud Imager	B	ESA	Les canaux sous-millimétriques de ICI (jusqu'à 664 GHz!) fourniront une observation sans précédent des nuages de glace, tels que les cirrus.

2° | Faits marquants 2015

CLIMATE CHANGE SYMPOSIUM – SCENARIOS AND RISK MANAGEMENT

Le 28 octobre 2015, l'IRM organisait avec Swiss Re Corporate Solutions (partie du Groupe Swiss Re), le congrès sur le changement de climat intitulé «Climate Change Symposium – scenarios and risk management», afin d'instaurer un dialogue entre les spécialistes du climat et les spécialistes du monde de l'assurance.



Swiss Re Corporate Solutions est un assureur actif dans le monde entier qui propose des solutions aux différents risques potentiels des entreprises. Le siège central de cet assureur se situe à Zurich (Suisse), mais il dispose de succursales en Europe (Benelux), Asie, Océanie, Amérique du Nord et du Sud et en Afrique du Sud. Les clients de Swiss Re subissent au quotidien l'impact grandissant des catastrophes naturelles et d'une météo extrême, et sont donc également concernés et intéressés par une meilleure connaissance du temps et du climat.

La société devient de plus en plus vulnérable face aux phénomènes météorologiques extrêmes. Les dégâts matériels

Prof. Jean-Pascal Van Ypersele ▼



provoqués par les chutes de grêles des 7, 8 et 9 juin 2014 ont été estimés à plus de 300 millions d'euros. De plus, les phénomènes extrêmes vont augmenter en force et en fréquence à cause du changement climatique, dans les années à venir. L'intérêt des assureurs envers la météo et le climat ne fait que s'accroître, afin de pouvoir mieux estimer les risques liés à de tels événements, c'est pourquoi l'IRM tenait à mettre ses connaissances à dispositions des parties prenantes.

Le programme comportait deux parties :

La première partie consistait en l'exposition de la situation actuelle d'un point de vue climatologique. Prof. Jean-Pascal Van Ypersele a expliqué les conclusions rendues par le 5^{ème} Rapport d'évaluation du GIEC. Prof. Patrick Willems est allé plus en détails quant aux impacts pour la Belgique et Prof. Piet Termonia a illustré comment les informations climatologiques peuvent être utilisées afin de pouvoir fournir des services climatiques.

Pendant la deuxième partie, Serge Troeber, Chief Underwriting and Group Management Board Member de Swiss Re Corporate Solutions, a donné un exposé sur les perspectives du changement de climat et les catastrophes naturelles, et Stuart Brown, Head of Origination Weather & Energy EMEA and Asia Pacific, Swiss Re Corporate Solutions, a quant à lui parlé des solutions contre les risques météorologiques quotidiens et a donné des exemples d'applications au niveau industriel.

Dr Piet Termonia, (à droite) recevant un souvenir du symposium. ▼





Michel (à gauche) et Fabrice (à droite) pris «sur le vif» grâce à une mise en scène du photographe Jean-Yves Leveau. ▲

DEUX OBSERVATEURS DE L'IRM MIS À L'HONNEUR

Dans la cadre de « Mons Capitale Culturelle Européenne 2015 », une série d'événements furent organisés par la Wallonie Picarde.

Dix-huit communes dudit Territoire partenaire ont ainsi participé à différentes manifestations regroupées sous le thème des « 400 Coups », avec cependant un seul point commun : le ciel.

Dans cette optique, Michel Hempte et Fabrice Lecry (respectivement observateurs aux stations climatologiques IRM d'Hérinnes, au nord de Tournai, et de Vaudignies, près de Chièvres), ont été sollicités par leur commune afin de les représenter dans une exposition itinérante hors-norme baptisée « La Belle Vie ». Celle-ci s'est déroulée du 2 août au 13 septembre 2015 et illustre, sur des caravanes, les portraits géants des 18 « doux-dingues » choisis.

Des capsules sonores, audibles via écouteurs-lecteurs mp3 remis sur place, agrémentaient les portraits de chaque protagoniste en diffusant des anecdotes préalablement recueillies auprès de ceux-ci. Un livre qui reprend tous les clichés accompagnés de textes poétiques retraçant le parcours de chacun et composés par différents auteurs, a spécialement été édité pour l'occasion.

La cérémonie d'ouverture s'est déroulée à Mouscron le 2 août sous un soleil radieux.

Michel Hempte est observateur pour l'IRM à son domicile d'Hérinnes depuis fin 1992. Fils d'agriculteurs, il s'est très vite intéressé aux phénomènes météo, principes vitaux lorsque l'on vit à la ferme. Fabrice Lecry, quant à lui, a été

observateur IRM depuis 1991, d'abord à Grandglise, puis à Sirault et maintenant à Vaudignies. Fabrice a également été président du Météo Club de Belgique, les météo-amateurs francophones du pays. Passionné de météo depuis son adolescence, Fabrice possède une véritable station de mesure professionnelle chez lui !

L'IRM OBTIENT UN PREMIER BREVET !

En 2015, l'IRM a obtenu son premier brevet. Il s'agit d'une première au niveau des Etablissements Scientifiques Fédéraux. Ce brevet décrit un instrument et établit un protocole de mesure pour pointer précisément la direction du Nord géographique. Il permet d'éliminer toutes les sources d'erreur connues. Une seconde demande de brevet, portant sur les observatoires magnétiques autonomes, est en cours de rédaction.

Pourquoi ces brevets sont-ils importants ?

Dans le cadre de Magnetic Valley, projet d'innovation à vocation socio-économique, l'IRM crée des produits et des services à potentiel commercial. Selon une logique similaire à celle adoptée par les universités en Belgique depuis de nombreuses années, l'IRM entend créer une première spin-off pour développer ce potentiel économique. Dans cette perspective, le dépôt de brevets permet de définir la propriété intellectuelle qui fera l'objet de la valorisation par la spin-off et de l'ensemble de la construction contractuelle nécessaire entre la spin-off et l'IRM.





DIMANCHE 01 NOVEMBRE | 15:00

UCCLE



3 km/h



20,8°



5%

1028,8 hPa

ENSOLEILLÉ ET CHAUD

SOLAR IMPULSE

Le tour du globe par l'avion solaire Solar Impulse 2 (SI2) est mondialement médiatisé et s'étale sur 2 ans (2015-2016). En 2015, il était prévu de voler le plus loin possible en plusieurs étapes vers l'est au départ d'Abu Dhabi. L'année 2016 sera consacrée à terminer le tour du monde.



COOPÉRATION DE L'IRM POUR LA MISSION SOLAR IMPULSE (2015)

La mission de l'IRM au sein de Solar Impulse avec deux de nos météorologues, Luc Trullemans et Wim De Troyer, a aidé à confirmer nos performances prévisionnelles.

Le tour du globe par l'avion solaire Solar Impulse 2 (SI2) est mondialement médiatisé et s'étale sur 2 ans (2015-2016). En 2015, il était prévu de voler le plus loin possible en plusieurs étapes vers l'est au départ d'Abu Dhabi. L'année 2016 sera consacrée à terminer le tour du monde.

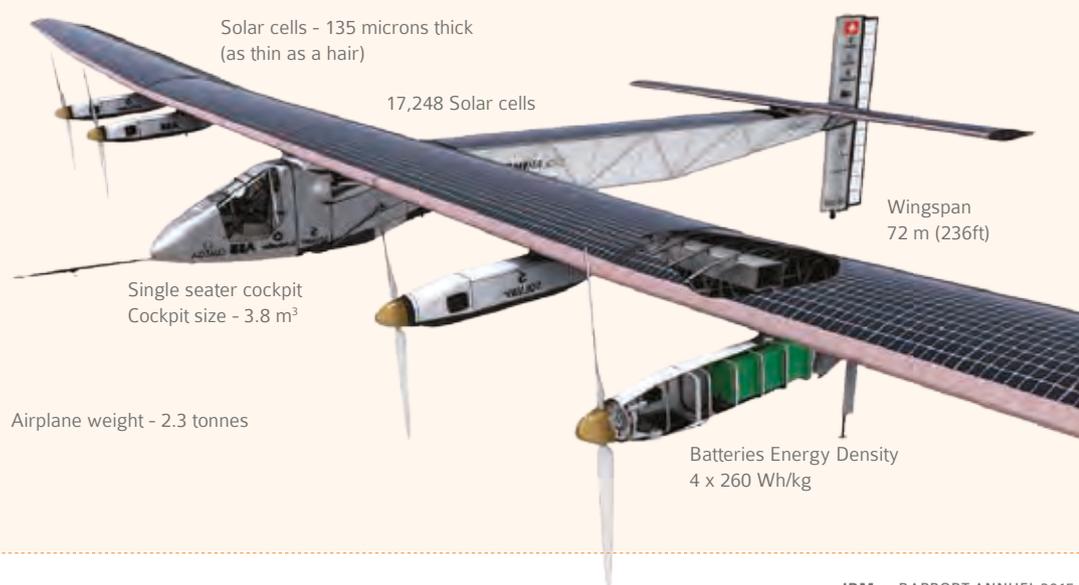
La stratégie était de voler au départ (mars-avril 2015) en plusieurs petites étapes au-dessus de l'Asie avant d'entamer un long vol de plusieurs jours au-dessus de l'océan Pacifique en direction d'Hawaï.

Les vols d'entraînement au-dessus des Emirats Arabes (février 2015) et les premières étapes vers l'est, respectivement en direction du Sultanat d'Oman et de l'Inde (Ahmedabad - Varanasi) en mars 2015, se sont déroulées durant la saison sèche et donc sans trop de problèmes météorologiques mis à part quelques soucis avec la visibilité (limite de sécurité > 3 km) et vent de travers à l'atterrissage (limite de sécurité < 4 nœuds)

Au cours des étapes suivantes vers le Myanmar (Mandalay) et la Chine (Chongqing - Nanjing), les premiers signes de la mousson asiatique commençaient à se faire sentir avec de l'instabilité accompagnée d'averses orageuses se développant surtout sur les reliefs du nord-ouest du Myanmar et sur la Chine.

C'est ainsi que l'avion n'a atteint la côte est de la Chine (Nanjing) qu'en fin du mois d'avril après de longues attentes dues aux perturbations orageuses se développant quasi quotidiennement sur la route.

Le profil de vol du Solar Impulse 2 inclus de grimper jusqu'à une altitude d'environ 28.000 pieds (8.534 m) pendant les heures de jour, où les cellules photovoltaïques de l'avion rechargent les batteries. Il s'en suit une descente entre généralement 5.000 (1.524 m) et 3.000 pieds (914 m) pendant la nuit, où le pilote peut prendre un peu de repos pendant que les moteurs tournent sur l'énergie stockée dans les batteries. Grand, léger et pas très puissant, le Solar Impulse 2 n'apprécie pas de traverser les zones de turbulences. Ses plans de vol ne doivent donc pas seulement tenir compte du facteur « chargement des batteries », mais aussi du facteur « vent », pour un avion ne pesant pas plus qu'une grosse voiture : 2.300 kg. Les contraintes du vol à l'énergie solaire doivent allier les technologies de prévisions du temps et de performances aéronautiques afin d'en assurer le succès.

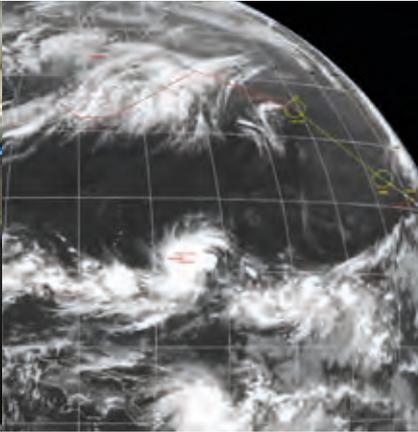


3°

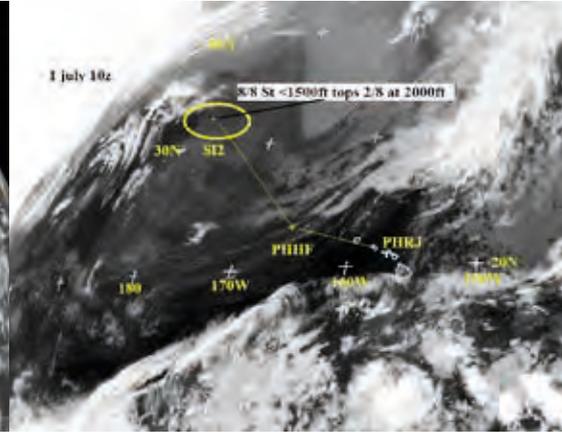
L'IRM au service des défis



▲ Les météorologues de l'IRM, Wim De Troyer et Luc Trullemans.



▲ Trajet de la traversée Nagoya-Hawaï.



▲ Tracé de la trajectoire optimale déterminée par les météorologues de l'IRM.

Arrivé sur la côte est de la Chine Solar Impulse 2 fut contraint par le contrôle aérien japonais de suivre deux routes bien distinctes pour la grande étape suivante au-dessus du Pacifique :

1. la route nord contournant la principale île japonaise en passant au sud d'Hokkaido ;
2. la route sud en restant bien éloigné entre autres des aéroports de Nagasaki, Osaka et Tokyo.

Notre préférence fut la route nord car la route sud était déjà fort perturbée par une mauvaise météo associée à un front froid ondulant activé par la mousson en provenance du sud. Sachant que le vol durera quatre à cinq jours, nous avons d'énormes analyses à effectuer sur différents secteurs de l'océan avec une constante : devoir traverser un ou deux fronts froids de préférence peu actifs !

La tactique était d'attendre l'arrivée ou la formation d'un anticyclone mobile sur l'est de la Chine et de faire voler SI2 le plus loin possible dans cette masse d'air stable avec le plus de vent favorable en altitude.

Après une longue attente une fenêtre météorologique favorable se présentait enfin le 31 mai 2015 mais après avoir volé plus d'une journée au-dessus de la Mer de Chine, le pilote volant à ce moment-là au large de la Corée du Sud nous rapportait des difficultés techniques (système de navigation) incitant les ingénieurs à déclencher une procédure d'atterrissage d'urgence à Nagoya au Japon.

Avec ces difficultés techniques qui devaient être résolues sur place (pièces de rechange commandées en Europe) et une météo de plus en plus capricieuse au large du Japon,

nous avons à nouveau entamé une très longue attente avant de trouver une nouvelle fenêtre météorologique favorable. Une stratégie identique était étudiée en surveillant l'arrivée par l'est d'une crête barométrique d'altitude accompagnée d'un anticyclone en surface sur le Japon et des vents d'altitude favorables devant nous propulser vers l'est.

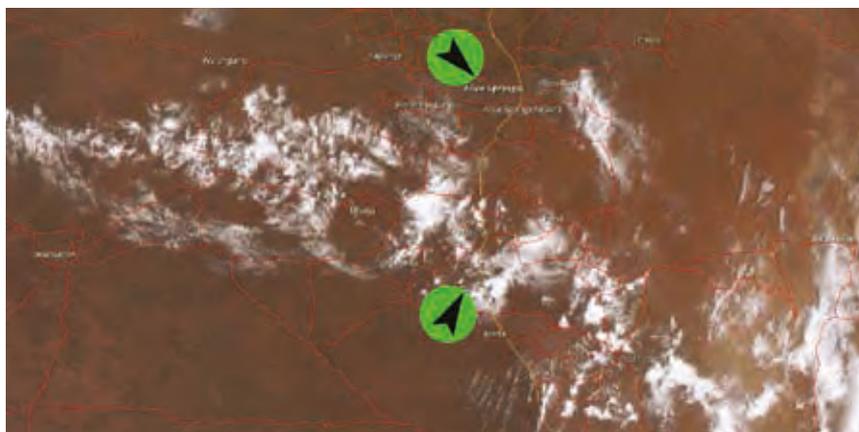
Nous avons enfin prévu une magnifique fenêtre météorologique le 28 juin avec le passage de deux systèmes frontaux très peu actifs (jour 3, 1 juillet 2015 et jour 5, 3 juillet 2015) sur le trajet. Le vol s'est déroulé comme prévu sans problèmes météorologiques par contre de nombreuses difficultés techniques sont à nouveau apparues à bord contraignant l'avion à passer l'hiver sur une base à Hawaï avant de reprendre les airs vraisemblablement en avril 2016.

LE CENTRE DE CONTRÔLE

Le Mission Control Centre (MCC) du Solar Impulse 2 est basé à Monaco où une équipe d'environ 20 spécialistes est responsable du planning et de la gestion des vols, de réunir les informations en provenance des experts météo, des simulations, des ingénieurs et des contrôleurs aériens. Une fois le Solar Impulse 2 dans les airs, les paramètres de vols sont recalculés toutes les 6 à 12 heures, avec une attention toute particulière à la situation météo et à la quantité d'ensoleillement disponible. L'équipe météo du MCC est constituée par 2 spécialistes de l'IRM : Luc Trullemans et Wim De Troyer. Le duo travaille en étroite collaboration avec l'équipe de simulation. En conséquence, l'équipe de planification des missions est capable de prévoir les routes les plus appropriées pour l'avion solaire.



3°
L'IRM AU SERVICE
DES DÉFIS



▲ Les restes d'un front ont été poussés jusque Alice Springs. Au nord de ceci, le vent leur était favorable tandis qu'au sud, il leur était contraire.

▲ Un exemple d'une prévision horaire le long du trajet de la course.

WORLD SOLAR CHALLENGE

Une fois de plus, la Solar Team belge a fait appel à un de nos prévisionnistes afin qu'il les assiste lors du World Solar Challenge.



Le World Solar Challenge est une course bisannuelle de voitures solaires, dont la 13^e édition s'est déroulée du 18 au 25 octobre 2015. La course comporte un trajet d'environ 3.000 km à travers l'Australie, avec comme point de départ la ville de Darwin et comme point d'arrivée, la ville d'Adelaide. Cette course sert en quelque sorte de « championnat du monde » pour de tels bolides.

La Punch Powertrain Solar Team, une initiative de la KUL (Katholieke Universiteit Leuven), se composait cette fois-ci

de 16 étudiants ingénieurs qui se sont concentrés pendant un an et demi afin de construire une nouvelle voiture solaire pour participer à cette course. Suite à une bonne expérience de collaboration de par le passé, ils ont encore fait appel à l'IRM pour leur fournir, avant et pendant la course, des prévisions détaillées et spécifiques.

Notre prévisionniste, Tom Elegeert, a fait le voyage jusqu'en Australie pour les y assister. Ses prévisions étaient surtout centrées autour de l'insolation et du vent. Ces prévisions déterminaient la stratégie de la Solar Team, qui voulait pouvoir faire un usage maximal de l'énergie solaire disponible. L'énergie solaire leur permet en effet de rouler plus vite, et d'épargner les batteries quand cela est possible.

La plus grande partie de la course s'est déroulée dans des conditions ensoleillées et chaudes avec, surtout les premiers jours, des températures d'environ 37°C. L'Australie était en plein été à cette époque de l'année.

Le troisième jour de la course, l'équipe a eu à faire aux résidus d'une perturbation, poussés du sud jusqu'à environ la moitié du pays. Tom avait prévu ceci depuis le début de la course et il était question d'en faire un usage stratégique. Malheureusement, la Solar Team a reçu une pénalité d'une heure ce jour-là, à cause d'une manoeuvre non permise d'une voiture d'accompagnement; ce qui a rendu cet avantage tactique complètement inutile. De par cette pénalité, les chances d'une place sur le podium s'envolaient au loin... La voiture belge a finalement atteint la ligne d'arrivée à Adelaide en 5^e position, sur les 28 voitures qui avaient pris le départ en classe Challenger.

MERCREDI 17 juin | 05:00

ELSENBORN

-0,1° ❄️

3 km/h 10% 1028,8 hPa

GELÉE BLANCHE

LES ORAGES DE L'ÉTÉ 2015

Le vendredi 5 juin, de l'air subtropical a pénétré notre pays par le sud-ouest. À l'exception des hauteurs ardennaises, le cap des 30°C a été dépassé partout ailleurs : les maxima se sont situés entre 28,2°C à St.-Hubert et 34,0°C à Kleine Brogel. À Uccle, on a noté 32,6°C, une des plus hautes températures mesurées de la première décade de juin, depuis 1901.



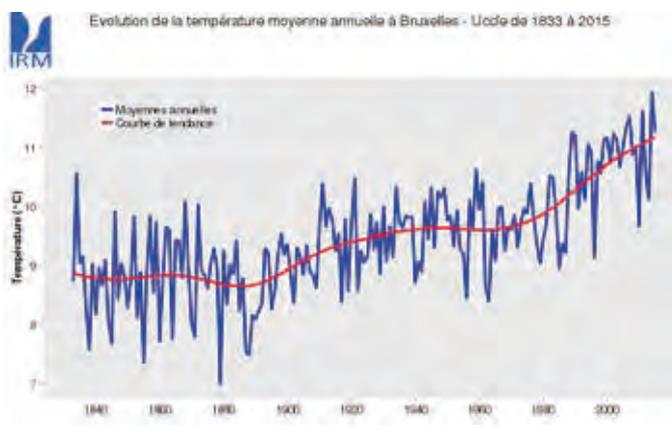
RÉSUMÉ CLIMATOLOGIQUE DE L'ANNÉE 2015

UNE NOUVELLE ANNÉE CHAUDE

2015 est la 5^{ème} année la plus chaude à Bruxelles-Uccle depuis le début des relevés climatologiques en 1833. La température moyenne annuelle a atteint 11,3°C, comme en 1989. C'est 0,6°C de moins que le record de 2014 (11,9°C), mais 0,8°C au-dessus de la valeur normale de 10,5°C (valeur moyenne sur la période 1981-2010).

À l'échelle planétaire, selon l'Organisation météorologique mondiale, 2015 détrône le précédent record de 2014 et devient l'année la plus chaude depuis les années 1860.

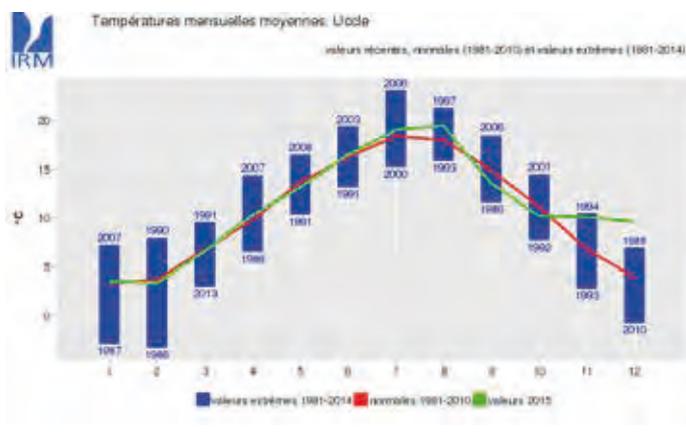
Novembre 2015 a été, avec une température moyenne de 10,1 °C (normale 6,8°C), le deuxième mois d'automne le plus doux (après le record de 1994). Pendant les vingt premiers jours de ce mois, pas moins de huit records journaliers de température maximale ont été battus. D'autres records journaliers ont aussi été pulvérisés au mois de décembre. La valeur normale des dix derniers jours de l'année atteint 3,9°C, mais le 21 décembre, la température moyenne a grimpé jusqu'à 9,5°C, soit 5°C au-dessus de la normale. Le records absolu de décembre 1934 (avec 7,5°C) a donc été largement battu en décembre 2015, de même que la valeur la plus haute enregistrée en 1988 (6,9°C).



▲ Évolution de la température moyenne annuelle à Bruxelles-Uccle depuis le début des mesures climatologiques régulières en 1833.

DES TEMPÉRATURES REMARQUABLES EN FIN D'ANNÉE

La température moyenne anormalement élevée en 2015 s'explique par les températures particulièrement douces observées en novembre et, surtout, en décembre. La température moyenne sur ces deux mois a atteint 9,9°C (normale : 5,4°C), largement au-dessus du précédent record en 1994 (8,0°C).



▲ La courbe en vert donne les températures moyennes mensuelles à Uccle en 2015 et la courbe en rouge les valeurs mensuelles normales (°C). Les bornes supérieures et inférieures des rectangles bleus donnent les valeurs mensuelles record (par excès et par défaut) qui furent observées aux années indiquées depuis 1981.

Par contre, le reste de l'année est très proche du climat moyen en ce qui concerne les températures. La température moyenne sur les dix premiers mois de l'année est égale à la valeur normale sur cette période (11,6°C). Les températures mensuelles de janvier à octobre furent très similaires aux valeurs mensuelles normales, à l'exception du mois d'août qui fut anormalement plus chaud.

4° | La météo en 2015

En bref, l'année 2015 est une année anormalement chaude et très anormalement ensoleillée. L'humidité moyenne est très anormalement faible et la pression moyenne exceptionnellement élevée. Les autres paramètres sont normaux. On note quand même aussi que la quantité de précipitations fut relativement faible à Uccle sur l'ensemble de l'année.

Positionnement de l'année 2015 pour la température moyenne, la quantité de précipitations et la durée d'insolation (depuis 1981). ▶



La mesure des températures extrêmes à Uccle

On lit régulièrement dans les médias que le record de température en Belgique est de 38,8°C et qu'il a été mesuré à Uccle le 27 juin 1947. On mentionne parfois que cette mesure a été faite dans un abri « ouvert ». Ces jours-ci, une question qui se pose est de savoir si ce record pourrait être battu au cours de la période chaude actuelle. Pour répondre à cette question, il est nécessaire de tenir compte d'un certain nombre d'éléments que nous présentons ici.

Tout d'abord, les mesures de la température sont influencées par un certain nombre de facteurs dont le principal se rapporte au type d'abri dans lequel les mesures sont effectuées. C'est la température de l'air que l'on veut mesurer et il faut donc protéger les instruments de mesures de l'influence perturbatrice du rayonnement solaire pour l'empêcher de chauffer artificiellement les instruments de mesures. C'est donc surtout par temps très ensoleillé que l'importance du type d'abri utilisé se fait sentir.

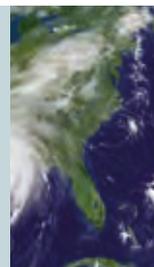
À Uccle, depuis 1983, les températures de référence sont mesurées dans un abri entièrement « fermé » à doubles rangées de persiennes protégeant davantage les instruments du rayonnement solaire. Les instruments de référence étaient jusqu'en mai 2006 des thermomètres à mercure (pour les maxima journaliers) et à alcool (pour les minima journaliers). Depuis juin 2006, les mesures de la température sont effectuées en continu à l'aide d'un capteur automatique installé dans le même type d'abri fermé.

Avant 1983, les mesures étaient effectuées dans un abri dit « ouvert », sans protection dans la direction nord et composé de rangées de persiennes simples. Pour les raisons indiquées plus haut, les températures maximales sont généralement surestimées dans ce type d'abri, en particulier en été lorsque le soleil est le plus intense. Par exemple, le 19 juillet 2006, lors d'une des journées les plus chaudes à Uccle, on a mesuré une température maximale de 36,2°C dans l'abri fermé (abri de référence). On a mesuré ce même jour une valeur de 38,2°C dans l'abri « ouvert ».

Puisque les mesures de la température de l'air sont meilleures dans un abri fermé, il est souhaitable que les records de température correspondent à des mesures effectuées dans ce type d'abri. On a donc récemment appliqué des ajustements aux mesures de température effectuées à Uccle dans l'abri ouvert avant 1983 pour les rendre comparables à celles dans un abri fermé. Ces ajustements ont été estimés à partir des mesures effectuées simultanément dans les deux types d'abris sur une période de 20 ans (1986-2005). On dispose donc aujourd'hui de deux longues séries de températures journalières extrêmes (maximale et minimale), débutant en 1901 et correspondant à des mesures dans un abri fermé.

En utilisant la méthode d'ajustement décrite ci-dessus, la valeur de la température maximale estimée dans l'abri fermé pour le 27 juin 1947 s'élève à 36,6°C (pour une valeur mesurée dans l'abri ouvert de 38,8°C, comme indiquée en introduction). Dorénavant, c'est donc cette valeur de 36,6°C qui doit être considérée comme la valeur record à Uccle correspondant aux méthodes de mesures actuelles.

Pour les spécialistes, il faut encore signaler que la température maximale quotidienne donnée dans les messages synoptiques de la station d'Uccle (disponible sur certains sites web) est généralement plus élevée, de quelques dixièmes de degrés au maximum, par rapport aux mesures de référence climatologiques dont il est question plus haut. Cela s'explique par les intervalles de temps sur lesquels la température est moyennée pour atténuer les effets de la turbulence atmosphérique. Les extrêmes climatologiques sont calculés à partir des températures moyennées sur 10 minutes, alors que les extrêmes synoptiques sont obtenus à partir de valeurs moyennées sur une minute. Il est prévu d'uniformiser les méthodes de calcul dans le futur, en utilisant la procédure des calculs climatologiques.



DES VENTS NORMAUX

La vitesse moyenne annuelle du vent à Uccle est égale à la valeur normale (3,7 m/s). À neuf dates différentes, au moins une station du réseau anémométrique enregistra une pointe de vent maximale d'au moins 100 km/h (28 m/s).

Globalement sur l'année, le nombre de jours d'orages observés dans le pays est un peu inférieur à la valeur normale : 83 jours (normale : 95 jours). On comptabilise seulement deux tornades (normale : 4), toutes les deux en juin, à Brussegem (Merchtem) et dans la région de Melreux (Hotton) et Biron (Erezée).

RELATIVEMENT PEU DE PRÉCIPITATIONS

À Uccle, le total annuel des précipitations atteint 736,7 mm, un peu moins que la valeur normale (852,4 mm). Seuls janvier et novembre ont connu des cumuls pluviométriques supérieurs aux normales, les autres mois présentant un déficit, parfois très faible. Le nombre de jours où il a plu (56 jours) est quant à lui légèrement supérieur à la normale (51 jours).

Dans le pays, les cumuls pluviométriques annuels varient entre 614,0 mm à Herent et 1.187,5 mm à Sugny (Vresse-sur-Semois). La quantité journalière la plus élevée dans le réseau climatologique fut mesurée le 13 août à Bilzen (64,0 mm), après le passage d'orages.



▲ Abri thermométrique ouvert, avec une simple rangée de persiennes.

◀ Abri thermométrique fermé, avec une double rangée de persiennes.

2015 EN CHIFFRES

Paramètre	Valeurs 2015	Normales	Caractéristiques statistiques
Température moyenne (°C)	11,3	10,5	a+
Température maximale moyenne (°C)	15,1	14,2	a+
Température minimale moyenne (°C)	7,5	6,9	n
Nombre de jours de gel (min < 0°C)	33	44	n
Nombre de jours d'hiver (max < 0°C)	1	7,5	n
Nombre de jours d'été (max >= 25°C)	31	27,9	n
Nombre de jours de chaleur (max >= 30°C)	7	3,9	n
Quantité de précipitations (mm)	736,7	852,4	n
Nombre de jours avec précipitations (>= 0,1 mm)	198	198,7	n
Nombre de jours d'orages dans le pays	83	95	n
Vitesse moyenne du vent (m/s)	3,7	3,7	n
Durée d'insolation (hh:mm)	1.734:24	1.544:35	ta+
Rayonnement solaire global (kWh/m ²)	1.111,7	996,8	ta+
Humidité relative moyenne (%)	76	78	ta-
Pression atmosphérique moyenne (réduite au niveau de la mer) (hPa)	1.017,9	1.016,0	e+

▲ Valeurs annuelles de quelques paramètres à Uccle en 2015. Les normales sont les moyennes sur la période 1981-2010 (certaines valeurs ont été légèrement revues). Pour les caractéristiques statistiques, cf. le tableau 2.

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

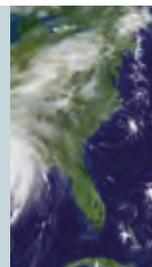
▲ Définition du code d'anormalité pour la valeur d'un paramètre, exprimé en période de retour moyenne.

QUELQUES AUTRES FAITS MARQUANTS

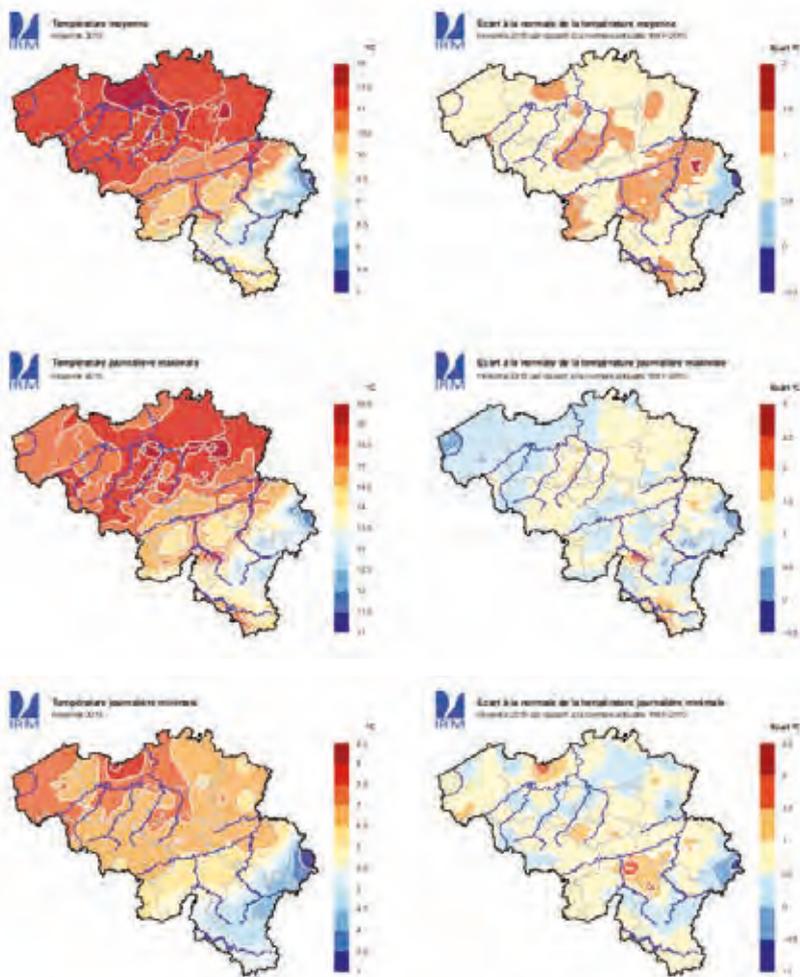
- › Le 2 juillet, au cours de la vague de chaleur qui toucha le pays du 30 juin au 5 juillet, la température grimpa jusqu'à 38,8°C à la station de Liège-Monsin. C'est non seulement la valeur la plus élevée observée dans le réseau climatologique en 2015, mais c'est aussi pour le pays un nouveau record de température mesurée dans un abri fermé.
- › En décembre, à Uccle, on n'observa pas de jour de gel (min < 0°C), ce qui est remarquable.
- › Le 17 juin, en été, la température descendit encore jusqu'à -0,1°C à la station d'Elsenborn (Bütgenbach).
- › À Uccle, comme en 2014, 1994 et 1995, on releva un jour d'été en novembre (max >= 20°C). Le 1^{er} novembre,

la température y grimpa jusqu'à 20,8°C. Le précédent record datait de 1994, avec une température de 20,3°C.

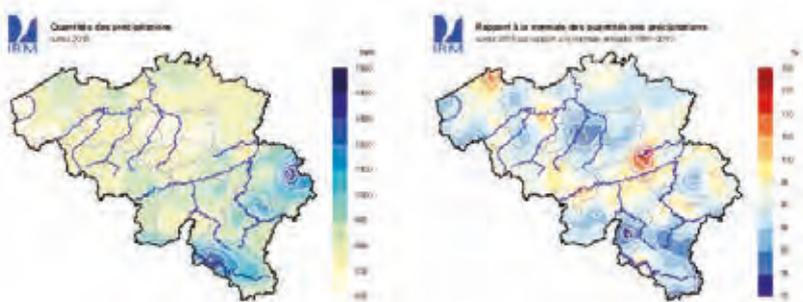
- › Entre le début mai et la mi-juin, une sécheresse toucha une grande partie du pays, en particulier le sud de la province de Luxembourg et, plus localement, la province de Liège.
- › La pression annuelle moyenne fut exceptionnellement élevée à Uccle, avec une valeur réduite au niveau de la mer de 1.017,9 hPa (normale: 1.016,0 hPa). Le précédent record de 2005 (1.017,8 hPa) est battu. C'est en particulier au printemps et en décembre que la pression fut supérieure aux valeurs normales.



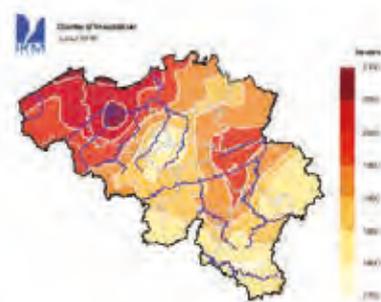
RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE DES TEMPÉRATURES



RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE DES PRÉCIPITATIONS



RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE DE L'INSOLATION



4° | La météo en 2015



▲ Le front orageux à l'approche d'Uccle. On remarque la formation de type « shelf-cloud ». Photo Sarah Coppens.

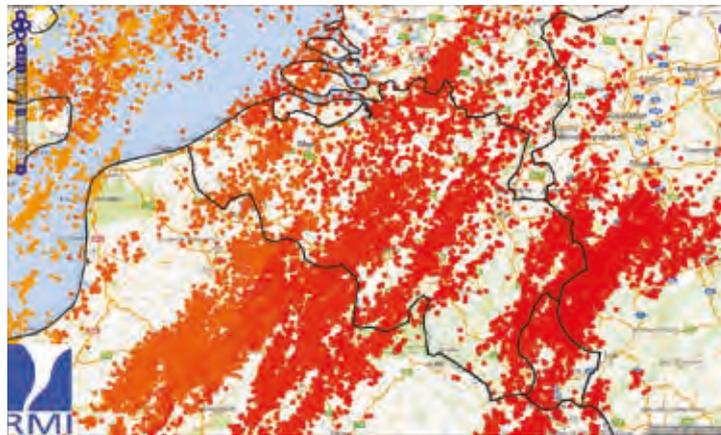
LES ORAGES DE L'ÉTÉ 2015

5 JUIN 2015

Le vendredi 5 juin, de l'air subtropical a pénétré notre pays par le sud-ouest. À l'exception des hauteurs ardennaises, le cap des 30°C a été dépassé partout ailleurs : les maxima se sont situés entre 28,2°C à St.-Hubert et 34,0 °C à Kleine Brogel. À Uccle, on a noté 32,6 °C, une des plus hautes températures mesurées de la première décennie de juin, depuis 1901.

Comme l'IRM l'avait annoncé par une alerte de niveau orange, les orages sont entrés sur le territoire entre 15h30 et 16h00, par le sud de la province de Flandre Occidentale. Ces derniers ont été causés par une ligne de convergence (une ligne d'instabilité où le vent change de direction pendant qu'il la traverse). À cause d'une importante énergie convective potentielle et d'un fort cisaillement du vent, d'intenses averses, avec localement de la grêle et de fortes rafales de vent étaient à prévoir. À la station de Zeebrugge, on a relevé en quelques heures 30 mm de précipitations et 20 mm à Uccle.

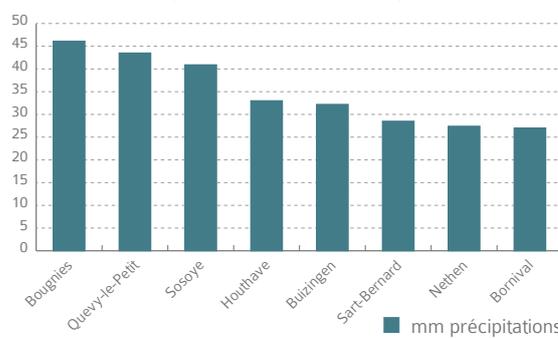
Par la suite, les orages ont touché toutes les provinces. Des grêlons de 1 à 2 cm ont été observés à plusieurs endroits ; dans les régions de Tielt et de Mouscron, on parle de grêlons de la taille de balles de ping-pong. On a reporté de nombreux dégâts dus à l'eau, au vent et à la foudre. Aux environs de minuit, la plupart des orages avaient quitté notre pays, suivi d'un front froid beaucoup moins actif. Avec l'arrivée d'air beaucoup plus froid, le risque d'orage s'était alors envolé. Les orages ont été accompagnés par des quantités de



▲ La répartition des impacts de foudre au sol sur le territoire pour le 5 juin 2015.

précipitations remarquables, comme celles relevées par notre réseau de stations climatologiques. La figure ci-dessous montre les quantités de précipitations relevées entre le vendredi 5 juin à 8h00 et le samedi 6 juin 8h00.

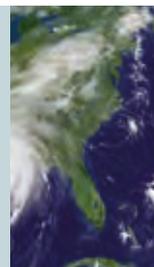
Quantités de précipitations mesurées entre le vendredi 5 juin 08h00 et le samedi 06 juin 08h00.



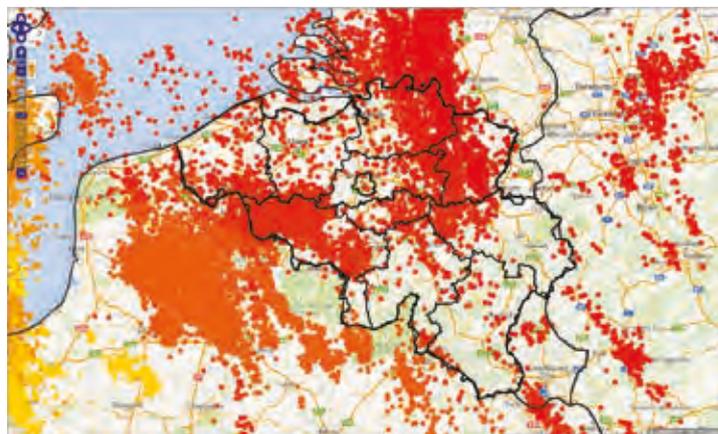
Le nombre d'impacts de foudre entre nuages se situait aux environs des ~20.000. Les coups de foudre vers le sol ont surtout touché la Wallonie avec ~3.600 éclairs, la Flandre quant à elle en a reçu environ ~1.600 et la Région bruxelloise ~60.

13 ET 14 AOÛT 2015

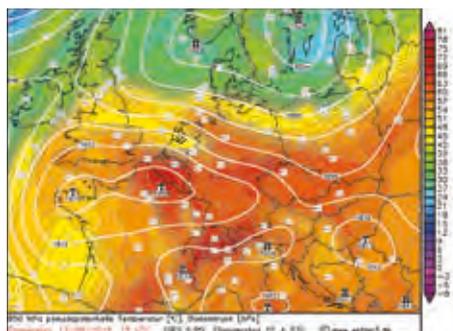
Ce jeudi 13 août 2015, nous étions sous l'influence d'une masse d'air très chaud, avec des maxima compris entre 30 et 34 °C, et aussi très humide, puisque en fin d'après-midi, le « point de rosée » (température à laquelle il faudrait refroidir l'air pour voir l'apparition de rosée ou de brouillard)



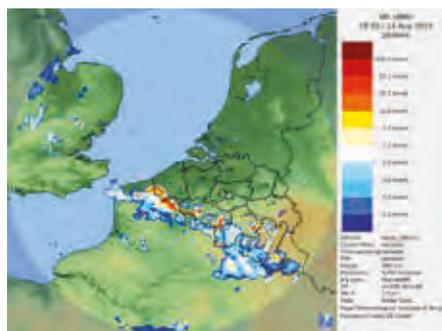
▲ Photo prise à Anvers par Pieter-Jan D'Hondt.



▲ Cumul des impacts de foudre des orages de ces 13 et 14 août 2015, détectés par le réseau BELLS.

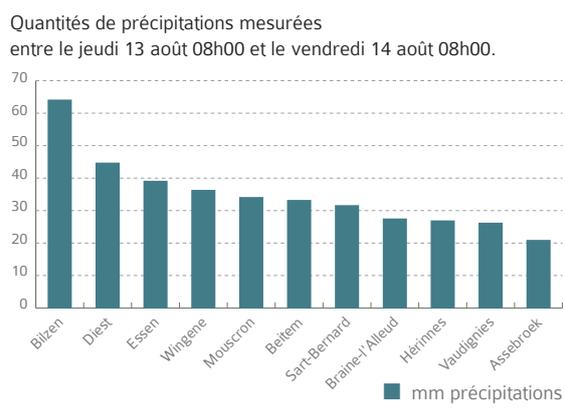


◀ Situation atmosphérique sur l'Europe du Nord, le jeudi 13 août à 17h00, temps local.



◀ On distingue clairement les formations de cellules orageuses remontant de la frontière française vers le centre du pays.

se situait entre 17 et 20°C en plaine. Une telle zone d'air chaud et humide est souvent potentiellement instable, et constitue ce que l'on appelle un « creux thermique ». Celui-ci remontait de la France vers nos régions, dans un flux de secteur sud-est, associé à un anticyclone sur la Scandinavie. Par ailleurs, des creux d'altitude, liés à une dépression sur l'ouest de la France, ont également atteint notre pays par le sud en fin d'après-midi, et ont interagi avec le creux thermique, donnant alors lieu à de puissants mouvements ascendants au sein de celui-ci. Ce mécanisme a conduit à la formation de cellules orageuses très actives le long de la frontière française; cette ligne d'orages intenses s'est ensuite décalée vers le centre du pays en début de soirée, et a touché le nord du pays en cours de soirée. En milieu de nuit, elle affectait encore le nord-est de notre territoire. Ces orages ont parfois été accompagnés de bourrasques de vent, localement de grêle et souvent de pluies très intenses. On a ainsi relevé les quantités suivantes dans le réseau de mesure de l'IRM, entre le 13 août 8h00 et le 14 août 08h00 :



Le système de détection des orages BELLS a mesuré environ 2.000 impacts de foudre vers le sol en Wallonie et environ 3.000 en Flandres. Cette situation avait été prévue plusieurs jours à l'avance par les prévisionnistes de l'IRM, et un avertissement avait été lancé dès le mercredi soir pour tout le pays.



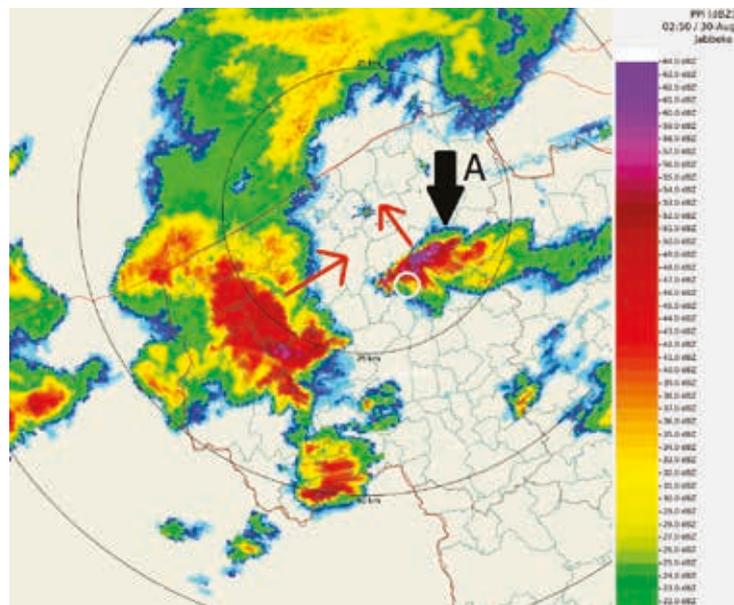
DÉGÂTS DU VENT DANS LA RÉGION DE RUDDERVOORDE

Dans la matinée du 30 août 2015, quelques fortes averses orageuses ayant provoqué des dégâts dus au vent et à la grêle, ont principalement touché l'Ouest de notre pays. La partie centrale de la province de Flandre Occidentale a été particulièrement touchée.

En plus de l'étude des images radar détaillées, un expert de l'IRM s'est rendu sur place afin d'analyser les dégâts.

La région de Ruddervoorde a été frappée ce matin-là par diverses cellules orageuses. Deux d'entre elles étaient particulièrement actives.

Une première cellule (cellule A sur la figure 1) s'est déplacée vers 4h50 sur la région de Ruddervoorde et montrait les caractéristiques d'une super-cellule. Une super-cellule est une cellule orageuse dont les courants ascendants sont soumis à un mouvement de rotation à quelques kilomètres d'altitude. Ces cellules se développent exclusivement lors de la présence d'une combinaison d'instabilité et de fort cisaillement dans l'atmosphère; ce qui était le cas en cette matinée du 30 août. La rotation de la cellule orageuse ne signifie pas



▲ Image radar de 4h50. Plus la couleur devient rouge/mauve, plus les précipitations sont intenses. Le cercle blanc désigne la région où les dégâts du vent ont été les plus importants.

nécessairement la présence d'une tornade dans les basses couches d'air et au sol. Seule une fraction des super-cellules provoque réellement des tornades.

Pour ce que nous en savons, cette première cellule n'a provoqué que des dégâts de grêle. Des grêlons de 2 à 3 cm y ont été observés.

Les images radar que nous utilisons montrent aussi bien l'intensité des précipitations que les vents qui y sont associés, et à diverses altitudes. Ces images radar nous donnent des indications sur la présence, aux environs de l'heure à laquelle l'averse a touché Ruddervoorde, de fortes rafales descendantes actives sous le nuage d'averses. A contrario de ce qui a été dit dans certains médias, les dégâts ne sont donc très certainement pas dus à une tornade, et ce n'est pas une super-cellule qui les a provoqués.

Sans photos ou autres images évidentes, il est impossible après de tels dégâts dus au vent de pouvoir conclure qu'ils ont été occasionnés par des rafales descendantes ou une tornade. Une étude poussée qui peut durer plusieurs jours est nécessaire. Certaines déclarations spontanées qui ont été faites sur la nature du phénomène sont pour la plupart prématurées et sans fondement.



▲ Carte simplifiée où les flèches blanches indiquent les directions du vent supposées pendant l'orage, sur base de l'analyse des dégâts. La ligne rouge pointillée indique l'axe de la zone de divergence. Source des images satellites : *Google Maps*.

Les rafales descendantes (ou downbursts dans le jargon météo) se produisent lorsqu'une grande quantité de précipitations tombe vers le sol lors d'une averse active. En tombant, les précipitations s'évaporent, ce qui provoque un refroidissement de l'air environnant qui devient ainsi plus lourd et accélère sa chute vers le bas. Lorsque ce courant descendant atteint le sol, cela se produit avec une énorme puissance que nous ressentons comme de « fortes pointes de vent ». La nature des dégâts provoqués par des rafales descendantes peut s'avérer aussi grave que ceux qu'une tornade modérée pourrait occasionner, avec des vitesses de vent de plus de 200 km/h.

Sur base de notre analyse des dégâts sur place nous pouvons, du moins de manière très localisée, parler de pointes de vent de l'ordre de 150 à 180 km/h. Nous avons remarqué, en plus des dégâts occasionnés aux maisons et bâtiments, de nombreux arbres endommagés. La raison en est que les arbres portent encore toutes leurs feuilles et sont donc très vulnérables aux fortes rafales de vent. Les dégâts forment un patron plutôt éparpillé (voir la figure 2), pas du tout répartis sur une bande étroite. La zone s'étend sur une largeur d'environ 1 km, ce qui ne prête pas à penser à une faible tornade. On exprime l'intensité des dégâts – aussi bien pour des tornades

que pour des rafales descendantes – en utilisant la nouvelle échelle de Fujita (Enhanced Fujita). L'échelle va de EF0 (dégâts limités) à EF5 (destruction totale). Dans ce cas-ci, nous estimons les dégâts à **EF1**, jusque peut-être tout juste **EF2**.



SAMEDI 26 DECEMBRE | 13:00

UCCLE

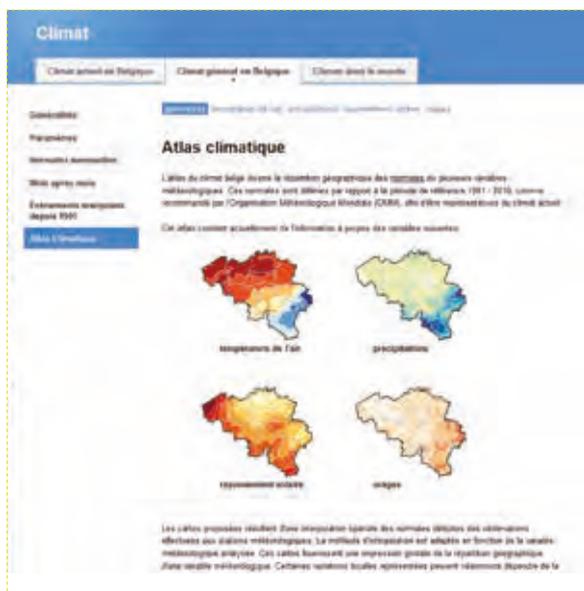
55%

14,3°C 22 km/h 1024,7 hPa

ENSOLEILLÉ ET CHAUD

APPLICATION MÉTÉO DE L'IRM

Dans le top 10 des applications les plus téléchargées en Belgique, cette application facilement modulable et utilisable permet aux utilisateurs de consulter les prévisions météorologiques et les observations pour les endroits où ils se trouvent et pour leurs endroits favoris.



▲ Image du site web

L'ATLAS CLIMATIQUE DE L'IRM

En 2015, l'IRM a publié en ligne (www.meteo.be/climatlas) un nouvel Atlas climatique de la Belgique, où les personnes intéressées pourront trouver une mine d'informations statistiques sur le climat en Belgique, construites sur base des observations officielles de l'IRM.

Cet atlas a pour objectif de fournir une image la plus complète possible du climat en Belgique, en proposant des cartes de la répartition géographique des normales de différentes variables météorologiques : température de l'air, précipitations, rayonnement solaire et orage. Les normales sont idéalement définies par rapport à la période de référence 1981 - 2010, comme recommandé par l'Organisation

Météorologique Mondiale (OMM), afin d'être représentatives du climat actuel. Cet atlas est un projet continu et sera progressivement complété par de nouvelles cartes et informations. Des informations à l'attention des plus jeunes sont également proposées dans un ensemble de 4 fiches pédagogiques à propos de cet atlas climatique.

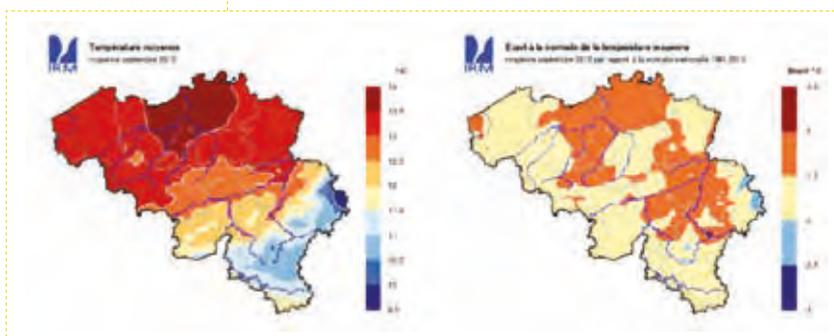
NOUVELLE VERSION BILANS CLIMATOLOGIQUES MENSUELS

Depuis le 1 octobre 2015, l'IRM publie une nouvelle version plus complète de ses bulletins climatologiques mensuels, saisonniers et annuels sur son site web au format pdf. Ces documents sont disponibles dès le 1er jour du mois suivant le mois, la saison ou l'année concernée.

Ces documents proposent une analyse des observations effectuées à la station de Uccle ainsi qu'un ensemble de cartes de la Belgique représentant la répartition géographique des températures, des précipitations et de la durée d'insolation du mois, de la saison ou de l'année, ainsi que les écarts aux valeurs normales.

Ces cartes sont obtenues par interpolation spatiale des observations disponibles dans notre base de données au moment de leur réalisation. Dans le cas de la durée d'insolation, les cartes intègrent également des données du satellite météorologique européen Meteosat, qui caractérisent la couverture nuageuse.

Voici à titre d'exemple les cartes relatives aux températures moyennes de septembre 2015 :



5° Les nouveaux produits de l'IRM



▲ L'IRM propose une nouvelle application météo, disponible pour les appareils iOS et Android.



▲ Observations.



▲ Image radar avec des prévisions de précipitations très précises.

LA MÉTÉO EN BELGIOUE SUR VOTRE SMARTPHONE GRÂCE À L'IRM

Vous aimez les surprises, sauf quand il s'agit de météo ? L'IRM propose une **nouvelle application météo**, disponible pour les appareils **iOS** et **Android**.

L'**application** - avec une interface design et élégante - est modulable et facile à utiliser. Vous pouvez consulter les **prévisions météorologiques** et les **observations** pour **l'endroit où vous vous trouvez** ainsi que **vos endroits favoris**. Cela va des prévisions de précipitations toutes les 10 minutes jusqu'à une tendance générale à 14 jours.

OBSERVATIONS

Les **observations horaires** à votre emplacement sautent aux yeux. Lorsqu'il n'y a pas d'avertissement, l'application vous montre l'image radar présentant les précipitations pour la Belgique.

IMAGE RADAR AVEC DES PRÉVISIONS DE PRÉCIPITATIONS TRÈS PRÉCISES

Vous pouvez cliquer sur l'image pour connaître les **prévisions de précipitations** pour votre emplacement ou vos endroits favoris, **toutes les dix minutes** et pour les trois heures à venir, à la fois sur une carte et sur un graphique. À présent, les barbecues et matchs de foot qui tombent à l'eau appartiennent au passé !

DES PRÉVISIONS HORAIRES JUSQU'ÀUX TENDANCES À 14 JOURS



La nouvelle app de l'IRM fournit des **prévisions horaires pour les 48 heures à venir**, incluant les prévisions de température, de précipitations, de vent, et de nébulosité tant pour votre emplacement que pour vos endroits favoris. En cliquant sur une heure précise, vous obtiendrez les prévisions de température, de vent et de précipitations pour l'heure choisie.

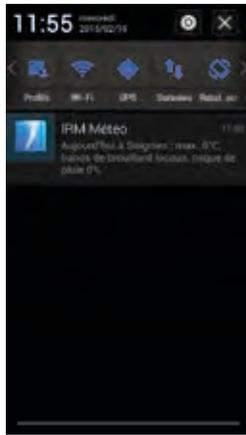
Bien entendu, les **prévisions quotidiennes** sont aussi disponibles. Grâce à cette application, vous pouvez connaître facilement la météo des 7 prochains jours, avec les prévisions de température, de vent, et de précipitations. Si vous cliquez sur un jour en particulier, les prévisions s'affichent sous forme de texte. Vous pouvez également recevoir les prévisions quotidiennes par **message** à l'heure choisie.

5°

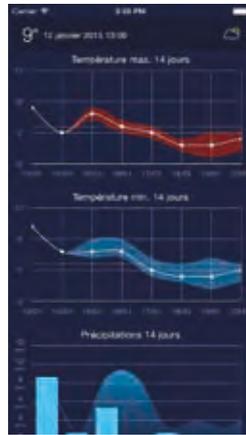
LES NOUVEAUX
PRODUITS
DE L'IRM



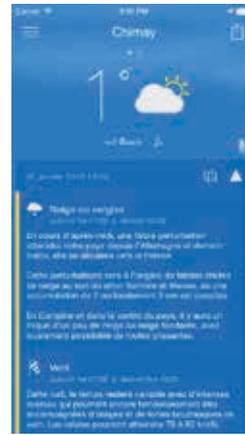
▲ La météo des 7 prochains jours.



▲ Une notification avec la dernière mise à jour.



▲ Des tendances à 14 jours.



▲ Des notifications de nos avertissements.



▲ Davantage d'informations en cliquant sur l'alerte.

Vous recevrez une notification avec la dernière mise à jour des prévisions journalières, aux heures que vous aurez configurées dans l'app.

Nous proposons enfin des **tendances à 14 jours** pour Uccle relatives aux températures maximales et minimales, ainsi qu'aux précipitations. La météo n'aura dorénavant plus de secrets pour vous!

RECEVEZ DES NOTIFICATIONS DE NOS AVERTISSEMENTS

Lorsque l'IRM émet un **avertissement**, il vous sera immédiatement accessible grâce à un **message automatique**. Il vous est possible de décider pour quelle région et quel niveau d'avertissement vous souhaitez être prévenu. Vous en serez alors immédiatement informé. Vous obtiendrez davantage d'informations en cliquant sur l'alerte.

UN WIDGET DÉSORMAIS INTÉGRÉ DANS LA NOUVELLE VERSION DE NOTRE APPLICATION MOBILE

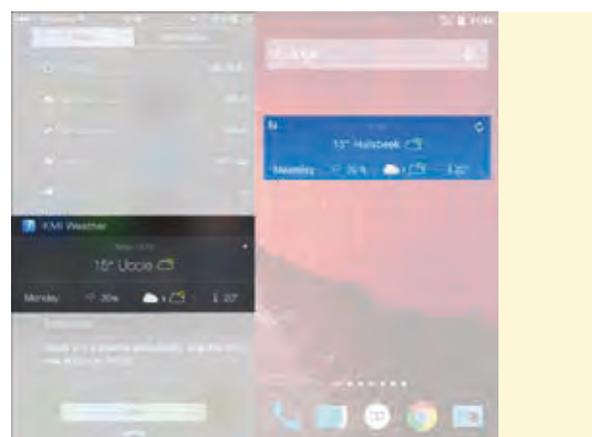
La version 2.1 de l'**application mobile de l'IRM** est disponible! Cette nouvelle version est encore plus facile d'utilisation, grâce à l'introduction d'un **widget** ainsi qu'un menu de configuration des notifications simplifié.

En seulement deux mois, l'application de l'IRM a déjà été téléchargée plus de 100.000 fois. Cela place notre application dans le top 10 des applications les plus téléchargées en Belgique! Au vu de cet immense succès, nous avons décidé

de proposer une mise à jour de l'application en lui ajoutant une fonctionnalité très demandée: le **widget**.

Sous **iOs**, notre widget est disponible dans l'onglet «Aujourd'hui», et sous **Android**, les utilisateurs peuvent le retrouver en deux versions (4x1 et 4x2) sur leur écran d'accueil. Désormais, un simple coup d'œil vous donnera ainsi accès à l'**observation actuelle** ainsi que la **prévision pour la journée à venir**.

Dans les mois à venir, nous continuerons de travailler sur l'application pour étendre le nombre de fonctionnalités.



▲ À gauche: sur iPhone, le widget de l'IRM montrera les informations correspondant à l'endroit où vous vous trouvez.

▲ À droite: si vous avez un Android, lors de l'installation du widget, vous pourrez choisir la commune pour laquelle le widget montre les informations. Il vous faudra pour ce faire la sélectionner parmi la liste de vos communes favorites, configurée dans l'application.

5° Les nouveaux produits de l'IRM



VOUS VOULEZ DEVENIR CHASSEUR D'ORAGES POUR L'IRM?

Depuis l'été 2013, l'IRM travaille au développement d'un réseau de « chasseurs d'orage » ou « storm chasers » à travers le pays : le **Belgian Storm Spotter Network (BSSN)**. Il s'agit de passionnés de météo qui partent littéralement à la « chasse » aux orages ou du moins, qui tiennent les phénomènes orageux à l'œil. L'IRM dispose bien sûr des moyens de détection traditionnels tels que les **données radar et satellite** qui leur permettent de suivre l'activité orageuse de près, mais ces instruments ne voient pas tout. Les radars, par exemple, ne voient pas si le vent ou de gros grêlons ont pu causer des dégâts. Lors de ces épisodes orageux, ces chasseurs ont la possibilité d'**envoyer leurs observations en temps réel aux prévisionnistes de l'IRM** qui peuvent alors, si nécessaire, directement lancer ou adapter un avertissement. La collaboration existe aussi en-dehors des périodes d'orage. Les chasseurs peuvent transmettre leurs observations concernant d'autres épisodes météorologiques importants comme des **chutes de neige, des tempêtes...**

Aux Etats-Unis, une telle collaboration directe entre les storm chasers et le National Weather Service existe depuis 1971, via le programme « **Skywarn** ». Leur réseau compte aujourd'hui quelque 290.000 volontaires. En **Europe**, une telle collaboration entre des storm chasers qualifiés et les instituts météorologiques nationaux n'est **pas habituelle**, sinon inexistante.

C'est pourquoi l'IRM veut être précurseur en la matière. Entre février et avril 2015 des tests d'accession ont été organisés par l'IRM pour les candidats storm chasers. Tout le monde ne peut sans condition faire partie de ce réseau d'observateurs. Tous les candidats devaient **réussir un test difficile** dans lequel leurs **connaissances en orages et observations d'orages** ont été évaluées. De ce fait, **les prévisionnistes de l'IRM peuvent se fier à chaque communication** qui leur est faite, ce qui est évidemment primordial. A la suite des examens, un réseau de 34 storm chasers a pu être constitué.

Le réseau de storm chasers était déjà actif lorsque le 5 juin une ligne d'orage active a traversé notre pays. Un « shelf cloud » a été observé et reporté de manière détaillée. Cette formation nuageuse de mauvaise augure se développe lorsque de l'air plus froid rencontre de l'air plus chaud au niveau du sol, et pousse cet air chaud vers le haut.

NOUVELLES PUBLICATIONS SPÉCIALES DE L'IRM

Chaque année, de nombreuses publications de membres de l'IRM paraissent sur des thèmes très variés. Vous pouvez d'ailleurs en retrouver la liste complète de 2015 à la fin de ce rapport annuel. Cette année, deux publications réclament une attention toute particulière : une publication internet qui détaille la riche histoire de l'IRM et de la météorologie ainsi qu'une mise à jour de la brochure « **Vigilance climatique** ».



▲ Jean Vincent (1851-1932), premier Directeur de l'IRM, de sa fondation en 1913 à 1919.

L'HISTOIRE DE L'IRM

L'IRM existe en tant que tel depuis 1913. Le centenaire de l'Institut a été fêté en 2013 par de nombreux événements. En marge de cet anniversaire, l'idée est apparue de partager et creuser plus profondément dans le passé parfois mouvementé de l'IRM et de la météorologie. Dr Gaston Demarée, anciennement chef de la section « Hydrologie » et passionné de météorologie et d'histoire, a assuré la réalisation de cette tâche titanesque. Le résultat de ses longues heures de recherche dans de vieux documents d'archives est maintenant disponible sur notre site web sous la rubrique « Histoire ». L'auteur ne s'est pas limité à l'histoire seule de l'IRM mais entraîne le lecteur jusqu'à la création de la météorologie au 16^e siècle. L'évolution de la météorologie jusqu'à la fondation de l'Observatoire Royal et les nouveaux développements de l'IRM, forment une histoire passionnante entre science et changements politiques.

Envie de partir à la découverte ? Visitez notre site web à la page : <http://www.meteo.be/meteo/view/fr/6044768-Histoire.html>

MISE À JOUR DE « VIGILANCE CLIMATIQUE »

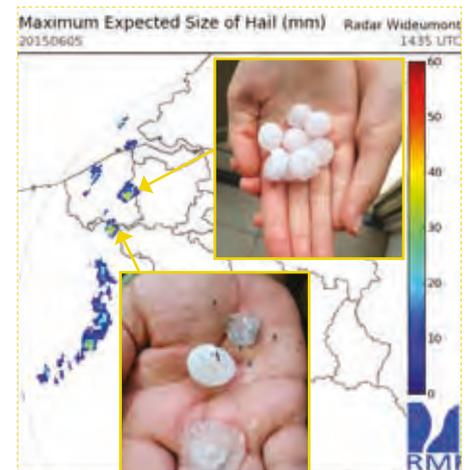
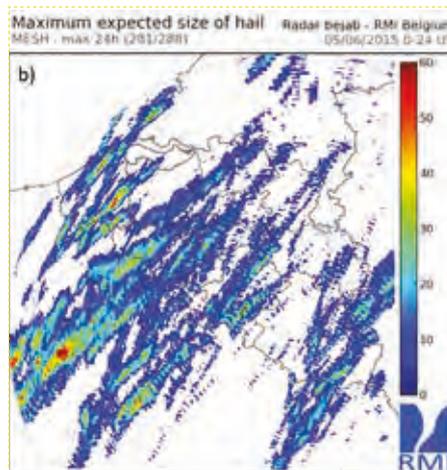
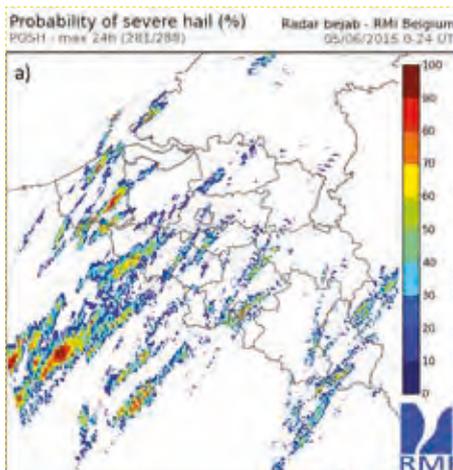
Dans le cadre de la problématique du changement climatique, l'IRM a publié en 2008 une première brochure informative nommée « Vigilance climatique ». Grâce à la collaboration de plusieurs membres de l'IRM, une suite, mise à jour avec des données actuelles, a vu le jour sous le titre « Vigilance climatique 2015 ».

De nombreux développements et thèmes d'actualité sont abordés dans cette nouvelle version, dont :

- › Une mise à jour concernant les évolutions du climat belge et des réponses à des questions au sujet de la météo. Tombe-t-il moins de neige ? Pleut-il plus qu'auparavant ?
- › Des observations au sujet de recherches sur le rayonnement solaire et l'ozone, afin d'éclairer le lecteur sur les mécanismes en marche dans les coulisses du climat, au niveau international.
- › Des explications au sujet des modèles climatiques que nous utilisons afin d'essayer de maîtriser la dynamique du système climatique et d'essayer de prévoir ses changements.
- › De la recherche sur l'effet d'îlot urbain sur le climat.

Puisque la météo et le climat sont en constante évolution, et que la recherche scientifique est elle aussi en développement constant, cette brochure est le reflet du travail journalier de ce qui se fait à l'IRM. Une prochaine mise à jour est envisageable pour ces mêmes raisons.

5° Les nouveaux produits de l'IRM



▲ Figure 1: a) Chance maximale de grêlons lourds (%) et b) taille maximale attendue des grêlons (mm) détectés par les mesures de réflectivité du radar de Wideumont, le 5 juin 2015.

▲ Figure 2: Taille maximale attendue des grêlons (mm) détectés par les mesures de réflectivité du radar de Wideumont, le 5 juin 2015 à 16h35, temps local.

PRODUITS DE DÉTECTION DE LA GRÊLE

La grêle peut occasionner de gros dégâts aux cultures mais aussi aux biens immobiliers, c'est pourquoi deux nouveaux produits de détection de la grêle ont été ajoutés à la liste des observations et des mesures radar en 2015. L'importante averse de grêle du week-end de la Pentecôte en 2014 qui a provoqué des dégâts pour plus de 300 millions d'euros, prouve que des observations plus précises des phénomènes météorologiques extrêmes sont d'une grande importance afin de pouvoir lancer des avertissements publics à temps.

Ces nouveaux produits peuvent détecter les grêlons plus lourds (plus de 2 cm de diamètre) dans l'atmosphère et estimer leur taille. L'ajout de cette nouvelle information va permettre de pouvoir déterminer l'impact potentiel des averses de grêle détectées.

Lors des averses du 5 juin 2015, la détection de probabilité de grêle s'est avérée à 100% exacte dans plusieurs provinces belges, mais cette information ne donne que peu d'éléments quant à l'impact de ces averses. Les nouveaux produits de détection de la grêle répondent à ce manque en proposant des images de probabilité de grêlons de plus de 2 cm ainsi que la taille maximale attendue de ces grêlons, pour la même journée. Les averses n'ont pas toutes des probabilités égales de chute de grêlons lourds, comme le montre la figure 1a.

De plus, dans le cas présent, seules quelques régions présentaient des risques d'avoir des grêlons de 3 cm et plus (figure 1b).

La taille maximale des grêlons a été estimée sur base du scan de réflectivité du radar de Wideumont, réalisé à 16h35. Des observateurs sur place ont mentionné des grêlons d'un diamètre de 2 à 3 cm à cette période, à hauteur de Tielt et Rekkem, dans la province de Flandre occidentale comme l'on peut le voir à la figure 2.

Tous les produits de détection de la grêle sont évalués en profondeur sur base des produits opérationnels existants, issus des trois radars belges (Wideumont, Zaventem et Jabbeke). C'est aussi valable pour les nouveaux produits qui ont été strictement contrôlés à partir des observations visuelles de grêlons du 5 juin. Ces derniers ont montré une qualité satisfaisante. Tous ces produits de grêle, dont entre autres le calcul journalier de la taille maximale atteinte, sont archivés de manière opérationnelle et sont consultables à tous moments à des fins statistiques ou d'études de cas. Le service des Renseignements Climatologiques de l'IRM peut également utiliser ces informations pour ses rapports.



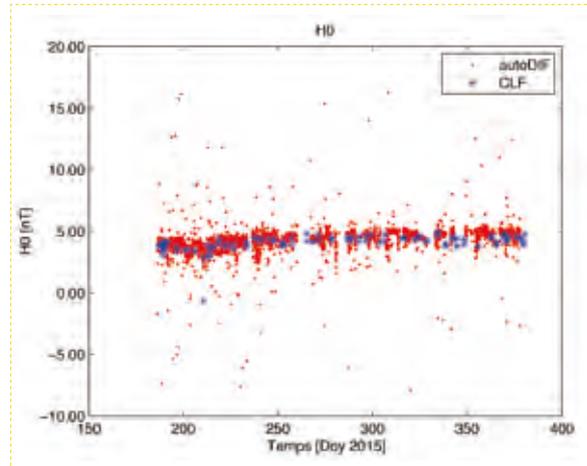
▲ AutoDIF sur son pilier de mesure absolue.

VALIDATION DE L'INSTRUMENT AUTODIF

Dans le cadre de la validation de l'instrument de mesure automatique de la déclinaison et de l'inclinaison du champ magnétique terrestre, AutoDIF, l'IRM en a installé un à l'observatoire de Chambon-la-Forêt en France. C'est l'observatoire de référence en France pour l'Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP) depuis 1936. Ses mesures stables, continues et de qualité en font un observatoire de référence dans le monde. Pouvoir comparer nos mesures automatiques à celles des observateurs locaux est donc un réel plus dans la validation de l'AutoDIF.

Depuis le 5 juillet 2015, l'AutoDIF réalise une mesure absolue complète de l'orientation du champ par heure à Chambon-la-Forêt (CLF) (points rouges sur la figure 4). Le staff de l'observatoire CLF réalise de son côté quatre mesures par semaine (étoiles bleues). Ces mesures mènent à l'établissement des lignes de base du variomètre de CLF et permettent la comparaison détaillée des instruments absolus. À l'examen du graphique ci-dessus on peut constater :

- › les résultats des lignes de bases de la composante horizontale H_0 concordent avec une précision de moins de 1 nT. Ceci montre que l'AutoDIF mesure au moins au même niveau de précision que l'instrument absolu de CLF (theodolite DIFlux Zeiss010A);



▲ Composante horizontale de ligne de base (H_0) associé au variomètre CL2 de CLF. En rouge mesure de l'AutoDIF et en bleu des observateurs CLF.

- › l'information horaire en provenance de l'AutoDIF permet de cerner mieux l'évolution de la ligne de base et d'éviter les effets d'aliasing.

Note: Les points rouges qui s'écartent fortement de la ligne de base proviennent de mesures erronées de l'AutoDIF, dues à des obstacles en face de la mire ou autres perturbations de la mesure; du fait de son automatisation, un opérateur n'est pas toujours présent pour pallier à ce type de problèmes.

JEUDI

02 JUILLET | 15:00

LIÈGE-MONSIN

38,8° 

 22 km/h

 0%

 1015,6 hPa

TRÈS CHAUD ET ENSOLEILLÉ

LES INSTRUMENTS BREWER

permettent non seulement de mesurer la colonne d'ozone, mais aussi le spectre de l'UV. L'instrument a une portée de longueur d'onde couvrant une partie importante du rayonnement UVA. A partir de ces spectres, qui sont mesurés plusieurs fois par jour, on peut déduire l'index UV actuel, qui est ensuite comparé à l'index UV prévu.

Hugo De Backer, Quentin Laffineur et Alexander Mangold, responsables des mesures d'ozone, UV et LIDAR. ▶



L'IRM est plus connu du grand public pour ses prévisions et ses avertissements, mais il s'y passe bien plus de choses. Les prévisions du temps sont avant tout basées sur de la recherche scientifique et des programmes informatiques. Ce soutien scientifique est assuré à l'IRM par trois services scientifiques : le service scientifique « Observations », le service scientifique « Recherche météorologique et climatologique » et le service scientifique « l'IRM à Dourbes ». Chacun de ces services a effectué de nombreuses recherches et a participé de nombreux projets, qu'ils vous présentent dans ce chapitre.

SERVICE SCIENTIFIQUE « OBSERVATIONS »

ACTIVITÉ DU SERVICE SCIENTIFIQUE « OBSERVATIONS »

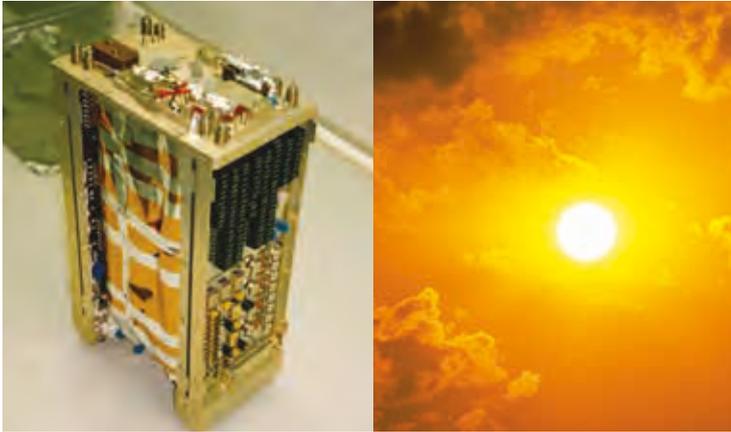
Le Service Scientifique « Observations » de l'IRM est en charge d'une large gamme d'observations de la météo et du climat. Cela va des observations au sol à partir de nos stations réparties sur le territoire belge aux observations à bord de satellites en orbite. En plus de la mise à disposition des observations en « quasi temps réel », ce service effectue de la recherche quant à l'utilisation optimale de ces observations, l'ajout de nouveaux paramètres et le développement de nouvelles applications à partir de ces données. Ces recherches se font dans un contexte international ce qui est un garant de bonne qualité des observations et de donc de la recherche y afférant.

Pour les observations à haute résolution, l'IRM dispose de 17 stations météorologiques automatiques réparties sur le territoire. La première génération de ces stations a été développée dès l'année 2000, mais dans une logique d'optimisation constante, ces stations sont en cours de modernisation depuis quelques années. Il est impossible d'effectuer ces changements pour toutes les stations à la fois, c'est pourquoi ceux-ci sont réalisés petit-à-petit depuis 2013. L'année dernière, les stations de Humain, Beitem et Retie ont été rénovées.

Des sondages verticaux de l'atmosphère sont opérés depuis très longtemps à partir de ballons sondes. Ces sondages mesurent habituellement les profils de température et de tension de vapeur d'eau, mais l'IRM opère également des mesures d'ozone. L'IRM dispose de ce fait d'une des plus longues séries d'observations d'ozone en Europe, avec une période d'environ 45 ans. En 2015, l'homogénéité de cette série d'observation a été testée en comparaison avec les observations réalisées à De Bilt (Pays-Bas). En outre, le fait d'effectuer certaines corrections ou non a aussi été étudié. Cette série de données est entre autres utilisée pour la validation d'observations satellitaires dans le cadre de l'O3MSAF d'EUMETSAT. Les mesures de l'indice UV et des particules d'aérosols sont aussi au programme, non seulement en Belgique, mais à la station Princesse Elisabeth en Antarctique. L'année dernière et ceci pour la première fois, nous avons pu obtenir une série d'observations ininterrompues des aérosols pendant un an en Antarctique. Ceci implique que des données ont également pu être récoltées lors du long hiver austral (qui correspond à notre été), lorsque la station Princesse Elisabeth n'est pas habitée. En décembre 2015, un trou dans la couche d'ozone au-dessus de la station a été observé pour la première fois. C'était une situation exceptionnelle car, normalement, le trou dans la couche d'ozone est à son maximum en octobre, et a déjà disparu en décembre.

L'IRM utilise trois radars météorologiques en Belgique pour la mesure des précipitations et des orages, dont deux sont sa propriété. Nos collègues du VMM (Vlaamse Milieu Maatschappij) ont installé un quatrième radar fin 2015 à Houthalen-Helchteren. Les données radar constituent un input important pour le programme de nowcasting INCA-BE, qui extrapole les observations de manière déterministe à court terme sur quelques heures, ainsi que pour le système de nowcasting probabiliste STEPS-BE (Short Term Ensemble Prediction System) mis en place spécifiquement pour les précipitations. Ce dernier système a été affiné dans le courant de l'année 2015 et mis à la disposition de nos prévisionnistes. Ceci leur permet d'avoir une image réaliste de la répartition de l'incertitude des prévisions des précipitations. Ce qui est d'une grande valeur dans le cadre d'applications hydrologiques et la prévision de précipitations abondantes.

6° | La Recherche à l'IRM



▲ L'instrument DIARAD/VIRGO, construit en Belgique pour l'IRM, qui mesure le rayonnement solaire dans l'espace depuis un temps record de 20 ans.

L'IRM, pionnier dans le domaine de la détection de la foudre, a installé deux nouveaux senseurs en 2015, reliés au programme BELLS (BELgian Lightning Location System) qui détecte la foudre via les ondes radio qu'elle émet. L'IRM participe aussi à une étude préparatoire à l'utilisation d'un nouvel instrument de détection de la foudre à partir de l'espace qui sera installé dans le prochain satellite Meteosat troisième génération qu'EUMETSAT lancera en 2020.

L'IRM représente la Belgique dans l'organisation intergouvernementale EUMETSAT qui gère les satellites météorologiques européens opérationnels. Les données satellitaires sont la source d'observations la plus importante utilisées par les modèles de prévisions numériques. Leur disponibilité a un impact direct sur la qualité de nos prévisions quotidiennes. En 2015, la Belgique a souscrit au programme «European Polar Satellite – Second Generation» (EPS SG), dans lequel la mise à disposition à long terme des données satellitaires pour l'assimilation par les modèles de prévisions numériques est garantie. Il s'agit en l'occurrence d'un investissement de 92 millions d'euros, réparti sur une période de 30 ans.

L'IRM construit ses propres instruments de mesure du rayonnement solaire (la quantité d'énergie que le Soleil envoie à la Terre et qui influence notre climat) et les lance depuis déjà 1983. En décembre 2015, nous avons fêté le 20^e anniversaire de fonctionnement de notre instrument DIARAD/VIRGO. La durée de vie prévue de l'instrument



▲ Visite de la délégation chinoise.

était de 2 à 6 ans, mais après 20 années passées dans l'espace, il fonctionne toujours parfaitement. Ceci démontre les importantes compétences belges en technologie spatiale.

Nos mesures sont reconnues sur le plan international et sont entre autres utilisées par la NASA dans le cadre du projet CERES pour la mesure du réchauffement de la Terre. Nos collègues chinois ont également montré leur intérêt pour nos instruments de mesure du rayonnement solaire, pour le lancement de leur série de satellites météorologiques opérationnels Feng Yung 3. En 2015, nous avons eu le plaisir de recevoir une délégation chinoise qui a marqué le début du développement d'un instrument en vue du lancement du premier satellite Feng Yung 3 en 2018.

L'IRM est responsable du traitement des données de l'instrument GERB à bord du satellite Meteosat Deuxième Génération depuis 2003. GERB (Geostationary Earth Radiation Budget) est le seul instrument au monde à mesurer le cycle journalier du rayonnement solaire émanant de la Terre, étroitement lié au déroulement de la convection tropicale. L'ajout de ces données dans les modèles numériques de prévisions météorologiques et climatiques permet d'améliorer ces derniers. En 2015, EUMETSAT a décidé de placer en orbite un satellite Meteosat Deuxième Génération avec un instrument GERB à bord, au-dessus de l'Océan indien, à la longitude 40°O. Ceci permettra d'étudier l'influence de la pollution atmosphérique en provenance de l'Asie sur le changement climatique global.



▲ Ceilomètre.

▲ Spectrophotomètre Brewer
(deux collègues à la station Princesse Elisabeth).



▲ *En haut*: néphélogomètre.
En bas: aéthalogomètre.

En plus de ces recherches et études déjà réalisées, notre section prépare le traitement des données du futur satellite de l'ESA « Earthcare », qui fournira des informations quant aux profils verticaux du rayonnement solaire dans l'atmosphère.

Fin 2015, les documents pour le « Critical Design Review » du satellite Simba qui mesurera aussi bien le rayonnement entrant que sortant, ont été remis à l'ESA. Simba est un petit satellite de dimension 10x10x34 cm qui appartient à la famille des satellites dits « cubesats ». Cette dernière révision des plans nous permettra de débuter la fabrication du satellite en 2016.

LE PROJET « AGACC-II »

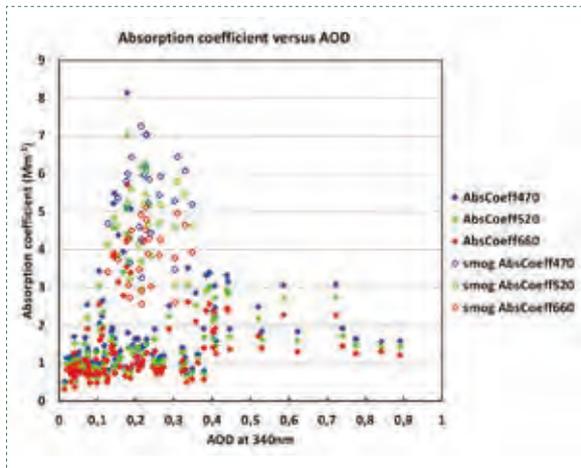
Ces 4 dernières années (2011-2015), l'IRM a collaboré au programme SSD (Science for Sustainable Development ou Science pour un Développement Durable) financé par Belspo. Le projet AGACC-II (Advanced exploitation of Ground based measurements for Atmospheric Chemistry and Climate Applications) fait partie de ce programme et a pour but l'exploitation avancée d'observations au sol à des fins d'études sur le climat et la chimie atmosphérique. Des scientifiques de l'IRM, en collaboration avec l'IASB, l'ULg et l'ULB, ont étudié la composition de l'atmosphère et ses modifications, par le biais d'observations au sol effectuées depuis plusieurs endroits en Belgique et dans le reste du monde.

Le projet a pour but principal d'améliorer les différentes techniques d'observations de l'atmosphère terrestre à partir du sol. De manière plus spécifique, 4 objectifs complémentaires ont été fixés :

1. récolter de nouvelles informations sur les plus importants gaz à effet de serre présents dans l'atmosphère (le dioxyde de carbone, le méthane, le protoxyde d'azote) mais aussi sur le tétrafluorométhane et le CCl₄, le tétrachlorométhane ;
2. continuer la série de mesures des gaz à l'état de trace dans l'atmosphère détectés à partir du sol par un instrument FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) qui peut mesurer le spectre d'absorption ou d'émission (dans l'infrarouge) de particules, de liquides ou de gaz présents dans l'atmosphère, et donc qui permet d'identifier la présence de molécules bien précises ;
3. accroître l'expertise dans le domaine des observations d'aérosols, dans le but d'avoir une meilleure vue d'ensemble des propriétés des aérosols présents au-dessus d'Uccle ;
4. débiter l'étude des émissions d'aérosols en Afrique, à l'aide d'observations effectuées à Bujumbura.

Le troisième objectif à atteindre tombe évidemment dans le domaine de compétence de l'IRM. Afin d'avoir une meilleure vue sur le comportement des particules d'aérosols au-dessus d'Uccle, nos observations à partir du sol sont d'une grande importance. Il est donc indispensable que nos instruments de mesures d'aérosols (spectrophotomètres Brewer, ceilomètres, aéthalogomètres en néphélogomètres)

6° La Recherche à l'IRM

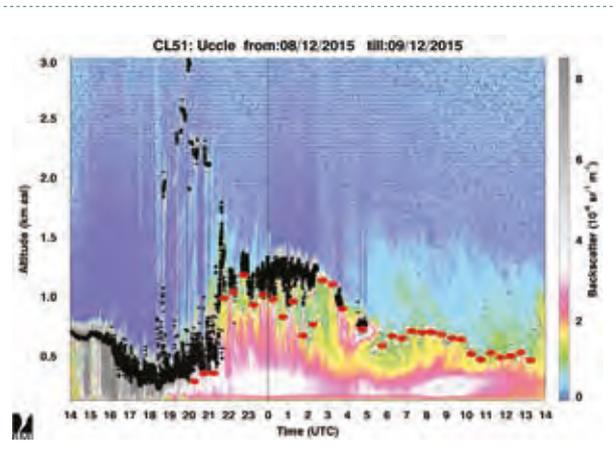


▲ **Figure 1 :** Coefficients d'absorption à 470, 520 et 660 nm en rapport à l'épaisseur optique des aérosols bij 340 nm. Les observations lors de la période de smog sont indiquées par les symboles non-pleins, et se distinguent clairement par rapport aux observations générales.

soient bien entretenus, régulièrement contrôlés et leurs mesures suivies en continu. Quelques algorithmes ont pu être développés afin d'améliorer la qualité de nos observations. De plus, les mesures de nos différents instruments ont été combinées afin d'obtenir une image la plus détaillée possible des aérosols présents dans l'atmosphère au-dessus d'Uccle.

Cette recherche a livré des résultats intéressants pour l'IRM :

1. le développement d'un algorithme pour détecter l'épaisseur optique des aérosols (degré de transparence de l'atmosphère) lors de la présence de nuages ;
2. une analyse étendue d'une série de 23 ans de mesures d'observations simultanées d'UV, d'ozone, de rayonnement global et d'épaisseur optique des aérosols (résultats publiés dans De Bock et al. 2014) ;
3. l'analyse de l'origine des masses d'air et leur relation avec certains paramètres météorologiques (comme la température, l'humidité relative et la direction du vent) et les propriétés optiques des aérosols (comme l'épaisseur optique des aérosols ;
4. l'analyse du set de données d'observations des aérosols en 2014. Une courte période de smog (12-14 mars 2014) se



▲ **Figure 2 :** Profil vertical de rétrodiffusion mesuré par le ceilomètre de Uccle mesuré entre 120 m et 3.000 m, en fonction du temps. Les points rouges correspondent à la hauteur de la couche de mélange détectée.

différentie clairement du reste des observations (figure 1) ;

5. élargissement du réseau de ceilomètres de l'IRM et développement d'un algorithme afin de pouvoir déduire la hauteur de la couche de mélange à partir des mesures des ceilomètres (figure 2) ;
6. amélioration des prévisions opérationnelles de l'indice UV.

MESURES D'AÉROSOLS CONTINUES EN ANTARCTIQUE

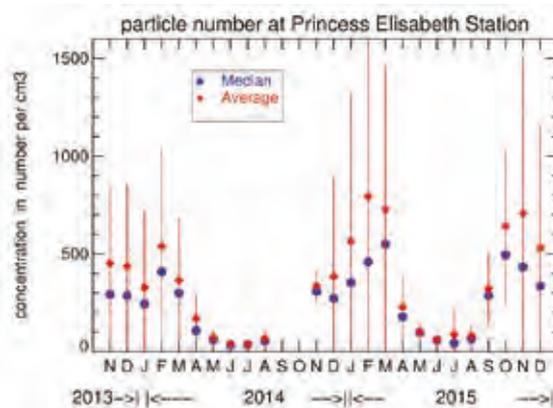
L'IRM dirige un projet scientifique à la station belge Princesse Elisabeth basée dans la partie est de l'Antarctique afin d'y mesurer la composition de l'atmosphère. Cette recherche a pour but de caractériser les particules d'aérosols en Antarctique et d'établir de longues séries d'observations. Ces mesures sont importantes pour pouvoir déterminer les concentrations de base, pour améliorer nos connaissances sur le transport à longue distance des particules d'aérosols et sont aussi utiles à la validation de mesures satellitaires et de résultats de modèles. Avec la KUL (Katholieke Universiteit van Leuven) et l'IASB, l'IRM étudie l'influence des particules d'aérosols sur la formation des nuages en Antarctique.



▲ La Station Princesse Elisabeth en Antarctique.

La station antarctique belge n'est accessible que de novembre à février, en raison des conditions climatiques extrêmes qui y règnent. Le restant de l'année, la station, gérée par des accès à longue distance, est principalement alimentée par le vent et l'énergie solaire, qui permettent de faire tourner les instruments de mesures sans que quiconque ne soit présent sur place. L'IRM dispose d'une connexion internet par satellite qui permet de gérer les instruments à distance. Pour des raisons diverses, les observations ont toujours été interrompues lors des précédents hivers antarctiques à causes de pannes de courant. 2015 était la première année pendant laquelle les mesures ont pu être effectuées en continu. Ceci est important afin de pouvoir comprendre et analyser les changements qui se produisent au passage des saisons.

La figure 3 montre les moyennes mensuelles et les valeurs médianes de la quantité de particules atmosphériques présentes par unité de volume, de novembre 2013 à fin décembre 2015 (avec une interruption de septembre à novembre 2014). On peut y voir que les valeurs observées sont plus élevées lors des étés que lors des hivers en Antarctique. Pendant l'été, de plus nombreuses masses d'air issues de plus basses latitudes atteignent l'Antarctique et, de par la lumière du soleil, il s'y produit plus de réactions chimiques dans l'atmosphère qui induisent la formation d'aérosols. Ceci se retrouve clairement dans les valeurs de septembre

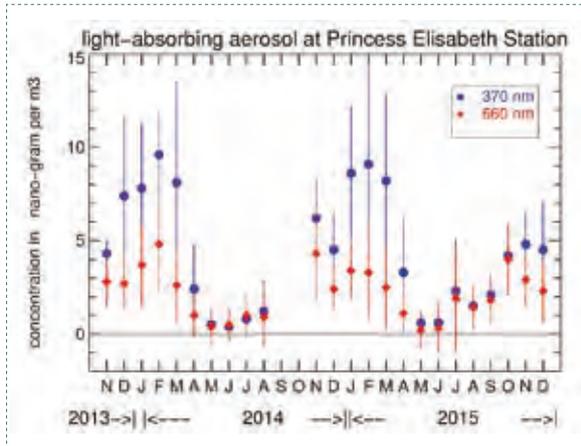


▲ *Figure 3* : Série des moyennes mensuelles de la quantité de particules d'aérosols atmosphériques par cm^3 , mesurées à la Station Princesse Elisabeth. En bleu, la valeur médiane, et en rouge, la moyenne simple.

et octobre 2015, quand, avec le retour du printemps, la lumière du soleil revient en Antarctique et la concentration en particules augmente fortement. La différence entre les valeurs médianes et les simples moyennes est provoquée par quelques courtes périodes pendant lesquelles les concentrations en particules sont très élevées, comme par exemple, pendant des tempêtes qui poussent des masses d'air océaniques ou de plus basses latitudes vers la station (beaucoup moins fréquent pendant les hivers antarctiques).

La figure 4 montre les moyennes mensuelles de la concentration de masse de particules absorbant la lumière, à partir de deux longueurs d'ondes différentes. Les particules qui absorbent la lumière du soleil sont principalement issues de processus de combustion (combustion de biomasse, suie de gaz d'échappement, par exemple) et parce que ce type de particules ne se trouve pas naturellement en Antarctique, elles sont une indication claire du transport à longue distance des aérosols. De plus, on peut y voir pour les deux longueurs d'onde que les concentrations de novembre à mars sont clairement plus importantes que pendant l'hiver antarctique. Ceci démontre que les transports à longue distance d'aérosols se produisent principalement lors des étés austral. Les valeurs observées lors des étés antarctiques, aux longueurs d'ondes plus courtes (370 nm), sont plus élevées qu'aux longueurs d'ondes plus longues (660 nm). Lorsqu'il s'agit de présence de suie uniquement, les valeurs recueillies

6° La Recherche à l'IRM



▲ **Figure 4 :** Série de moyennes mensuelles de concentration de masse par cm^3 , de particules absorbant la lumière du soleil, mesurées à la Station Princesse Elisabeth. En bleu, les valeurs mesurées à la longueur d'ondes de 370 nanomètres, et en rouge, les valeurs mesurées à la longueur d'ondes de 660 nanomètres.

aux deux longueurs d'ondes sont normalement plus ou moins équivalentes. Dans ce cas-ci, il faut en conclure que les masses d'air transportées vers l'Antarctique contenaient d'autres types de particules absorbant la lumière, par exemple des particules issues de combustion de la biomasse, ou issues d'autres réactions chimiques atmosphériques.

SERVICE SCIENTIFIQUE « RECHERCHE MÉTÉOROLOGIQUE ET CLIMATOLOGIQUE »

ACTIVITÉS DU SERVICE SCIENTIFIQUE « RECHERCHE MÉTÉOROLOGIQUE ET CLIMATOLOGIQUE »

Le Service Scientifique « Recherche météorologique et climatologique » est actif dans trois domaines de recherche : des produits finis scientifiques (publications, développement de modèle, la diffusion des connaissances), la météo (prévisions à court terme) et le climat. Ils utilisent essentiellement trois méthodes : 1. des modèles simplifiés afin d'acquérir des connaissances quant aux mécanismes de la physique,



▲ Annelies Duerinckx.

2. des modèles complexes afin de calculer l'évolution des conditions de l'atmosphère et du sol, et 3. des techniques statistiques.

DÉVELOPPEMENT DE MODÈLES

Un nouveau modèle simplifié océan-atmosphère a été développé. Il utilise des paramètres réalistes comparables à ceux rencontrés sur Terre, et il fait tourner un forçage radiatif (l'influence du soleil) à échelle saisonnière. Le modèle peut donc être utilisé afin d'acquérir des connaissances sur les fluctuations du climat qui se produisent sur des périodes de plusieurs mois à plusieurs dizaines d'années.

En 2015, une étude approfondie de faisabilité a été réalisée, quant à l'utilisation des observations au sol pour la création des situations de départ du modèle ALARO (la technique dite de l'assimilation de données). Cette recherche faisait partie du doctorat d'Annelies Duerinckx, qu'elle a obtenu le 9 décembre 2015, dans la section Physique et Astronomie de l'Université de Gand.

Une première version d'un système de prévisions d'ensembles permettant la convection et propre à l'IRM mais basé sur les configurations modèle du système ALADIN, a également été développé. Il est constitué de 11 membres basés sur la configuration ALARO et de 11 membres basés

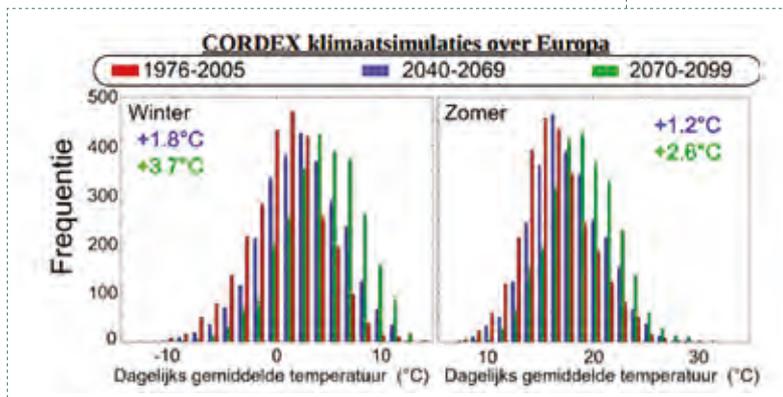


sur la configuration AROME (modèle français), et tourne avec une résolution de 2,5 km.

Une version plus ancienne mais consolidée du modèle ALARO a été utilisée pour produire différents scénarios climatiques pour la Belgique et l'Europe. Ce modèle a été validé en profondeur et répond aux critères de qualité attendus d'un modèle climatique de pointe devant fournir des scénarios climatiques au niveau européen. Cette validation a été publiée dans la littérature scientifique internationale. Ces scénarios climatiques suivent les évolutions futures des concentrations des gaz à effet de serre, comme elles ont été proposées dans le 5^e Assessment Report du GIEC

(Groupe d'Experts Intergouvernemental sur le Changement de Climat). Ces simulations répondent aux spécifications techniques et scientifiques du projet international CORDEX.

Le Service Scientifique est aussi actif au niveau des programmes SAF (Satellite Application Facilities) d'EUMETSAT. Dans le contexte du projet HSAF (Hydrological Satellite Application Facilities), des cartes de précipitations sont créées à partir des images satellites comme en exemple dans la figure 5. La qualité de ces produits a été confirmée en 2015 et il a été conclu qu'ils répondaient aux exigences de l'« Operational Review » d'EUMETSAT.

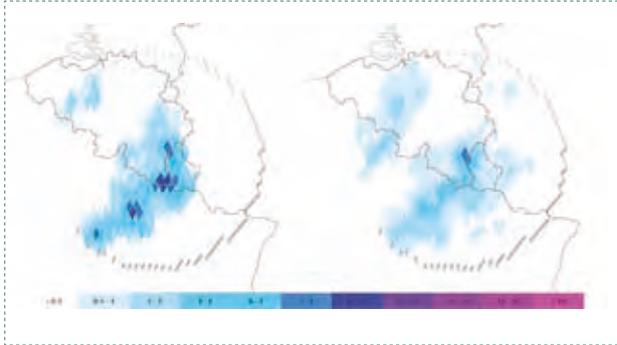


► Fréquence de la température moyenne journalière à Uccle en été et en hiver, à partir des scénarios climatiques de l'IRM, produits par le modèle climatique régional ALARO, pour une période passée (1976-2005, en rouge) et deux périodes à venir (2040-2069 et 2070-2099 en bleu et vert). Les simulations pour les périodes futures se basent sur les concentrations de gaz à effet de serre et sur les aérosols, comme ils sont repris dans le scénario RCP8.5. Selon ce scénario, la température à Uccle devrait fortement augmenter dans le futur, surtout en hiver.

CORDEX: un projet international pour la réduction d'échelle dynamique

Les conclusions du GIEC sont surtout basées sur les résultats de simulations numériques de modèles de circulation globale. Ces modèles représentent l'atmosphère et les océans sur grille, en y appliquant des variables telles que la température et les précipitations. La distance horizontale typique entre les points de cette grille est de l'ordre de 50 à 100 km, pour les modèles globaux de basse résolution. Autant ils sont fiables pour évaluer les effets du réchauffement global, autant ils sont incapables de simuler d'importants détails environnementaux locaux. Ceci devient possible grâce à la « réduction d'échelle dynamique » : l'utilisation de modèles de circulation régionale à plus haute résolution (des points de grille plus proches), et simulant une zone géographique plus restreinte. De telles simulations sont coordonnées et exécutées dans le cadre du projet international CORDEX. L'IRM contribue à la partie européenne du projet.

Les simulations CORDEX pour la Belgique sont réalisées dans le cadre du projet CORDEX.be et financées par BELSPO. Le but principal de ce projet est de générer des informations climatiques cohérentes pour la Belgique. Ce réseau permet de stimuler les collaborations belgo-belges ainsi que les recherches interdisciplinaires, comme la vérification des données climatiques à l'aide de données dérivées de GNSS (Global Navigation Satellite System). Ce projet permettra également à la communauté belge de la recherche climatique de cadrer parfaitement dans des projets de recherche internationaux tels que CORDEX. Les instituts impliqués dans le projet sont l'IRM, la KU Leuven, l'UCL, l'ULg, le VITO (Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek), l'IASB, l'IRSNB (Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique) et l'ORB. Le projet est coordonné à partir de l'IRM.



▲ **Figure 5** : A gauche, les données de précipitations en mm/h du satellite (PR-OBS-1 v1.5). A droite, les données de précipitations en mm/h issues des radars (toutes les deux datant du 14 octobre 2013 à 15h25 UTC).

De nouveaux instruments de mesure de la covariance des turbulences ont été installés en 2015 dans le parc climatologique d'Uccle, pour une phase de test d'un an. Le but de ces mesures est de pouvoir disposer de mesures au sol plus précises dans le futur afin d'améliorer les modèles.

ETUDES D'INCIDENCE

Le calcul de l'impact du changement climatique sur la société, constitue le fondement des services climatiques. Des modèles numériques sont utilisés à cet effet : des modèles climatiques régionaux, mais aussi des modèles d'impact climatique détaillés. Comme exemples d'impacts climatiques étudiés par le service de recherche, on peut citer les effets urbains, les précipitations abondantes et intenses, des conditions atmosphériques défavorables à l'assainissement de l'air et l'influence du climat sur l'agriculture (sécheresses).

En 2015, une version du modèle de surface SURFEX a été couplée au modèle climatique régional ALARO et de nouvelles configurations ont pu être testées. Ce modèle contient un module supplémentaire pour la simulation des effets urbains. Une étude d'incidence sur l'influence des vagues de chaleur dans les villes dues au futur réchauffement du climat a pu être menée.

Pour la première fois, les simulations climatiques ont été utilisées afin de déterminer l'influence du changement climatique sur les épisodes de smog. Il en ressort que nous pouvons nous attendre à une augmentation de 60 à 70% de l'occurrence des conditions météorologiques défavorables à l'assainissement de l'air d'ici 2050.

Dans le cadre du projet belge STOCHCLIM mené en collaboration avec l'UCL et l'UGent, le modèle océan-atmosphère de l'IRM est utilisé pour étudier l'Oscillation Nord-Atlantique. Le but de ce projet est de créer une base pour le développement des prévisions saisonnières. Le comportement des averses orageuses dans le modèle ALARO a été caractérisé de manière statistique lors d'un épisode d'oscillation « Madden Julian » de 40 jours dans l'Océan Indien.

SERVICE SCIENTIFIQUE « CENTRE DE PHYSIQUE DU GLOBE »

PROJET RADIOMAG – VERS UN FERROFLUIDE DE RÉFÉRENCE POUR L'APPLICATION DE L'HYPERTHERMIE MAGNÉTIQUE

L'hyperthermie magnétique est un traitement expérimental anti-cancéreux employant un fluide contenant des particules magnétiques nanométriques, dit ferrofluide. Lorsqu'elles sont plongées dans un champ magnétique alternatif, c.-à-d. un champ dont la polarité change périodiquement en fonction d'une certaine fréquence radio, ces nanoparticules s'échauffent. L'énergie nécessaire pour atteindre une certaine température dans le tissu cancéreux permettant de tuer les cellules cancéreuses sans endommager les tissus sains entourant la tumeur, est quantifiable par le Débit d'Absorption Spécifique (DAS). C'est donc un paramètre important qui est nécessaire pour la planification des traitements individuels selon le type tumeur et son stade de croissance. Contrairement aux autres techniques comme par exemple celle utilisant des produits chimiques tels les isotopes radioactifs, il n'existe actuellement aucun ferrofluide standard comme valeur de référence pour le DAS et aucune procédure standard pour l'estimation du DAS, bien que cela soit indispensable pour le développement des nouveaux ferrofluides destinés au traitement anti-cancéreux.

Dans le cadre du projet européen COST RADIOMAG présidé par l'IRM, la section Magnétisme Environnemental coordonne les expériences et les tests pour la détermination du DAS.



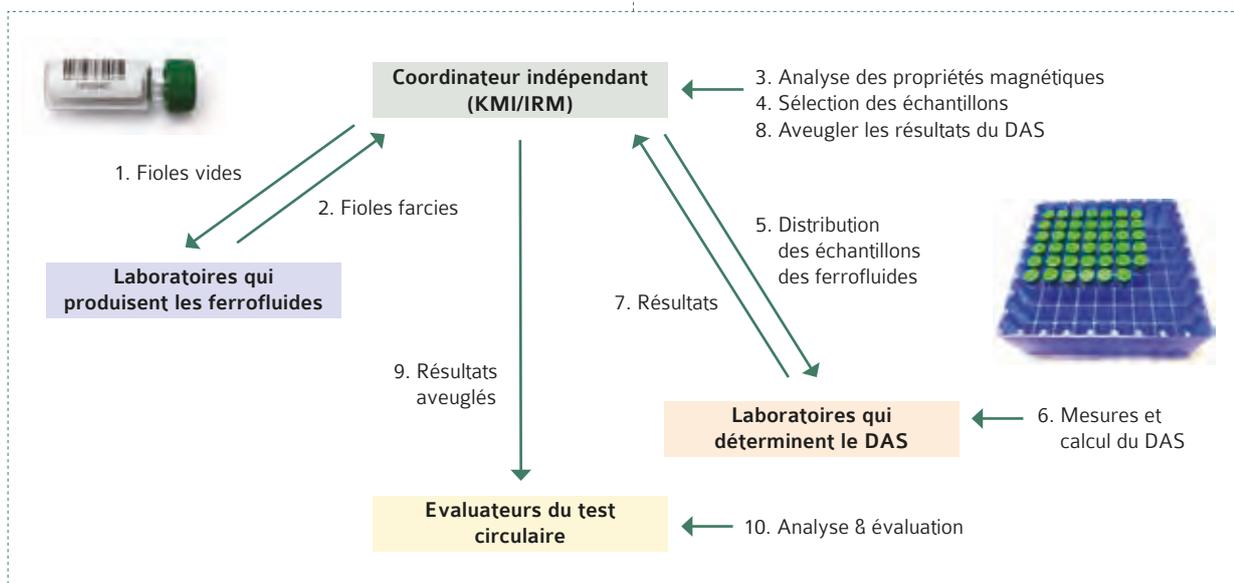
Ces expériences et ces tests sont nécessaires car les techniques de mesure et les approches analytiques employées actuellement pour le déterminer sont différentes. En conséquence, les DAS sont difficilement comparables entre les différents laboratoires et entre les différents types de ferrofluides existants, bien que cela soit particulièrement important pour le développement des nouveaux ferrofluides ainsi que pour le contrôle de qualité de leur production. Ces expériences ont donc pour but d'estimer les différences entre les valeurs de DAS obtenues par les laboratoires du réseau RADIOMAG et d'évaluer les DAS obtenus par rapport aux procédures utilisées pour sa détermination. Le challenge prochain sera d'établir un protocole standard pour la détermination du DAS, afin de développer une méthode officielle de référence qui soit acceptée par les organismes légaux comme par exemple le National Institute of Standards and Technology (NIST).

Dans une première phase d'expérimentation, sept laboratoires du réseau RADIOMAG ont été invités à produire des ferrofluides et les fournir à l'IRM pour une caractérisation magnétique. Basés sur leurs propriétés magnétiques, qui ont été mesurées avec le nouveau magnétomètre MPMS3 installé à l'IRM en 2014, deux ferrofluides ont été choisis pour la détermination du DAS dans 22 autres laboratoires du réseau COST RADIOMAG. La deuxième phase de l'expérimentation

prévoit d'établir des conditions standard pour pouvoir précisément déterminer et comparer des DAS entre différents ferrofluides. Parmi ces conditions standard, il faut déterminer la fréquence et l'intensité du champ magnétique appliqué, la durée de l'application du champ magnétique, ainsi que les conditions de mesure de la température comme par exemple l'isolement thermique du récipient et du système de mesure de la température.

Après un débat vif lors du dernier workshop du réseau RADIOMAG en octobre 2015, une étude à double insu très utilisée en recherche médicale a été choisie pour ces expérimentations et tests, c.-à-d. que ni les laboratoires qui produisent les ferrofluides, ni les laboratoires qui déterminent le DAS, ni les évaluateurs du test ne peuvent associer un laboratoire de production avec un DAS déterminé. Ceci afin de supprimer tout jugement a priori sur l'efficacité de la méthode et du ferrofluide employés. La figure ci-dessous montre le schéma de travail pour ces expérimentations et le rôle important de l'IRM.

Schéma de travail des expérimentations du réseau RADIOMAG pour la détermination du débit d'absorption spécifique (DAS, voir les explications dans le texte). L'IRM joue un rôle central en agissant comme coordinateur indépendant ce que lui permet d'apporter au projet RADIOMAG son savoir-faire dans le domaine du magnétisme. ▼



OBSERVATOIRES MAGNÉTIQUES AUTOMATIQUES : UNE INNOVATION AU SERVICE DE LA SCIENCE... ET DE L'INDUSTRIE !

L'IRM dispose d'une large expertise dans la mesure du champ magnétique terrestre et dans la conception d'instruments mesurant le champ magnétique terrestre.

Dans le cadre de Magnetic Valley, l'IRM a réussi à développer le premier observatoire magnétique entièrement automatique. Cette innovation est très importante tant du point de vue scientifique que du point de vue socio-économique. D'un point de vue scientifique, le déploiement de ces observatoires automatisés à travers le monde va permettre d'améliorer la connaissance générale du champ magnétique terrestre de la Terre. D'un point de vue socio-économique, un débouché commercial a été identifié dans le secteur du forage pétrolier directionnel : les observations magnétiques servent à effectuer des corrections de guidage des têtes de forage. Ces corrections de guidage permettent de réaliser des trajectoires de forage encore plus proches des trajectoires théoriques idéales (loin d'être de simples trous verticaux, les forages présentent d'importants rayons de courbure et atteignent des points situés horizontalement à plusieurs kilomètres de distance de la tête de puits en surface). L'intérêt de cette technologie développée à l'IRM pour l'industrie du forage est double : la sécurité des forages est grandement améliorée car les maîtrises de trajectoire permettent d'éviter d'intercepter un puits existant (risque d'explosion). Et d'autre part un intérêt économique, non seulement lié à une diminution du risque d'accidents, mais aussi à une meilleure récupération des ressources identifiées. En 2015, l'IRM a initié un essai pilote démontrant l'intérêt de cette technologie sur le gisement pétrolier « Aguada Pichana » (situé en Argentine), opéré par le groupe TOTAL. Cet essai pilote doit se poursuivre durant les premiers mois de l'année 2016, et cette activité devrait ensuite se poursuivre dans le cadre de la future première spin-off de l'IRM.

FOURS À BRIQUES : BONS ENREGISTREURS DU CHAMP MAGNÉTIQUE TERRESTRE ANCIEN

Les années 2014-2015 étaient des années exceptionnelles pour la section Magnétisme Environnemental concernant le prélèvement des échantillons dans plusieurs fours à briques mis au jour sur plusieurs sites archéologiques en Belgique. Elle a été sollicitée par la Région wallonne dans le cadre de la convention entre le DG04-SPW et le CPG (Centre de Physique du Globe) de l'IRM et par des firmes privées pour la Région flamande, pour dater ces fours par la méthode archéomagnétique.

Les constructions en briques apparaissent à la fin du 12^{ème} siècle le long des côtes de la Mer du Nord au niveau des abbayes et des églises, ensuite dans les villes, les murs d'enceinte, les bâtiments publics importants et plus tard dans les habitations pour éviter les risques d'incendie.

Les fours échantillonnés sont de grandes dimensions, de forme rectangulaire où les briques crues étaient empilées avant cuisson, ceux-ci étaient construits à l'extérieur des agglomérations. Les analyses archéomagnétiques ont démontré que les fours à briques sont de bons enregistreurs du champ géomagnétique terrestre au moment de la dernière utilisation du four. Ils contribuent à l'amélioration de nos connaissances de la variation séculaire du champ magnétique terrestre au Moyen Âge dans nos régions. Généralement ce qui reste du four au moment des prélèvements, sont la base du four et des traces de canaux de chauffage. En absence d'artefacts, ils sont difficiles à dater archéologiquement mais quand du charbon minéral était utilisé comme combustible, il y a moyen de le dater au Carbone 14.

La datation archéomagnétique d'un four à brique mis au jour lors de fouilles archéologiques à Asse dans la province du Brabant flamand par le *Studiebureel Archeologie Onroerend Erfgoed*, a fourni un intervalle d'années comprises entre [1463 -1541] A.D. avec une probabilité de 95%. Cet intervalle correspond à l'intervalle obtenu par la datation au Carbone 14 qui est estimée entre [1470 -1650] A.D. Cette dernière datation a été effectuée par l'Institut Royal du Patrimoine



▲ Échantillonnage archéomagnétique dans un four à briques à Alost (province Flandre occidentale), fouillé par SOLVA (Intergemeentelijk samenwerkingsverband in ZO Vlaanderen).

Artistique (IRPA) à partir du charbon de bois prélevé dans le four. Ce résultat représente un nouveau point de référence pour la base de données mondiales GEOMAGIA et pour l'étude de la variation du champ magnétique terrestre antérieure à notre époque dans nos régions et en Europe de l'Ouest.

Dans le cadre de la convention entre le DG04-SPW et le CPG de l'IRM, un four à briques à Landenne dans la province de Namur, caractéristique des milieux ruraux, mais ne fournissant aucun artefact ou indice permettant d'établir une datation, a pu être daté par la méthode archéomagnétique. Le dernier fonctionnement du four se situe dans un intervalle d'années comprises entre [1627 - 1695] A.D.

RÉSEAU PILOTE POUR L'IDENTIFICATION DES TRAVELLING IONOSPHERIC DISTURBANCES (PERTURBATIONS IONOSPHERIQUES MIGRATOIRES) EN EUROPE

L'ionosphère est la couche supérieure de l'atmosphère (entre 60 et 1.000 km d'altitude) à travers laquelle se propagent toutes les communications satellitaires et les communications radio longue distance. Il est donc important de pouvoir connaître l'état de l'ionosphère à tout moment, afin



▲ Four à briques à Landenne (province de Namur) fouillé par la DG04-SPW (Direction d'archéologie de la Région wallonne).

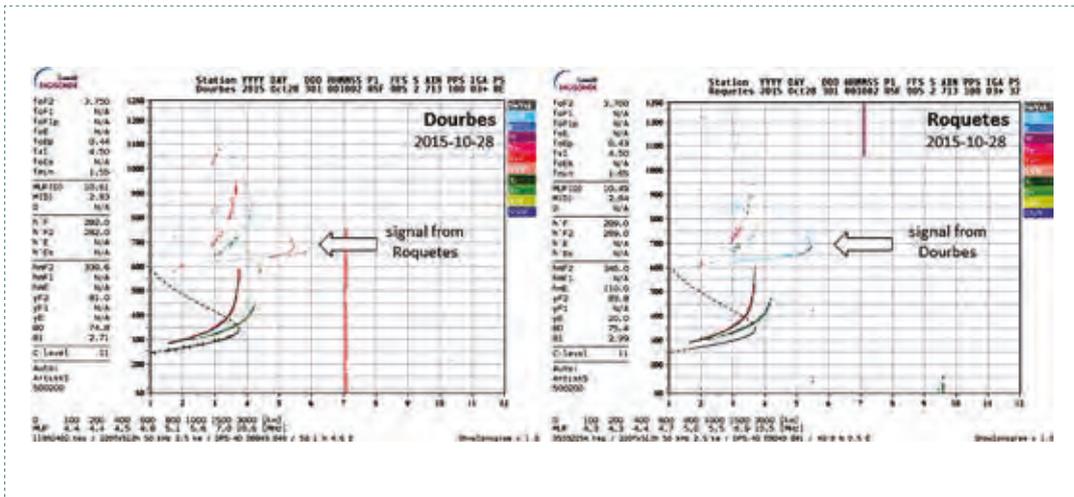
de pouvoir prédire les irrégularités et les perturbations qui pourraient affecter les communications satellitaires. Nous savons que l'ionosphère est affectée par des perturbations solaires et par d'autres phénomènes naturels (tremblements de terre, tsunamis, ouragans...) ou par des phénomènes créés par l'homme (explosions nucléaires et autres ondes de choc puissantes, comme des accidents industriels). Tous ces phénomènes se manifestent dans l'ionosphère sous la forme d'ondes, ce que l'on appelle les Travelling Ionospheric Disturbances (perturbations ionosphériques migratoires), ou TIDs.

L'équipe de recherche ionosphérique de l'IRM a débuté ses activités dans le nouveau projet international - Pilot Network for Identification of Travelling Ionospheric Disturbances in Europe (Net-TIDE) – entièrement financé par le programme de l'OTAN Science for Peace and Security (SPS) (<http://www.nato.int/cps>). Le programme SPS fournit une plateforme pour les organisations gouvernementales et scientifiques, afin de faire face aux nouvelles menaces de sécurité, en rassemblant toutes les ressources existantes y compris l'expertise scientifique.

L'objectif principal du projet Net-TIDE est d'établir un réseau pan-européen d'ionosondes digitales qui permettra d'identifier et d'estimer les TIDs qui peuvent sérieusement affecter les communications radio et les systèmes de navigation.

Au sein du projet, un système prototype suffisamment

6° La Recherche à l'IRM



◀ Ionogramme synchronisé (VI+OI) avec réception des échos verticaux et obliques. A gauche, ionogramme digital de la station de Dourbes, IRM, et, à droite, celui de la station de Roquetes, Espagne, produit le 28 octobre 2015 à 00:10 UTC. Le signal émis pas la station partenaire est clairement visible sur chaque ionogramme.

sensible pour surveiller l'activité des TIDs dans l'ionosphère sera développé. Celui-ci permettra d'identifier les caractéristiques des TIDs, de comprendre leur origine et de prédire leurs effets dans différentes régions du Globe sur les communications radio et les systèmes de navigation. Le système utilisera le réseau opérationnel européen existant de sondes ionosphériques digitales DPS-4D. Les sondes DPS-4D sont capables d'analyser les signaux radio renvoyés vers le sol par l'ionosphère, ce qui permet de reconstruire les caractéristiques des TID's qui l'altèrent.

Un autre objectif sera, et ce pour la première fois, d'essayer une nouvelle technique expérimentale pour traquer et identifier les TID's au-dessus de l'Europe, en utilisant simultanément les mesures des sondes DPS-4D des pays participant au projet. La qualité des résultats de cette technique devrait être beaucoup plus fiable que d'autres (indirectes), car elle serait basée sur des observations directes. Ceci devrait mener au développement d'une méthode stable, efficace et relativement bon marché pour fournir des informations et des avertissements aux utilisateurs dont leurs activités peuvent être affectées par les TIDs.

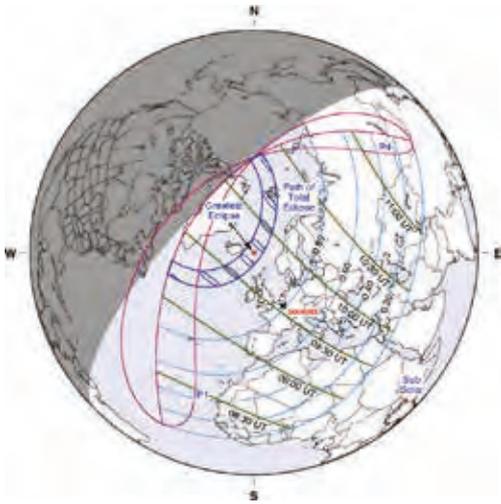
Durant la première phase du projet, le réseau de sondes DPS-4D a été mis en place, incluant le développement d'un programme pour le traitement des données observées. De ce fait, tous les opérateurs DPS-4D seront en mesure d'effectuer les ajustements nécessaires aux paramètres requis pour le réseau NET-TIDE.

Grâce aux efforts continus du personnel scientifique de l'IRM durant plusieurs années d'investissement dans du matériel de pointe et la fourniture d'observations et de service de haute qualité, la station de Dourbes a été choisie comme station de référence pour le projet. Les fonds accordés par l'OTAN vont permettre d'investir dans l'observatoire de Dourbes, et permettre aux chercheurs d'améliorer leur expertise, les produits et services, d'élargir leur réseau de coopération et, par ce fait, d'encore accroître la réputation de l'IRM au niveau international.

OBSERVATION DE L'ÉCLIPSE SOLAIRE DU 20 MARS 2015 PAR L'IONOSONDE DE DOURBES

Durant la matinée du 20 mars 2015, une éclipse solaire totale s'est produite au-dessus de la partie nord de l'Océan Atlantique. Même si la Belgique n'était pas sur la trajectoire de l'éclipse totale, une éclipse partielle a cependant pu être observée, avec une obstruction maximale de 81,5% à 09:34 UTC. Ceci constituait une éclipse remarquable, non seulement observable à la lumière du jour, mais aussi visible par les radiations ionisantes responsables de la production du plasma qui constitue l'ionosphère.

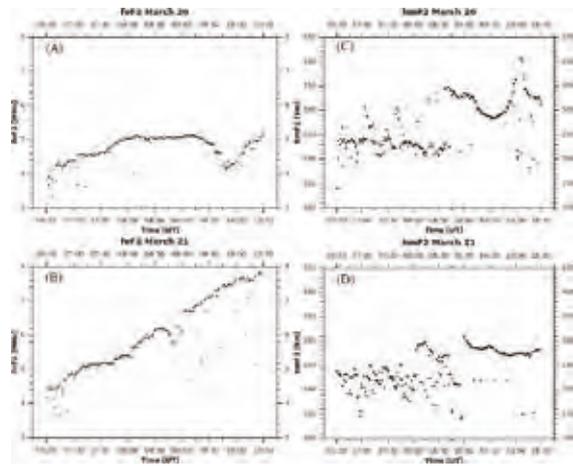
La Digisonde-4D du Centre de Physique du Globe de l'IRM à Dourbes, observe l'ionosphère de manière continue (<http://digisonde.oma.be>). Elle est utilisée non seulement pour



▲ Tracé de l'éclipse solaire du 20 mars 2015
(credit: NASA).

étudier la distribution verticale de la densité du plasma mais aussi ses variations temporelles et spatiales dans la zone au-dessus de l'observatoire. L'ionosonde fournit des observations en temps réel toutes les 5 minutes. Afin de pouvoir étudier les réactions rapides de l'ionosphère face à l'éclipse, il a été décidé de réaliser une campagne de mesures sans précédents à une résolution d'une mesure par 30 secondes.

Ces observations à haute résolution ont fourni d'excellents résultats au niveau de la mesure de la fréquence ionosphérique critique foF2 et pour la hauteur du pic de densité ionosphérique (hmF2) durant l'éclipse. Les graphiques du haut (A) et (C) montrent les observations effectuées le jour de l'éclipse et les graphiques du bas (B) et (D) montrent les mêmes observations durant un jour « normal », celui qui a suivi l'éclipse. Dans le graphique (B), on peut observer l'évolution normale du pic de densité pendant le lever du soleil : sous l'influence croissante des radiations ionisantes, la densité des électrons augmente graduellement de sa valeur de nuit, pour atteindre sa valeur normale de jour. Dans le graphique (A), lors de l'éclipse qui débute à 08:27UTC et se termine à 10:47UTC, il apparaît clairement que la production d'ionisation est stoppée. Au moment de l'obstruction maximale, le pic de densité diminue et quasi au même instant il se produit une élévation soudaine de l'altitude du pic de densité (graphique (C)). Ce comportement est généralement observé au moment du coucher du soleil et cette éclipse



▲ La fréquence ionosphérique critique (gauche) et l'altitude du pic de densité ionosphérique (droite) de la densité en électrons mesurés à Dourbes par l'ionosonde digitale. Les graphes du dessus montrent les observations du 20 mars, jour de l'éclipse, tandis que les graphes du dessous montrent les mêmes paramètres mesurés le lendemain de l'éclipse et leur comportement typique pour cette période de l'année.

nous a fourni une opportunité unique de pouvoir étudier les conditions de non-équilibre qui ne se produisent normalement pendant les périodes transitoires du lever et du coucher du soleil.

Une observation intéressante qui a aussi été réalisée lors de l'éclipse, est par exemple, que la variation du pic de densité commence avant le début de l'éclipse, à l'endroit où est située l'ionosonde. Ceci démontre l'importance de la prise en compte des déplacements du plasma dans le comportement de l'ionosphère, en plus des paramètres locaux de remise en équilibre de l'ionisation.

MERCREDI 15 AVRIL | 15:00

UCCLE

23,5° 

 11 km/h  0%  1016,7 hPa

SÉCHERESSE

TÉLÉDÉTECTION PAR SATELLITE

Alirio Arboleda, Membre de l'équipe LSA-SAF de l'IRM, a organisé un cours dont le but était de permettre le renforcement des capacités d'utilisation des données et produits issus de la télédétection par satellite afin de mieux répondre aux besoins des producteurs agricoles en Afrique.



RÉUNION DU WGCEF

Le 29 et 30 octobre 2015, l'IRM a eu le plaisir d'accueillir les participants au congrès du WGCEF (Working Group on Co-operation Between European Forecasters). Cette organisation est composée de représentants des diverses institutions météorologiques nationales d'Europe et a été créée dans le but d'améliorer les prévisions opérationnelles lors de conditions atmosphériques particulières par le soutien des contacts et l'échange des avertissements. Ces météorologues tentent d'atteindre ce but par l'échange d'informations, de visites et de journées de formations. L'organisation de ce congrès annuel de deux jours à l'IRM, entre également dans cette perspective. Divers thèmes d'actualité au sujet de la météorologie opérationnelle ont été abordés lors de ce congrès.

M. Will Lang, collaborateur au UK Met Office et responsable de ce groupe de travail, a invité les membres à présenter les avancées et nouveautés les plus récentes utilisées au sein de leur institution météorologique. Cela va de la mise

Ce congrès a été conclu par une discussion libre avec comme thème central, le rôle de l'humain dans le processus de prévision et l'importance de la communication. Plus d'informations ainsi que les archives des newsletters et des présentations peuvent être consultées sur le site : WWW.EUROFORECASTER.ORG

en service de nouveau matériel, à des nouveautés dans la formation des météorologues, etc.

Le deuxième jour du congrès a été principalement consacré à des présentations des représentants des Instituts météorologiques nationaux, au sujet d'études de cas, comme l'important épisode de verglas de décembre 2014 en Hongrie, ou du développement de nouveaux produits, comme le Standardized Precipitation Index (SPI) de la Croatie, pour la prévision de la sécheresse. Un thème a cependant été abordé par plusieurs pays (entre autres les Pays-Bas et l'Autriche) : le passage d'un système d'avertissements basés sur des critères climatologiques vers un système d'avertissements plus orientés vers l'impact que va occasionner le phénomène atmosphérique, où les critères climatologiques aux frontières parfois arbitraires sont remplacés par des critères indicateurs de danger plus réalistes.

DÉVELOPPEMENT D'OBSERVATIONS DE LA FOUDRE À PARTIR DE L'ESPACE



A la demande d'EUMETSAT et dans le cadre du lancement de nouveaux satellites géostationnaires MTG en 2019, des membres de l'IRM ont mené une étude concernant l'observation de la foudre à partir de l'espace.

Un des instruments embarqués sur ces satellites sera le détecteur de foudre LI (Lightning Imager) qui observera les flashes lumineux optiques (777,4 nm) en provenance des décharges électriques dans les nuages d'orage en temps réel, sur toute l'Europe, l'Afrique et l'Océan Atlantique. Le développement d'un tel instrument est une première pour EUMETSAT qui ne peut se baser sur aucune autre expérience antérieure avec ce type d'instrument. Il est donc d'une importance capitale d'impliquer au préalable dans le projet, ses utilisateurs potentiels directs, les prévisionnistes et les scientifiques. Pour ce faire, une campagne d'information concernant les possibilités de l'instrument et des différents produits réalisables a été lancée en 2015 afin d'apporter de la visibilité au détecteur LI pour ces utilisateurs potentiels.

Durant cette campagne, des collaborateurs de l'IRM y ont été étroitement impliqués et un questionnaire a été envoyé à tous les instituts météorologiques européens afin de recueillir les réactions et les attentes des utilisateurs potentiels. De plus, lors de cette campagne, les prévisionnistes de l'IRM ont eu à leur disposition des données LI simulées pour les combiner à d'autres types d'observations, comme les images radar, par exemple.

Les résultats de cette étude ont été communiqués à EUMETSAT qui en tenant compte des réactions les utilisera pour le développement futur de produits basés sur les observations LI.

EUMETSAT est une organisation européenne, en charge de l'exploitation des satellites météorologiques qui recueillent des données météorologiques utilisées pour la surveillance du temps et du climat de la Terre depuis l'espace, 24h/24, 365 jour par an.

L'organisation existe depuis 1986 et compte plus de 30 Etats membres. Leur but est de fournir des données et images satellites aux Etats membres ainsi qu'à d'autres utilisateurs. Ces données sont utiles à ces derniers pour leur permettre de prévoir et de prévenir en cas de situation météorologique à risque. EUMETSAT gère et développe des satellites et des instruments à cette fin.

Vous voulez en savoir plus? Allez sur

<http://www.eumetsat.int>

UCCRN : LES VILLES ET LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

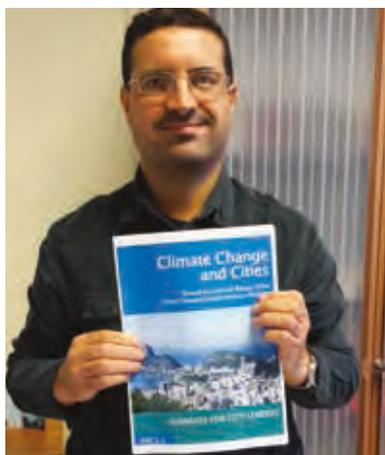


Le 4 décembre 2015, pendant la conférence sur le climat de Paris (la COP21), l'UCCRN (Urban Climate Change Research Network) a présenté lors du Sommet sur le Climat pour les Décideurs Locaux, le résumé du rapport ARC3.2 (Assessment Report on Climate Change and Cities), destiné aux décideurs publics et intitulé « Summary for City Leaders ».

<http://uccrn.org/arc3-2/>

L'UCCRN, fondé par Dr Cynthia Rosenzweig, est composé d'un réseau d'environ 500 chercheurs de haut niveau, situés dans des villes concernées par le changement climatique et ses implications au niveau urbain, à travers le monde. Dr Rafiq Hamdi, un collègue du département de recherches climatologiques et météorologiques de l'IRM, a été promu en 2013 en tant qu'auteur principal pour le chapitre du rapport ARC3.2 consacré à la science du climat urbain, où il met l'accent sur la Région de Bruxelles-Capitale et son interaction avec le changement climatique.

L'« Assessment Report on Climate Change and Cities » (ARC3), un rapport d'évaluation sur le changement de climat dans les villes, est un travail de coopération rédigé



▲ Notre collègue, Dr Rafiq Hamdi.



▲ Les participants au workshop.



par des auteurs de villes de pays « développés » comme de villes de pays « en voie de développement » du monde entier. Ce rapport, finalisé après de nombreuses années de travail acharné, propose des solutions de gestion de crise climatique ainsi que de l'expertise climatologique pour les villes et insiste sur l'implication des autorités quant aux aspects urbains les plus importants : la gestion de l'eau et des égouts, l'énergie, le transport, la santé publique ainsi que les problèmes systématiques de l'utilisation et de la gestion des terres.

Le résumé de l'ARC3.2 « Summary for City Leaders » propose une large synthèse des nouveaux aspects scientifiques quant au changement climatique dans les villes. Il présente les découvertes majeures et les messages clés au sujet de la « science climatique urbaine », « catastrophes et risques », « planning et développement urbain », « atténuation et adaptation », « égalité et justice environnementale », « économie, finances et le secteur privé », « écosystèmes urbains », « zone côtière urbaine », « la santé publique », « logement et constructions informelles », « énergie », « eau », « transport », « déchets » et « gouvernance ».

TRAINING WORKSHOP ON SATELLITE PRODUCTS FOR AGROMET

Depuis de nombreuses années, l'IRM fait de la recherche alliant développements de modèles numériques de surface

et exploitation des données des satellites météorologiques. Nous nous intéressons à une variable clé difficile à mesurer du cycle de l'eau : l'évapotranspiration. Un produit est développé dans le cadre du programme LSA-SAF d'EUMETSAT (<http://landsaf.meteo.pt/>) et exploite des données déduites du capteur SEVIRI à bord des satellites Meteosat de seconde génération. Il importe de faire connaître les nouveaux produits existants aux utilisateurs potentiels et de travailler en collaboration avec eux pour mieux connaître leurs besoins. Dans cette perspective, un membre de l'équipe LSA-SAF de l'IRM, Alirio Arboleda, a participé comme formateur à un cours sur l'utilisation de produits satellitaires relatifs aux applications agrométéorologiques.

Le cours a été organisé conjointement par l'OMM et EUMETSAT, avec la participation de la Food and Agriculture Organization (FAO) et la Commission Européenne – Joint Research Center et le soutien de l'Agence météorologique éthiopienne. Il a eu lieu du 23 au 27 mars 2015 à Addis Abéba, en Ethiopie et son objectif principal était de permettre le renforcement des capacités d'utilisation des données et produits issus de la télédétection par satellite afin de mieux répondre aux besoins des producteurs agricoles en Afrique.

Environ 50 experts de différents pays d'Afrique de l'Est (Ethiopie, Gambie, Nigeria, Ouganda, Kenya, Tanzanie, Rwanda, Burundi, Soudan du Sud, le Malawi, la Zambie et le Zimbabwe) ont participé à cette formation.

DIMANCHE 29 MARS | 16.00

ZEEBRUGGE

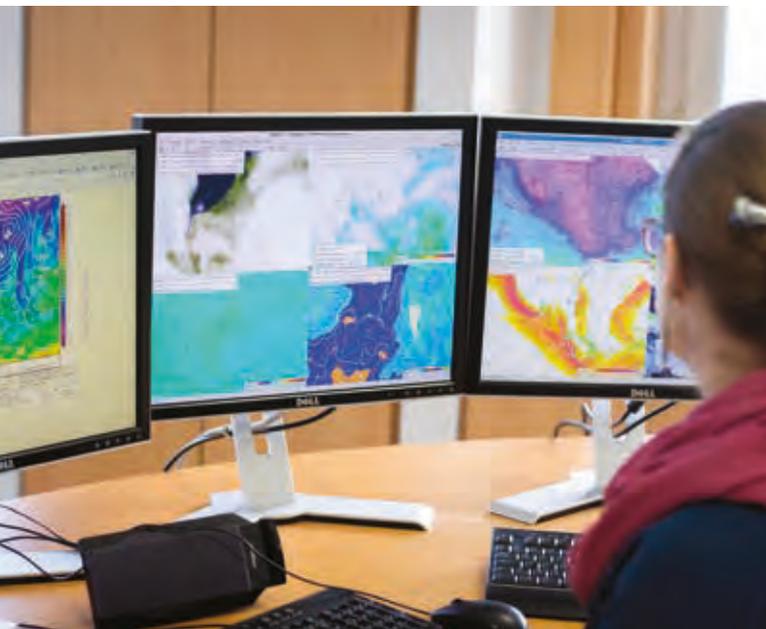
88%

10,8°C 100 km/h 992,7 hPa

PIERRE GALLET

Un prévisionniste de l'IRM a été invité à Paris pour suivre le travail des prévisionnistes de MétéoFrance.

« Cette expérience m'a permis de me rendre compte des besoins des présentateurs de la RTBF lors des contacts qu'ils ont avec nous. »



L'IRM organise des portes ouvertes tous les deux ans, mais certains groupes d'intéressés peuvent visiter nos installations pendant la semaine de travail. Ainsi, en 2015, l'IRM a attiré une attention aussi bien publique que politique.

EN VISITE À L'IRM...

20 MAI 2015 :
MADAME ELKE SLEURS, SECRÉTAIRE D'ÉTAT
À LA POLITIQUE SCIENTIFIQUE

La Secrétaire d'État Elke Sleurs motivée par l'envie de mieux connaître le personnel et les activités de l'IRM, nous a rendu visite le 20 mai 2015.

Madame Sleurs a été accueillie par de Dr Jean Rasson qui remplaçait le Directeur Général a.i. en visite scientifique à l'étranger à cette date. Après une présentation sur le fonctionnement de l'IRM et l'interaction entre les différents services, il a souligné l'importance du service rendu au public par l'IRM ainsi que son rôle dans l'aide à la prévention des risques pour les personnes et les biens en cas de situation météorologique dangereuse, comme les orages, les tempêtes, la grêle... La visite s'est alors poursuivie vers



nos installations techniques, avec une attention particulière concernant le laboratoire de détection de la foudre et le service en charge des radars météorologiques. Pour terminer, la Secrétaire d'État a pu témoigner de la modernité de l'IRM par une démonstration de l'utilisation de notre nouvelle application mobile.



15 JUIN 2015 : OLIVIER CHASTEL, PRÉSIDENT DU MR

Le lundi 15 juin, le Pôle Espace a eu la visite d'une autre figure politique en la personne d'Olivier Chastel, président du parti Mouvement Réformateur (MR).

Après leur arrivée vers 14h00, Olivier Chastel et quelques membres de son cabinet se sont rendus au Bureau du Temps, coeur des activités de l'IRM. Des scientifiques de l'IRM y ont présenté « une journée type d'un prévisionniste », en partant de l'observation jusqu'au modèle numérique, en insistant également sur le savoir-faire des prévisionnistes quant aux avertissements publics en cas de situation météorologique à risque. Nous ne pouvons également pas oublier une présentation de l'application mobile de l'IRM dans ce contexte.

Olivier Chastel a clairement montré son intérêt par des questions pertinentes qui ont contribué à largement dépasser le timing prévu pour sa visite. Une visite de l'Institut d'Aéronomie Spatiale ainsi que de l'Observatoire Royal étaient également à l'ordre du jour. Les directeurs et scientifiques de ces instituts ont donc également pu présenter leurs projets et activités.

La visite du Pôle Espace s'est conclue par une discussion ouverte avec les directions de chaque institution.



13 NOVEMBRE 2015 : LA COMMUNAUTÉ GERMANOPHONE

L'IRM a reçu également une demande de visite un peu plus inattendue. ESERO, le projet éducatif de l'ESA (l'Agence Spatiale Européenne) qui a pour objectif de sensibiliser les plus jeunes aux sciences et à la technologie en particulier dans le domaine de l'aérospatial en soutenant les enseignants, avait demandé en début d'année s'il était possible d'organiser une visite guidée en langue allemande. Après renseignement pris auprès des collègues, il s'avéra qu'il y avait suffisamment de possibilités et de disponibilités pour répondre de manière positive à cette demande.

Une bonne préparation et une collaboration étroite avec les deux autres Instituts du Plateau, l'ORB et l'IASB, nous a permis de proposer une journée bien remplie à deux écoles primaires germanophones de Rearen et d'Amel/Amblève, ainsi qu'à une délégation du Ministère de l'Enseignement germanophone. La visite d'un groupe aussi important - 99 enfants, 5 professeurs accompagnants, 4 délégués du Ministère de l'Enseignement germanophone plus la Chef de cabinet Mme Breuer et 4 collaborateurs de la Haute Ecole germanophone d'Eupen - n'est pas passée inaperçue. En l'absence des Directeurs, le groupe a été accueilli par M. Attilio Rivoldini de l'ORB, avant d'être réparti en plusieurs plus petits groupes pour participer à diverses activités organisées par les trois Instituts. Au programme, il y avait entre autres, une visite du télescope et du Solar Trip de l'ORB, un groupe de travail scolaire et une visite de la Planeterella à l'IASB, ainsi qu'une visite du parc climatologique et du Bureau du Temps de l'IRM. Malgré les activités intéressantes et l'implication de tout le personnel, le lancement du ballon-sonde reste toujours le moment favori des visiteurs. La pause de midi a même été décalée pour pouvoir assister à cette activité, car le lancement des ballons-sondes se fait à 12h30 précises en hiver.

Finalement, le groupe, fatigué mais heureux, repris le car vers 15h00 pour son long voyage de retour de 2 heures vers l'extrême Est de notre pays.



23 AVRIL 2015 :

ASGARD

Chaque année, au mois d'avril, l'IRM reçoit la visite du projet éducatif ASGARD. Ce projet est soutenu par le Collège Saint-Pierre de Jette, l'ESERO, le bureau de promotion éducative de l'ESA et le STCE (Solar-Terrestrial Centre of Excellence). Il s'agit d'un concours où des expériences développées par les élèves sont envoyées dans les hautes couches de l'atmosphère par un ballon-sonde de l'IRM. Dix équipes d'élèves et leur enseignant issus d'écoles secondaires de Belgique et de l'étranger, ainsi que des élèves de dernière année primaire peuvent y participer.

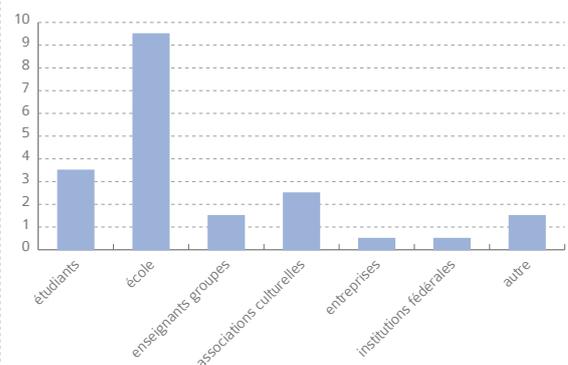
Cette année, la cinquième édition de ce concours était programmée pour le 23 avril. Le groupe de participants a été accueilli vers 9h30 au nom de la Direction. En attendant le lancement du ballon, dans la matinée, les groupes ont pu vérifier leur expérience pour une dernière fois. En dehors du moment du lancement du ballon, les groupes ont pu participer à des activités organisées par les trois Instituts : un atelier « Light & Color » à l'IASB, un atelier « Solar Physics » par l'ORB ainsi qu'une visite du parc climatologique et du Bureau du Temps de l'IRM. Le point culminant de la journée fut évidemment le lancement du ballon-sonde à 12h30. Les expériences furent fixées au ballon et, après le lancement, il a fallu attendre l'éclatement de ce dernier afin qu'il puisse être récupéré. Enfin, dans l'après-midi, Dirk Frimout a donné une présentation et a répondu aux questions des participants.

Entretemps, l'appel pour la sixième édition du Concours ASGARD a été lancé et les candidats ont déjà été sélectionnés.

DIVERSES VISITES DU PUBLIC

En plus de ces grands événements et de l'intérêt porté par le milieu politique, l'IRM a reçu de nombreuses demandes de visites de particuliers, d'organisations culturelles, firmes, écoles... 23 autres visites ont pu être organisées pendant les périodes entre janvier et fin mai, et d'octobre à la mi-décembre. Le programme inclus généralement une visite du parc climatologique et du Bureau du Temps, mais peut également être couplé au lancement du ballon-sonde ou à un exposé sur un sujet spécifique. Les écoles du primaire sont surtout intéressées par une visite de l'IRM, étant donné que « la météo et le climat » font partie de leur programme

Visites IRM 2015





d'étude. En secondaire, les visites se font plus en fonction de l'orientation choisie. Quatre étudiants flamands de 6^{ème} secondaire ont choisi les « observations et instruments météorologiques » comme sujet de leur Epreuve Intégrée, et sont venus sur place pour « éclairer leur lanterne ». Bien entendu, quelle que soit la motivation de la visite, chaque groupe est le bienvenu, dans la mesure du possible et aussi longtemps que cela ne perturbe pas le fonctionnement opérationnel de l'Institut.

JOURNÉES PORTES OUVERTES AU RADAR DE JABBEKE

Les 11 et 12 septembre, la police de la circulation de la zone de Jabbeke organisait son « Zwaantjesdag » (journée pour les motards de la police) et, étant donné que le radar de l'IRM de Jabbeke se trouve juste à côté du poste de police, ce fut une opportunité d'organiser des portes ouvertes conjointes.

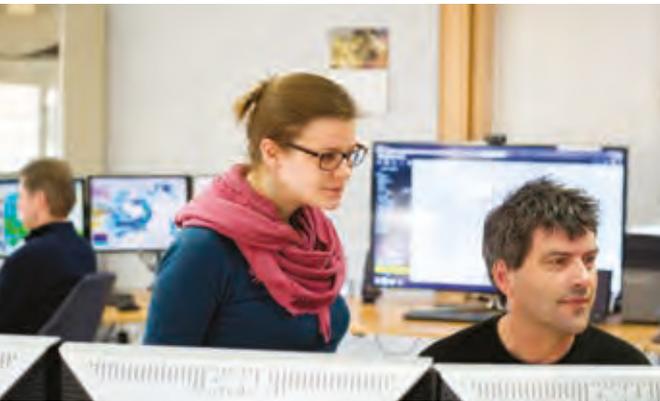
Le vendredi 11 septembre était réservé aux visites des écoles des environs. Le lendemain, le grand public - aussi bien des curieux, des météo-amateurs que des professionnels de la météo - ont pu visiter la tour du radar. Approximativement 800 personnes ont pris la peine d'escalader les 230 marches de la tour. Au sommet, une explication sur le fonctionnement du radar les attendait concernant notamment l'enregistrement des données et les finalités d'utilisation et d'exploitation de ces dernières. L'effort des participants était également récompensé par la vue panoramique à couper le souffle à partir de la terrasse.

Fiche technique du radar de Jabbeke :

Construction : septembre 2012
 Hauteur : 46 m
 Diamètre de la tour : 3,70 m
 Diamètre du radôme (coupole blanche) : 6,50 m
 Diamètre de l'antenne : 4,20 m
 Portée : 80 à 100 km
 Paramètres : quantité et type de précipitations
 Technique utilisée : double polarisation

LE BUREAU DU TEMPS FAIT BIEN PLUS QUE LES PRÉVISIONS...

Réaliser les prévisions du temps et, lorsque cela s'avère nécessaire, émettre des avertissements, sont les tâches principales du Bureau du Temps de l'IRM. Pour atteindre leurs objectifs, les prévisionnistes sont soutenus par d'autres Services Scientifiques qui leur fournissent de nouvelles connaissances et outils. Afin de pouvoir rester à la pointe du monde météorologique, ils ont besoin d'une formation permanente et d'échanges de connaissances et d'expériences avec d'autres météorologues au niveau national et international. En 2015, plusieurs échanges de ce type ont pu avoir lieu.



LE 31 MARS 2015 :

UNE JOURNÉE À MÉTÉOFRANCE

Dans le cadre de la coopération entre l'IRM et MétéoFrance concernant les prévisions pour la RTBF, un prévisionniste de l'IRM a été invité à Paris pour suivre le travail des prévisionnistes de MétéoFrance.

Les prévisionnistes avaient prévu l'enregistrement vidéo du bulletin quotidien destiné au site de MétéoFrance. Ce bulletin consiste en la rédaction d'un texte, l'utilisation d'un programme graphique générant des cartes de prévisions sous forme de symboles, puis finalement une présentation dans un studio d'enregistrement. Cette expérience sous forme de défi lui a permis de se rendre compte des besoins des présentateurs de la RTBF lors des contacts qu'ils ont avec l'IRM. Cette vidéo peut être consultée sur le lien.

<https://www.youtube.com/watch?v=SubOWbSnxWw>

Une autre partie de sa journée lui a permis de se rendre compte de la manière dont travaille l'équipe Unité Médias. Cette unité est composée de quatre prévisionnistes.

Deux prévisionnistes travaillent à la réalisation de bulletins et de cartes pour TF1, A2... Ils sont également responsables des briefings aux présentateurs. De plus, en cas de phénomènes particuliers (chutes de neige en montagne, épisode cévenol, vents forts, vagues de submersion,...), ils collectent des informations puis rédigent des communiqués destinés aux présentateurs. Ces prévisionnistes répondent également aux sollicitations de la presse écrite et télévisuelle.

Chaque jour, une conférence a encore lieu entre Toulouse

(le centre national de prévisions), les différents centres régionaux et l'Unité Médias.

Un prévisionniste effectue des prévisions générales pour le monde, destinées plus particulièrement à TV5. Un briefing a également lieu avec la présentatrice. Des prévisions plus détaillées sont également effectuées à destination des territoires français outremer (Caraïbes, Polynésie, Nouvelle Calédonie, Guyane, La Réunion, Saint-Pierre-et-Miquelon,...).

Un prévisionniste est détaché à la prévision destinée à la RTBF. Ce prévisionniste s'occupe de la rédaction de textes de prévisions pour la Belgique, de cartes et de plusieurs tableaux. Ce prévisionniste réalise également l'enregistrement vidéo du bulletin quotidien destiné au site de MétéoFrance.

<http://www.meteofrance.com/video>

LE 20 OCTOBRE 2015 :

WORKSHOP DANS LE CADRE DE COCOMET

Le séminaire bisannuel entre les prévisionnistes de Belgocontrol, du Wing et de l'IRM s'est tenu le 20 octobre au Training Center de Belgocontrol. Ce meeting constitue une occasion d'échanger l'expertise en matière de prévisions météorologiques opérationnelles, entre les trois organismes qui ont en charge la prévision météorologique dans leurs domaines respectifs, mais qui sont confrontés à certaines problématiques communes.

L'édition de cette année était consacrée aux conditions de mauvaises visibilité et aux nuages bas.

La prévision de ces derniers reste particulièrement complexe; le brouillard peut pourtant avoir de lourdes conséquences sur le transport aérien, terrestre et maritime. Les



processus physiques intervenant dans la formation ou la dissipation du brouillard et des nuages bas (stratus), ainsi que dans la transition entre ces deux phénomènes, sont multiples et parfois concurrents ; une faible variation de l'un de ceux-ci peut être déterminante. Ils ne peuvent être appréhendés que par des mesures et des modélisations numériques représentant rigoureusement et précisément les mécanismes inhérents à la couche limite atmosphérique (couche de l'atmosphère directement influencée par les caractéristiques de la surface) en prenant correctement en compte des facteurs locaux.

Ce séminaire a donc permis de faire l'état des lieux sur les méthodes ou approches actuelles de mesures et de prévisions de la visibilité, ainsi que sur les perspectives offertes par les nouvelles techniques et méthodologies expérimentales sur le sujet.

LE 23/26/27 OCTOBRE 2015 : ÉCHANGES ENTRE MÉTÉOROLOGISTES NATIONAUX

Un échange entre les trois services météorologiques, à savoir l'IRM à Uccle, Belgocontrol à Steenokkerzeel, et le Wing Météo à Beauvechain, a été organisé les 23, 26 et 27 octobre 2015 dans le but de favoriser et, surtout de renforcer les synergies entre ces trois instituts dont les missions ne sont pas tout à fait identiques.

En effet, l'IRM, comme nous le savons, a pour mission primordiale d'**assurer la sécurité des personnes et des biens en cas de phénomène atmosphérique potentiellement dangereux, et la collaboration avec le Centre**

de Crise en cas d'incidents chimiques, nucléaires,...

Le service météorologique de Belgocontrol a pour mission principale de **fournir des informations météorologiques pour l'aviation**. Ils fournissent également comme l'IRM, des observations, des prévisions ainsi que des avertissements météorologiques en cas de phénomènes dangereux essentiellement destinés à l'aviation. Le Météo Wing est une unité de soutien opérationnel faisant partie de la Composante Air de l'armée belge. La mission principale du Météo Wing est **l'appui aux exercices et aux opérations de la Défense aussi bien en Belgique qu'à l'étranger**. Il s'occupe aussi de **l'état des routes en cas de situations hivernales** en relation avec les services de déneigement ou d'épandage régionaux. Il émet également des messages d'alerte pour des phénomènes potentiellement dangereux tels que des fortes précipitations, des vents forts et le risque d'incendie.

Les objectifs de ces échanges étaient aussi de renforcer les liens dans le cadre des accords de coopération entre les trois services météorologiques belges et cela de manière concrète. Cela a permis aussi d'échanger de manière interactive sur les bonnes pratiques et les techniques appliquées dans chaque service. Corentin Fourneau, prévisionniste au bureau du temps, a eu l'opportunité de prendre part à cet échange. Il ajoute aussi que des discussions sur nos expériences et nos idées pour améliorer certains aspects de notre travail et aussi nos collaborations furent discutés. De plus, ce fut très enrichissant d'en apprendre plus sur la manière dont les prévisionnistes météo de chaque instituts travaillent et avec quel(s) outil(s).



IRM : ACTEUR POUR L'ENVIRONNEMENT

Outre la réalisation des prévisions du temps, l'IRM suit l'évolution du climat avec grande attention. A notre époque, chacun à son niveau se doit de diminuer au maximum son empreinte environnementale. L'Institut a vite réalisé qu'il pouvait être un acteur de son propre impact.



DU LABEL « ENTREPRISE ÉCO-DYNAMIQUE » À UN SYSTÈME DE MANAGEMENT ENVIRONNEMENTAL

C'est ainsi qu'en tant que première étape d'une vision à long terme, le Directeur Général a.i. de l'IRM a signé le 14 décembre 2011 la charte du label « **Entreprise éco-dynamique** » de Bruxelles-Environnement. S'en sont suivis deux ans de travail d'analyse et d'actions pour finaliser le dossier de candidature qui a mené à l'obtention en février 2014 de la première étoile du Label.

Cette reconnaissance a constitué un formidable tremplin pour aller plus loin et institutionnaliser la gestion



environnementale dans le fonctionnement quotidien de l'Institut. Poursuivant sur sa lancée, l'équipe environnementale de l'IRM s'est attelée à la mise en place d'un système de **management environnemental** répondant aux exigences du Règlement Européen **EMAS** (1221/2009). Ce système est plus qu'un engagement ponctuel, il s'agit de la mise en place d'un mode de fonctionnement qui intègre la composante « environnement » dans toutes les décisions. L'objectif est d'améliorer en continu les performances environnementales de l'Institut.



PROCÉDURE À SUIVRE

Afin de mettre en place un système de management environnemental selon la réglementation EMAS, il faut suivre une procédure stricte. Premièrement, il a fallu créer une fiche pour chaque élément de travail qui exerce une influence sur l'environnement : les déchets, l'énergie, les achats... pour lesquels nous avons créé un système de suivi. L'étape suivante a consisté à informer et à motiver les membres du personnel. Ensuite, un audit interne ainsi qu'une vérification externe ont permis d'évaluer le système mis en place par l'IRM. S'en sont suivies quelques modifications, comme le stockage de produits chimiques, qui ne répondait pas aux dispositions légales. Nous avons reçu deux mois supplémentaires afin de trouver des solutions, avant une nouvelle vérification externe en août 2015 par une troisième partie. Cette fois-ci, l'IRM répondait à toutes les exigences et notre Déclaration de Participation officielle ainsi que notre Déclaration environnementale ont pu être validées.



POLITIQUE ENVIRONNEMENTALE

Concrètement, l'engagement est consigné dans la politique environnementale et couvre la maîtrise des impacts environnementaux tant directs que indirects. Après une vérification par un organisme tiers agréé fin août 2015, l'Institut est aujourd'hui fier de publier **son premier rapport environnemental**, qui sera disponible au public dans le courant du mois d'octobre. Il présente les résultats de l'analyse des impacts environnementaux, les indicateurs qui seront suivis ainsi que les objectifs environnementaux et certaines actions déjà menées. Ce rapport constitue donc la feuille de route environnementale de l'IRM pour les années à venir et il sera actualisé tous les ans.

ACTEUR ET NON PLUS SPECTATEUR

Le coordinateur environnemental et un **Ecoteam** motivés s'assureront quotidiennement du bon fonctionnement du système. Ces deux acteurs forment le cœur de la démarche à laquelle il est indispensable que l'ensemble du personnel de l'IRM adhère et participe.

L'IRM s'engage résolument à devenir un **acteur** sur son empreinte environnementale et non plus un spectateur !

MERCREDI 16 SEPTEMBRE | 18:00

BUZENOL



115 km/h



14,8°C



95%

993,7 hPa

TEMPÊTE ET INONDATIONS

Au 31 décembre 2015,

› Personnel : **192** personnes
› Équivalents temps plein : **183,01** personnes

EN CONCLUSION, C'EST LE NIVEAU LE PLUS BAS DE MEMBRES DU PERSONNEL ET D'ÉQUIVALENTS TEMPS PLEIN DE CES DERNIÈRES ANNÉES.



COMPOSITION DU CONSEIL SCIENTIFIQUE, DE LA COMMISSION DE GESTION, DU JURY ET DU CONSEIL DE DIRECTION DE L'IRM

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 a.i. 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:*

M. 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 Maeyer

Prof. Dr H. Goosse

9° La structure de l'IRM



Dr S. Dewitte

Service scientifique:
Observations

Service: Instrumentation
météorologique

Service: Télédétection
à partir du sol

Service: Télédétection
depuis l'espace



Dr D. Gellens

Service scientifique:
Traitement de l'information
et support informatique

Service: Informatique,
infra-structure et
télécommunication

Service: System administrators

Service: Produits et banque
de données



Dr C. Tricot

Service scientifique:
Renseignements climatolo-
giques et météorologiques

Service: Expertise
en météorologie et en
climatologie

Service: Climatologie

Service: Users' Interface

ORGANIGRAMME



Dr D. Gellens
Directeur général a.i.

Services
du Directeur général



Dr F. Debal

Service scientifique:
Prévisions
météorologiques

Service: Prévisions du temps

Service: OMS
(Prov. Flandre occidentale)



Dr P. Termonia

Service scientifique:
Recherche météorologique
et climatologiques

Service: Modélisation

Service: Météorologie
et climatologie dynamique

Service: Études d'impact



Dr J. Rasson

Service scientifique:
L'IRM de Dourbes
(Prov. De Namur)

Service: Observations à
Dourbes

Service: Laboratoire de
paléomagnétisme

Service: Laboratoire
d'instrumentation

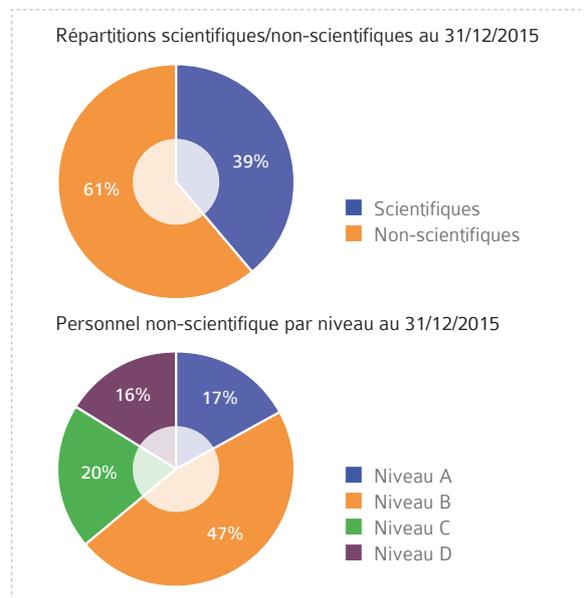
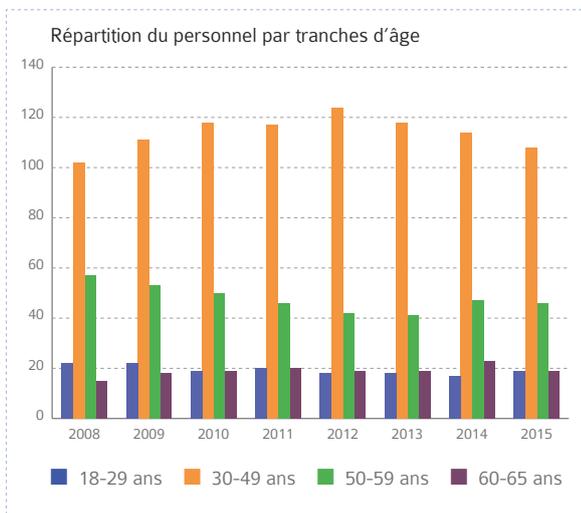
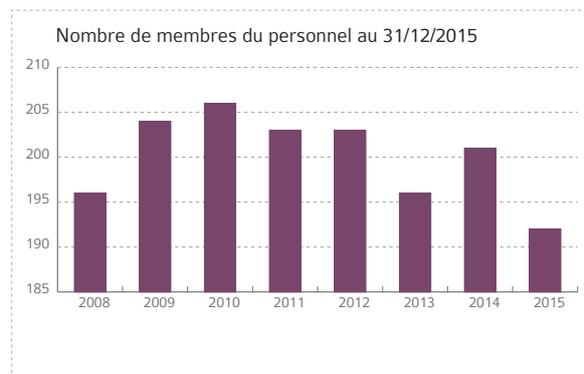
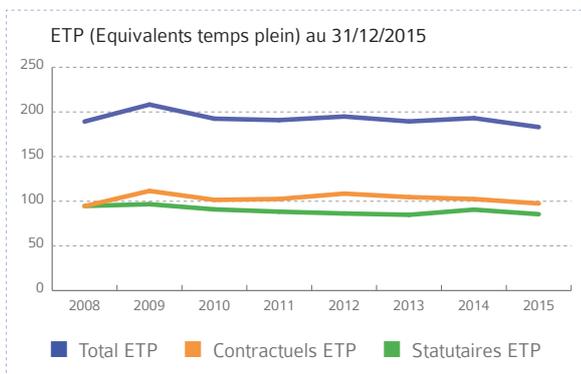
Service: Ionosphère et
modélisation

Service: L'IRM à Dourbes,
situé à Uccle



LE PERSONNEL EN 2015

De par les mesures d'austérité suivies par le gouvernement, une tendance clairement à la baisse est observable. Au 31 décembre 2015, nous comptons le nombre le plus bas de membres du personnel (192 personnes), aussi bien que le nombre le plus bas d'équivalents temps plein (183,01) de ces 8 dernières années, comme on peut le constater sur les graphiques ci-dessous.



Un changement d'importance pour le personnel s'est produit en 2015 : l'ancien système de pointage a été remplacé par un nouveau dénommé « Primetime ». Concrètement, cela signifie que le pointage du personnel se passe à présent à l'entrée et à la sortie du site, et non plus à l'intérieur des bâtiments. D'une part, Primetime est plus facile à utiliser et, d'autre part, des fonctionnalités supplémentaires sont disponibles comme les demandes de télétravail, une vue d'ensemble des équipes, le nombre de jours de travail... Un tel changement ne se fait pas en un jour et surtout pas sans encombre, mais une fois les maladies de jeunesse du programme corrigées et la période d'adaptation du personnel révolue, ce système est maintenant passé dans les habitudes.



JEUDI

13 AOÛT | 23:00

BILZEN

22° 

 68 km/h

 98%

 1009,2 hPa

ORAGE



PUBLICATIONS DANS DES REVUES INTERNATIONALES AVEC COMITÉ DE LECTURE

Barth, A., Canter, M., Van Schaebroeck, B., Vannitsem, S., Massonnet, F., Zunz, V., Mathiot, P., Alvera-Azcárate, A., Beckers, J.-M.: Assimilation of sea surface temperature, sea ice concentration and sea ice drift in a model of the Southern Ocean. *Ocean Modelling* 93, 22-39, 2015.

Bertrand, C., Gonzalez Sotelino, L., Journée, M.: Quality-control of 10-min soil temperatures data at RMI. *Advances in Science and Research*, 12, 23-30, 2015.

Bertrand, C., Vanderveken, G., Journée, M.: Evaluation of decomposition models of various complexity to estimate the direct solar irradiance over Belgium. *Renewable Energy*, 74, 618-626, 2015.

Caluwaerts, S., Degrauwe, D., Termonia, P., Voitus, F., Benard, P., Geleyn, J.-F.: Importance of temporal symmetry in spatial discretization for geostrophic adjustment in semi-implicit Zgrid schemes. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 141 12813, 2015.

Chan, E., Chan, D., Ishizawa, M., Vogel, F., Brioude, J., Delcloo, A., Wu, Y., Jin, B.: Investigation of error sources in regional inverse estimates of greenhouse gas emissions in Canada. *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 15, 22715-22779, 2015.

Da Silva, A.C., Whalen, M.T., Hladil, J., Chadimova, L., Chen, D., Spassov, S., Boulvain, F., Devleeschouwer, X.: Magnetic susceptibility application: a window onto ancient environments and climatic variations: foreword. Da Silva, A.C., Whalen, M.T., Hladil, J., Chadimova, L., Chen, D., Spassov, S., Boulvain, F. & Devleeschouwer, X. (eds): *Magnetic Susceptibility Application: A Window onto Ancient Environments and Climatic Variations*. Geological Society, London, Special Publications, 414, 1-13, 2015.

De Meutter P., Gerard, L., Smet, G., Hamid, K., Hamdi, R., Degrauwe, D., Termonia, P.: Predicting small-scale, short-lived downbursts: case study with the NWP limited-area ALARO model for the Pukkelpop thunderstorm. *Mon. Wea. Rev.*, 143, 742-756, 2015.

Delvaux, C., Journée, M., Bertrand, C.: The FORBIO climate data set for climate analyses. *Advances in Science and Research*, 12, 103-109, 2015.

Devleeschouwer, X., Riquier, L., Babek, O., Petitclerc, E., Sterckx, S., Spassov, S.: Magnetization carriers of red deep-water limestones in the GSSP for the Givetian-Frasnian boundary (Puech de la Suque, France): a diagenetic overprinting signal. Da Silva, A.C., Whalen, M.T., Hladil, J., Chadimova, L., Chen, D., Spassov, S., Boulvain, F., Devleeschouwer, X. (eds): *Magnetic Susceptibility Application: A Window onto Ancient Environments and Climatic Variations*. Geological Society, London, Special Publications, 414, 157-180, 2015.

Duerinckx, A., Hamdi, R., Mahfouf, J.-F., Termonia, P.: Study of the Jacobian of an extended Kalman filter for soil analysis in SURFEXv5. *Geosci. Model Dev.*, 8, 845-863, 2015.

Ech-chakrouni, S., Hus, J., Marshal, J.-P.: Comparison of archaeomagnetic and ¹⁴C datings of ovens in a cremation necropolis of funerary urns in Belgium. *Studia Geophysica et Geodaetica*, 59, No.4, 578-593, 2015.

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 Discussions*, 12, 6831-6879, 2015.

Gerard, L.: Bulk mass-flux perturbation formulation for a unified approach of deep convection at high resolution. *Mon. Wea. Rev.*, 143, 4038-4063, 2015.

Gerard, L.: Model resolution issues and new approaches in the convection-permitting regimes. R. S. Plant and J.-I. Yano, editors, *Parameterization of Atmospheric Convection. Volume 2: Current issues and new theories*. 19, 113-134, 2015.

Gorodetskaya, I.V., Kneifel, S., Maahn, M., Van Tricht, K., Thiery, W., Schween, J.H., Mangold, A., Crewell, S., Van Lipzig, N.P.M.: Cloud and precipitation properties from ground-based remote-sensing instruments in East Antarctica, *The Cryosphere*, 9, 285-304, 2015.
Hamdi, R., Giot O., De Troch, R., Deckmyn, A., Termonia P.: Future climate of Brussels and Paris for the 2050s under the A1B scenario. *Urban Climate* 04, 12,160-182, 2015.

Harris, N. R. P., Hassler, B., Tummon, F., Bodeker, G. E., Hubert, D., Petropavlovskikh, I., Steinbrecht, W., Anderson, J., Bhartia, P. K., Boone, C. D., Bourassa, A., Davis, S. M., Degenstein, D., Delcloo, A., Frith, S. M., Froidevaux, L., Godin-Beekmann, S., Jones, N., Kurylo, M. J., Kyrölä, E., Laine, M., Leblanc, S. T., Lambert, J.-C., Liley, B., Mahieu, E., Maycock, A., de Mazière, M., Parrish, A., Querel, R., Rosenlof, K. H., Roth, C., Sioris, C., Staehelin, J., Stolarski, R. S., Stübi, R., Tamminen, J., Vigouroux, C., Walker, K., Wang, H. J., Wild, J., and Zawodny, J. M.: Past changes in the vertical distribution of ozone – Part 3: Analysis and interpretation of trends. *Atmos. Chem. Phys.*, 15, 9965-9982, 2015.

Journée, M., Delvaux, C., Bertrand, C.: Precipitation climate maps of Belgium. *Advances in Science and Research*, 12, 73-78, 2015.

Königshof, P., Da Silva, A.C., Suttner, T.J., Kido, E., Waters, J., Carmichael, S.K., Jansen, U., Pas, D., Spassov, S.: Shallow water facies setting around the Kačák Event – a multidisciplinary approach. Geological Society, London, Special Publications, 423, 2015.

Kotov, D.V., Truhlik, V., Richards, P.G., Stankov, S., Bogomaz, O.V., Chernogor, L.F., Domin, I.F.: Night-time light ion transition height behaviour over the Kharkiv (50°N, 36°E) IS radar during the equinoxes of 2006–2010. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 132, No.9, 1-12, 2015.

Nicolis, C., Nicolis, G.: Dynamical systems approach to extreme events, in *Extreme events: Observations, Modeling and Economics*. M. Chavez, M. Ghil and J. Urrutia-Fucugauchi Eds, AGU, 2015.

Nicolis, C., Nicolis, G.: Extreme events and dynamical complexity. *Chaos Solitons and Fractals* 74, 46-54, 2015.

Nicolis, C., Nicolis, G.: The fluctuation-dissipation theorem revisited: beyond the Gaussian approximation. *J. Atmos. Sci.*, 72, 2642-2656, 2015.

Nicolis, C.: Stochastic resonance and information processing. *Chaos, Information Processing and Paradoxical games*, World Scientific, Singapore, 2015.

Roulin, E., Vannitsem, S.: Post-processing of medium-range probabilistic hydrological forecasting: Impact of the presence of forcing, initial condition and model errors. *Hydrol. Process.* 29, 1434-1449, 2015.

Sardar Abadi, M., Da Silva, A.C., Mosaddegh, H., Spassov, S., Boulvain, F.: Lower Carboniferous ramp sedimentation of the Central Alborz Basin, North Iran: integrated sedimentological and rock-magnetic studies. Da Silva, A.C., Whalen, M.T., Hladil, J., Chadimova, L., Chen, D., Spassov, S., Boulvain, F., Devleeschouwer, X. (eds): *Magnetic Susceptibility Application: A Window onto Ancient Environments and Climatic Variations*. Geological Society, London, Special Publications, 414, 73-91, 2015.

Van de Vyver, H.: Bayesian estimation of rainfall intensity-duration-frequency relationships. *J. Hydrol.* 529, 1451-1463, 2015.

Van de Vyver, H.: On the estimation of continuous 24-h precipitation maxima. *Stoch. Environ. Res. Risk. Assess.* 29, 653-663, 2015.
Vanneste, E., Weyens, P., Poelman, D.R., Chiers, K., Deprez P., Pardon, B.: Lightning related fatalities in livestock: Veterinary expertise and the added value of lightning location data. *The Veterinary Journal*, 203, 1, 103-108, 2015.

Vannitsem, S., Demaeyer, J., De Cruz, L., Ghil, M.: Low-frequency variability and heat transport in a low-order nonlinear coupled ocean-atmosphere model. *Physica D*, 309, 71-85, 2015.

Vannitsem, S.: The role of the ocean mixed layer on the development of the North Atlantic Oscillation: A dynamical system's perspective. *Geophys. Res. Lett.*, 42, 2015.

Verhulst, T., Stankov, S.M.: Ionospheric specification with analytical profilers: Evidences of non-Chapman electron density distribution in the upper ionosphere. *Advances in Space Research*, 55, No.8, 2058-2069, 2015.

Wohlfahrt, G., Amelynck, C., Ammann, C., Arneith, A., Bamberger, I., Goldstein, A. H., Gu, L., Guenther, A., Hansel, A., Heinesch, B., Holst, T., Hörtnagl, L., Karl, T., Laffineur, Q., Neftel, A., McKinney, K., Munger, J. W., Pallardy, S.G., Schade, G. W., Seco, R., Schoon N.: An ecosystem-scale perspective of the net land methanol flux: synthesis of micrometeorological flux measurements. *Atmos. Chem. Phys.*, 15, 7413-7427, 2015.

PUBLICATIONS DANS DES REVUES NATIONALES AVEC COMITÉ DE LECTURE

De Gryse, J., Bonquet, T., Allemon, J., Ech-chakrouni, S., Hus, J.: Vestingmuren en baksteenovens langs de Westkaai te Ieper (WVL). *Archaeologia Mediaevalis*, 38. *Chronique Gent*, 96-99, 2015.

Debonne, V., Bailiff, I., Blain, S., Ech-chakrouni, S., Hus, J., Van Strydonck, M., Haneca, K.: Wase baksteen gedateerd. Natuurwetenschappelijk dateringsonderzoek in de Sint-Andreas- en Sint- Gislenskerk in Belsele (Sint – Niklaas). *Archeologie, Monumenten & Landschapsonderzoek in Vlaanderen*. *Heritage Research in Flanders, Relicta*, 12, 181-218, 2015.

Demarée, G., Bultot, F.O.: *Belgische Overzeese Biografie*, Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen, Commissie voor de Belgische Overzeese Biografie, Boekdeel IX, 34-38, 2015.

Demarée, G.: Een groote, gruwelyke en afgrysselyke ardbeving in 1580 in West-Europa. *Biekorf*, 115^{de} jaar, 4, 471-481, 2015.
Ech-chakrouni, S., Hus, J., Hardy, C., Delaunois, É.: Andenne/Andenne: Datation archéomagnétique de deux fours de production de la céramique d'Andenne. *Chronique de l'Archéologie Wallonne*, 23, 274-276, 2015.

Hus, J., Ech-chakrouni, S., Van Liefveringe, N.: Archeomagnetische datering van een baksteenoven in Asse (VBR). *Archaeologia Mediaevalis* 38, *Chronique Gent*, 129-133, 2015.

Van der Perre, R., Bythell, S., Bogaert, P., Claessens, H., Ridremont, F., Tricot, Ch., Vincke, C., Ponette, Q.: La carte bioclimatique de Wallonie: un nouveau découpage écologique du territoire pour le choix des essences forestières. *Forêt-nature*, 135, 47-58, 2015.

Vannitsem, S., De Troch, R., Hamdi, R.: Recherches sur la prévision et la modélisation climatiques. *Vigilance Climatique*, publication IRM seconde édition, 50-68, 2015.

PROCEEDINGS

Altadill, D., Paznukhov, V., Blanch, E., Galkin, I., Verhulst, T., Mielich, J., Belehaki, A., Reinisch, B., Stankov, S., Buresova, D., Francis, M.: Results from D2D skymaps from Belgium to Spain: Challenges and chance to identify TIDs. *Proc. European Space Weather Week (ESWW)*, Ostende, Belgium, 23-27 Nov 2015.

Barrios, J. M., Ghilain, N., Arboleda, A., Gellens-Meulenberghs, F.: Retrieving daily evapotranspiration from the combination of geostationary and polar-orbit satellite data. *Proceedings of the 8th International workshop on the Analysis of Multitemporal Remote Sensing Images (Multi-Temp)*, Annecy, July 2015.



Belehaki, A., Reinisch, B., Galkin, I., Altadill, D., Buresova, D., Francis, M., Mielich, J., Paznukhov, V., Stankov, S. : Pilot network for identification of travelling ionospheric disturbances. Proc. URSI Atlantic Radio Science Conference (AT-RASC), Gran Canaria, Spain, 18-22 May 2015.

Belehaki, A., Reinisch, B., Galkin, I., Altadill, D., Buresova, D., Francis, M., Mielich, J., Paznukhov, V., Stankov, S. : Pilot network for identification of travelling ionospheric disturbances. Proc. International Ionospheric Effects Symposium (IES), Alexandria, VA, USA, 12-14 May 2015.

Berckmans, J., Hamdi, R. : The decadal projection of the Belgian urban heat island under changing climate and land use. 9th International Conference on Urban Climate, Toulouse, France, 20th - 24 July 2015.

De Bock, V. : Brewer AOD retrieval at RMI using DS measurements. COST ES1207-Eubrewnet WG meeting, Santa Cruz de Tenerife, 27-28 January, 2015.

De Troch, R., Delcloo, A., Hamdi, R., Giot, O., Deckmyn, A., Termonia, P. : Future air quality of the Brussels Capital Region for the 2050s under A1B emission scenario. 9th International Conference on Urban Climate. Toulouse, France, 20-24 July 2015.

Delcloo, A., De Troch, R., Giot, O., Hamdi, R., Deckmyn, A., Termonia, P. : Future climate and air quality of the Brussels Capital Region for the 2050's under A1B scenario, ITM, Montpellier, France, 4-8 May 2015.

Delcloo, A., Hurtmans, D., Coheur, P.-F., Clerbaux, C. : Validation of IASI ozone profiles from MetOp A and MetOp B, using balloon sounding data. EUMETSAT Meteorological Satellite Conference, Toulouse, France, 21-25 September, 2015.

Ghilain, N., Arboleda, A., Gellens-Meulenberghs, F. : Climate data record of evapotranspiration and surface heat fluxes: a feasibility study based on joint LSA-SAF and CM-SAF capabilities. EUMETSAT Meteorological Satellite Conference Proceedings, Toulouse, France, 21-25 September 2015.

Hamdi, R., Giot, O., De Troch, R., Deckmyn, A., Termonia, P. : Future climate of Brussels and Paris for the 2050s under the A1B scenario. 9th International Conference on Urban Climate. Toulouse, France, 20-24 July 2015.

Hamdi, R., Van de Vyver, H., De Troch, R., Termonia, P. : Assessment of three dynamical urban climate downscaling methods. 9th International Conference on Urban Climate. Toulouse, France, 20-24 July 2015.

Hamdi, R. : Belgium under global climate warming. 6th Belgian Wildlife Disease Society. Climate Change & Wildlife Health, Brussels, Belgium, 16 October 2015.

Kotov, D., Richards, P., Truhlik, V., Stankov, S., Bogomaz, O., Chernogor, L., Domnin, I. : Plasmasphere refilling rates as deduced from Ukraine incoherent scatter radar data by FLIP simulation for the last solar minimum. Proc. AGU-CGU Joint Assembly, Montreal, Canada, 3-7 May 2015.

Laffineur, Q., Haeffelin, M. : New development in fog prediction capabilities of ALC profiles at two different sites. COST ES1303 - TOPROF 4th MC and WG meeting, Granda, Spain, 5-7 May, 2015.

Laffineur, Q., De Backer, H., Delcloo, A. : Benefit of a LIDAR-ceilometer network for aviation. STCE Workshop: Natural Hazard Assessment for Aviation, Brussels, Belgium, 2 June, 2015.

Mangold, A., Delcloo, A., De Bock, V., Hamdi, R. : Atmospheric composition measurements for improving the high resolution modelling of the Brussels urban atmosphere. 5th international symposium on ultrafine particles (UFP-5), Ultrafine Particles – Air quality and climate, Brussels, Belgium, 4-5 May 2015.

Mangold, A., Delcloo, A., De Bock, V., Hamdi, R. : Atmospheric composition measurements for improving the high resolution modelling of the Brussels urban atmosphere, 5th international symposium on ultrafine particles (UFP-5), Ultrafine Particles - Air quality and climate, Brussels, Belgium, 4-5 May 2015.

Mangold, A. : Atmospheric aerosol at Princess Elisabeth station, East Antarctica: what those tiny particles can tell us about the Antarctica atmosphere. Conference of the Belgian National Committee for Geodesy and Geophysics, Brussels, Belgium, 21 May 2015.

Murlà Tuyls, D., Foresti, L., Wang, L., Ntegeka, V., Reyniers, M., Delobbe, L., Willems, P. : Propagation of uncertainties in rainfall and model structure to urban flood simulation and forecasting results. UrbanRain15 Proceedings "Rainfall in Urban and Natural Systems", ETH-Institute of Environmental Engineering, 2015.

Ntegeka, V., Murlà Tuyls, D., Wang, L., Foresti, L., Reyniers, M., Delobbe, L., Willems, P. : Probabilistic urban inundation nowcasting. UrbanRain 15 Proceedings "Rainfall in Urban and Natural Systems", ETH-Institute of Environmental Engineering, 2015.

Pacione, R., Jones, J., Van Malderen, R., Bock, O. : Collaborations in GNSS sphere with other projects (GNSS4SWC, EGVAP). 7th GRUAN Implementation-Coordination Meeting, Matera, Italy, 23-27 February, 2015.

Sapundjiev, D., Stankov, S., Jodogne, J.C. : On the optimisation of the construction of a ground-based neutron monitor for galactic cosmic ray monitoring and space weather applications. Proc. International Cosmic Ray Conference (ICRC), The Hague, The Netherlands, 30 July - 6 Aug 2015.

Sapundjiev, D., Stankov, S. : Ionospheric critical frequency prediction service based on digisonde measurements at Dourbes. Proc. European Space Weather Week (ESWW), Ostende, Belgium, 23-27 Nov 2015.

Sapundjiev, D., Steigies, C., Verhulst, T., Jodogne, J.C., Stankov, S. : Upgrading the Dourbes cosmic ray observatory for research and development of improved space weather monitoring services. Proc. European Space Weather Week (ESWW), Ostende, Belgium, 23-27 Nov 2015.

Van Malderen, R., Pottiaux, E., Brenot, H., Beirle, S., Wagner, T., De Backer, H., Bruyninx, C.: Assessment of IGS repro1 IWV trends by comparison with ERA-interim and GOMESCIA satellite data. COST ES1206 GNSS4SWEC Workshop, Thessaloniki, Greece, 11-13 May 2015.

Van Malderen, R.: 45 years of ozone measurements at RMI: an overview. RMI Conference, Uccle, Belgium, 25 November 2015.

Verhulst, T., Stankov, S.: Ionosonde measurements of dynamic characteristics and inhomogeneities of the ionosphere. Proc. URSI Atlantic Radio Science Conference (AT-RASC), Gran Canaria, Spain, 18-22 May 2015.

RAPPORTS INTERNES ET EXTERNES SANS COMITÉ DE LECTURE

Andersson, C., Johansson, C., Markakis, K., Valari, M., Delcloo, A., Hamdi, R.: Report on the effect of future climate and control policies on air quality in Stockholm, Paris and Brussels. ACCEPTED report 2015.

Baguis, P.: Case studies for H-SAF precipitation products. (a) Case studies for product H01. July 2015. (b) Case studies for products H02, H03, H04 and H05. January 2015.

Baguis, P.: Hydrological validation reports for H-SAF precipitation products over two Belgian catchments in the Meuse and Scheldt river basins. February 2015.

Bertrand, C., Hamdi, R.: FORBIOCLIM: Adaptation potential of bio-diverse forests in the face of climate change. BR/132/A1/FORBIO Climate, Annual report 2015.

Ech-chakrouni, S.: Premier Rapport intermédiaire 2015, Convention SPW-DG04 – CPG de l'IRM, n° 14/33387, 2015.

Giot, O., Termonia, P., De Troch, R., Caluwaerts, S., Smet, G., Deckmyn, A., Gerard, L., Van Ginderachter, M., De Meutter, P., Degrauwe, D., De Cruz, L., Hamdi, R., Duerinck, A., Berckmans, J., Van den Bergh, J., Van Schaeybroeck, B.: ALARO-0 used to perform EURO-CORDEX simulations. ALADIN-HIRLAM Newsletter 4, 74-79, February 2015.

Goosse, H., Close, S., Dubinkina, S., Massonnet, F., Zunz, V., Vannitsem, S., Van Schaeybroeck, B., Barth, A., Canter, M.: Understanding and Predicting Antarctic sea ice variability at the decadal timescale "PREDANTAR". Final Report Belgian Science Policy, Brussels, 2015.

Hamdi, R., Deckmyn, A., Giot, O.: ECORISK: A decision support tool to manage climate change risks to forest ecosystems. SCIENTIFIC REPORT for the period: 01/06/2014 to 31/05/2015.

Hamdi, R.: Coupling SURFEX_V7.2 to ALARO-1 baseline version (CY38T1OP3). Stay report Prague, CHMI, 22.02.2015 - 06.03.2015.

Hamdi, R.: MASC. Modelling and Assessing Surface Change Impacts on Belgian and Western European climate. Annual Network Report. Period 01/10/2014 - 30/09/2015.

Poelman, D. R., Delobbe, L.: A cloud-to-ground lightning climatology for Belgium. Wetenschappelijke en technische publicatie Nr. 66, Koninklijk Meteorologisch Instituut, 2015.

Tricot, C., Brouyaux, F., Debontridder, L., Dewitte, S., De Backer, H., de Troch, R., Hamdi, R., Hus, J., Mangold, A., Roulin, E., Vandiepenbeeck, M., Vannitsem, S., Van de Vyver, H., and Van Malderen, R., Oog voor het klimaat/Vigilance climatique, RMI, 2015.

RÉSUMÉS DE CONFÉRENCES ET POSTERS

Arboleda, A., Ghilain, N., Gellens-Meulenberghs, F.: Prospective changes in the LSA-SAF evapotranspiration products. Poster at LSA-SAF User workshop, Reading, UK, 6-8 June 2015.

Arboleda, A.: Land SAF/Satellite Products Training Course on Applications in Agro Meteorology. Lectures on Land SAF concepts; Evapotranspiration - Concepts and exercises of using LSA-SAF ET products, Addis Ababa, Ethiopia, 23-27/03/2015.

Barrios, J. M., Ghilain, N., Arboleda, A., Gellens-Meulenberghs, F.: Towards evapotranspiration products with increased spatial resolution. Poster at LSA-SAF User workshop, Reading, UK, 6-8 June 2015.

Barrios, J.M., Ghilain, N., Arboleda, A., Gellens-Meulenberghs, F.: Evidence of the added-value of vegetation products from Sentinel-3 precursors to improve EUMETSAT LSA-SAF evapotranspiration products. Poster at Sentinel-3 For Science Workshop, Venice, Italy, 2-5 June 2015.

Barth, A., Canter, M., Van Schaeybroeck, B., Vannitsem, S., Massonnet, F., Zunz, V., Mathiot, P., Alvera-Azcárate, A., Beckers, J.-M.: Assimilation of sea surface temperature, sea ice concentration and sea ice drift in a model of the Southern Ocean. poster at 47th Liège Colloquium, 4-8 May 2015.

Barth, A., Canter, M., Van Schaeybroeck, B., Vannitsem, S., Massonnet, F., Zunz, V., Mathiot, P., Alvera-Azcárate, A., Beckers, J.-M.: Assimilation of sea surface temperature, sea ice concentration and sea ice drift in a model of the Southern Ocean. poster at EGU, Vienna, Austria, 12-17 April 2015.

Berckmans J., Hamdi, R., De Troch, R., Giot, O.: Validation of the Regional Climate Model ALARO with different downscaling approaches and different horizontal resolutions. Geophysical Research Abstracts, Vol. 17, EGU2015-11175, 2015.

Berckmans J., Hamdi, R.: The decadal projection of the Belgian urban heat island under changing climate and land use. Poster at Toulouse, France, 20-24 July 2015.



Berckmans, J., Hamdi, R., De Troch, R., Giot, O.: Validation of the Regional Climate Model ALARO with different dynamical downscaling approaches and different horizontal resolutions. *Geophysical Research Abstracts Vol. 17*, EGU2015-11175, EGU General Assembly 2015.

De Bock, V., Mangold, A., De Backer, H., Delcloo, A.: Aerosol optical properties during a 2014 smog period at Uccle, Belgium. *European Aerosol Conference*, Milan, Italy, 6-11 September 2015.

De Cruz, L., Demaeyer, J., Vannitsem, S.: An Extensible Low-Order Nonlinear Coupled Ocean-Atmosphere Model. *AOGS 12th Annual Meeting*, Singapore, 2-7 August 2015.

De Cruz, L., Duerinckx, A., Pottiaux, E.: GNSS Assimilation in NWP: Case Studies for Belgium. *COST ES1206 - GNSS4SWEC: 2nd Workshop*, Thessaloniki, Greece, 11-13 May 2015.

De Cruz, L., Duerinckx, A.: Assimilation of GNSS and radar data in ALARO cy38t1 at RMIB. *Joint 25th ALADIN Workshop 8 HIRLAM All Staff Meeting 2015*, Helsingor, Denmark, April 2015.

De Troch, R., Berckmans, J., Giot, O., Hamdi, R., Termonia, P.: Future climate impact on unfavorable meteorological conditions for the dispersion of air pollution in Brussels. *Geophysical Research Abstracts Vol. 17*, EGU2015-5855, EGU General Assembly 2015.

De Troch, R., Van Schaeybroeck, B., Termonia, P., Willems, P., Van Lipzig, N., van Ypersele, J.-P., Marbaix, P., Fettweis, X., De Ridder, K., Gobin, A., Stavrakou, T., Luyten, P., Pottiaux, E.: Combining the regional downscaling expertise in Belgium: CORDEX and beyond. poster at *Belgian Geography days*, 13-14 November 2015.

de Vos, L., Leijnse, H., Schmeits, M., Beekhuis, H., Poelman, D., Evers, L., Smets, P.: Comparing distinct ground-based lightning location networks covering the Netherland., *EGU General Assembly*, Vienna, Austria, 2015.

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*, Toulouse, France, 21-25 September, 2015.

Delcloo, A., Tuinder, O., Loyola, D., Valks, P.: Validation of GOME-2A and GOME-2B Ozone Profiles and Tropospheric Ozone Column Products. *University of Crete*, Heraklion, Greece, 8-12 June 2015.

Demaeyer, J., De Cruz, L., Vannitsem, S.: Bifurcation Analysis of a Coupled Ocean-Atmosphere Model AS28-D3-PM2-P-014. *AOGS*, Singapore, 1-7 August 2015.

Duerinckx, A., Hamdi, R., Deckmyn, A., Termonia, P.: Improving numerical weather predictions with surface data assimilation. *Belgian Geography Days*, VUB, Brussels, Belgium, November 2015.

Duerinckx, A., Hamdi, R., Mahfouf, J.-F., Termonia, P.: An extended Kalman filter for soil analysis in SURFEX. *European Geophysical Union General Assembly*, Vienna, Austria, April 2015.

Duerinckx, A., Hamdi, R., Mahfouf, J.-F., Termonia, P.: An Extended Kalman Filter for soil analysis in SURFEX. *Geophysical Research Abstracts 17*, EGU2015-5774, 2015 EGU General Assembly, 2015.

Ghilain, N., Arboleda, A., Gellens-Meulenberghs, F.: Continental scale monitoring of (sub-)daily evapotranspiration enhanced by the assimilation of geostationary data. Poster at *GEWEX/ESA workshop on EO of the water cycle*, Frascati, Italy, 20-23 October 2015.

Ghilain, N., Arboleda, A., Gellens-Meulenberghs, F.: The LSA-SAF evapotranspiration products. *LSA-SAF User workshop*, Reading, UK, 6-8 June 2015.

Gobin, A., Van de Vyver, H., Zamani, S., Curnel, Y., Planchon, V., Verspecht, A., Van Huylenbroeck, G.: Meteorological risks as drivers of innovation for agroecosystem management. *Geophysical Research Abstracts 17*, EGU2015-12226, 2015.

Hamdi, R.: Assessment of three dynamical urban climate downscaling methods U Brussels's UHI under an A1B emission scenario. Poster at *EarthTemp IV: Urban surface temperatures*, 8 June, 2015.

Herenz, P., Mangold, A., Wex, H., Rubach, F., Stratmann, F.: CCN measurements in the Arctic and Antarctic. *European Geosciences Union General Assembly*, Vienna, Austria, 12-17 April 2015.

Keppens, A., Lambert, J.C., Hubert, D., Verhoelst, T., Granville, J., Ancellet, G., Balis, D., Delcloo, A., Duflo, V., Godin-Beekmann, S., Leblanc, T., Trisseggen, S., Steinbrecht, W., Stübi, R., Thompson, A.: Harmonised Validation System for Tropospheric Ozone and Ozone Profile Retrievals from GOME to the Copernicus Sentinels. *University of Crete*, Heraklion, Greece, 8-12 June 2015.

Mangold, A., De Backer, H., De Bock, V., Delcloo, A., Hermans, C., Gorodetskaya, I., Herenz, P., Henning, S., Wex, H.: Atmospheric aerosol properties at Princess Elisabeth station, East Antarctica.: seasonality and indication of new particle formation. *European Aerosol Conference*, Milan, Italy, 6-11 September 2015.

Pottiaux, E., Termonia, P., 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.: GNSS Re-processing for the verification of Belgian High-resolution climate model runs. poster at *2nd workshop of the COST Action ES1206*, 1-15 may 2015.

Roulin, E., Vannitsem, S.: Post-processing of medium-range ensemble hydrological forecasting: impact of forcing, initial conditions and model errors. *EGU2015-8555*, Vienna, Austria, April 2015.

Tuinder, O., Delcloo, A.: Degradation Corrected Vertical Ozone Profiles from Metop/GOME-2. *Toulouse*, France, 21-25 September, 2015.

Van Schaeybroeck, B., Termonia, P., Willems, P., Van Lipzig, N., van Ypersele, J.-P., Marbaix, P., Fettweis, X., De Ridder, K., Gobin, A., Stavrakou, T., Luyten, P., Pottiaux, E.: CORDEX.be: COmbining Regional climate Downscaling EXpertise in Belgium. poster at *workshop on Uncertainty Quantification in Climate Modeling and Projection*, ICTP, Trieste, Italy, 13-17 July 2015.

Van Schaeybroeck, B., Vannitsem, S. : A probabilistic approach to forecast the uncertainty with ensemble spread. poster at EGU, Vienna, Austria, 12-17 April 2015.

Van Schaeybroeck, B., Vannitsem, S. : Assessment of bias correction under transient climate change. poster at EGU, Vienna, Austria, 12-17 April 2015.

Vannitsem S. : Low-Frequency Variability in a Non-Autonomous Low Order Coupled Ocean-Atmosphere Model AS28-D3-PM2-P-012. AOGS, Singapore, 1-7 August 2015.

Zsebeházi, G., Hamdi, R., Szépszó, G. : Sensitivity study of the UHI in the city of Szeged (Hungary) to different offline simulation set-ups using SURFEX/TEB. Geophysical Research Abstracts Vol. 17, EGU2015-6101, EGU General Assembly 2015.

CONFÉRENCES ET POSTERS SANS RÉSUMÉ

De Cruz, L., Duerinckx, A. : Assimilation of GNSS and radar data in ALARO cy38t1 at RMIB. Joint 25th ALADIN Workshop & HIRLAM All Staff Meeting, Helsingor, Denmark, 13-16 April 2015.

Delobbe, L., Saltikoff, E. : Advancements in the OPERA project : improvements on the quality of the European radar composites. International Workshop on Forecasting Rainfall and lightning induced Hazards at European Scale, EU Emergency Response Coordination Centre, Brussels, 2015.

Duerinckx, A., Hamdi, R., Mahfouf, J.-F., Termonia, P. : Surface data assimilation with ALARO and SURFEX, RMI Seminar, Uccle Belgium, May 2015.

Foresti, L., Reyniers, M., Delobbe, L. : Development and verification of a real-time stochastic precipitation nowcasting system in Belgium. 8th European Conference on Severe Storms, Wiener Neustadt, Austria, 2015.

Ghilain, N. : Evapotranspiration monitoring with Meteosat Second Generation satellites, training for Master Students in physical land resources and water management at VUB, Brussels, May 2015.

Hamdi, R., Decraene, M., Duchêne, F. : Heat waves, UHI, and heat stress for the Brussels Capital Region under present and future conditions : The effect of the Sonian Forest. Centre Paul Duvigneaud. 18 November 2015.

Hamdi, R., Duchêne, F. : Heat waves, UHI, and heat stress for the Brussels Capital Region under present and future conditions. VITO, 8 December 2015.

Hamdi, R. : Coupling SURFEX_V7.2 to ALARO-1 baseline version (CY38T1OP3). Poster at Joint 25th ALADIN Workshop & HIRLAM All Staff Meeting, Helsingor, Denmark, 13-17 April 2015.

Hamdi, R. : Future climate of Brussels and Paris for the 2050s under the A1B scenario of the global climate model ARPEGE-Climat. MACCBET final symposium, Brussels, Belgium, 1 June 2015.

Hamdi, R. : Regional climate modelling at RMI. Faculté d'agronomie de Gembloux, ULG, 8 July 2015.

Lukach, M., Foresti, L., Delobbe, L. : Advection correction of radar-based probability of hail in Belgium. 8th European Conference on Severe Storms, Wiener Neustadt, Austria, 2015.

Reyniers, M. : Development and verification of a lightning nowcast in the nowcasting system INCA-BE. 8th European Conference on Severe Storms, Wiener Neustadt, Austria, 2015.

Smet, G. : Toward convection-permitting EPS. 2nd ALADIN forecasters meeting, Lisbon, Portugal, 21-23 October 2015.

Termonia, P., Van Schaeybroeck, B. : CORDEX.be : COmbining Regional climate Downscaling EXpertise in Belgium. VMM presentation of MIRA report, Aalst, 17 September 2015.

Van de Vyver, H. : Estimation of continuous 24-h precipitation extremes. 9th International Conference on Extreme Value Analysis, The University of Michigan, Ann Arbor, 15-19 June, 2015.

Van Schaeybroeck, B., Vannitsem, S. : Avoiding the ensemble decorrelation problem by member-by-member post-processing. oral presentation at Heidelberg Institute for Theoretical Studies (HITS), Heidelberg, Germany, 26 February 2015.

Van Schaeybroeck, B., Vannitsem, S. : Assessment of bias correction under transient climate change. presentation at RMI, Uccle, 17 June 2015.

Van Schaeybroeck, B., Vannitsem, S. : Calibration of ensemble forecast and calibration assumptions under strong climate change. presentation at Workshop Southern Ocean Sea Ice PREDANTAR, RMI Uccle, 21 May, 2015.

Vannitsem, S., Van Schaeybroeck, B. : The Value of Ensemble Spread to Forecast the Uncertainty. presentation at AOGS, Singapore, 2-7 August, 2015.

Vannitsem, S. : Chaos and predictability in geophysical flow. DMV, Hamburg, Germany, September 2015.

Vannitsem, S. : Dynamical properties of a hierarchy of low-order coupled ocean-atmosphere models. the Dynamics Days conference, Exeter, UK, September 2015.

Vannitsem, S. : Dynamics and predictability of the multi-scale climate system : the impact of the ocean-atmosphere coupling. Jouvence, Canada, October 2015.



THÈSES EN VUE DE L'OBTENTION DU GRADE DE DOCTEUR

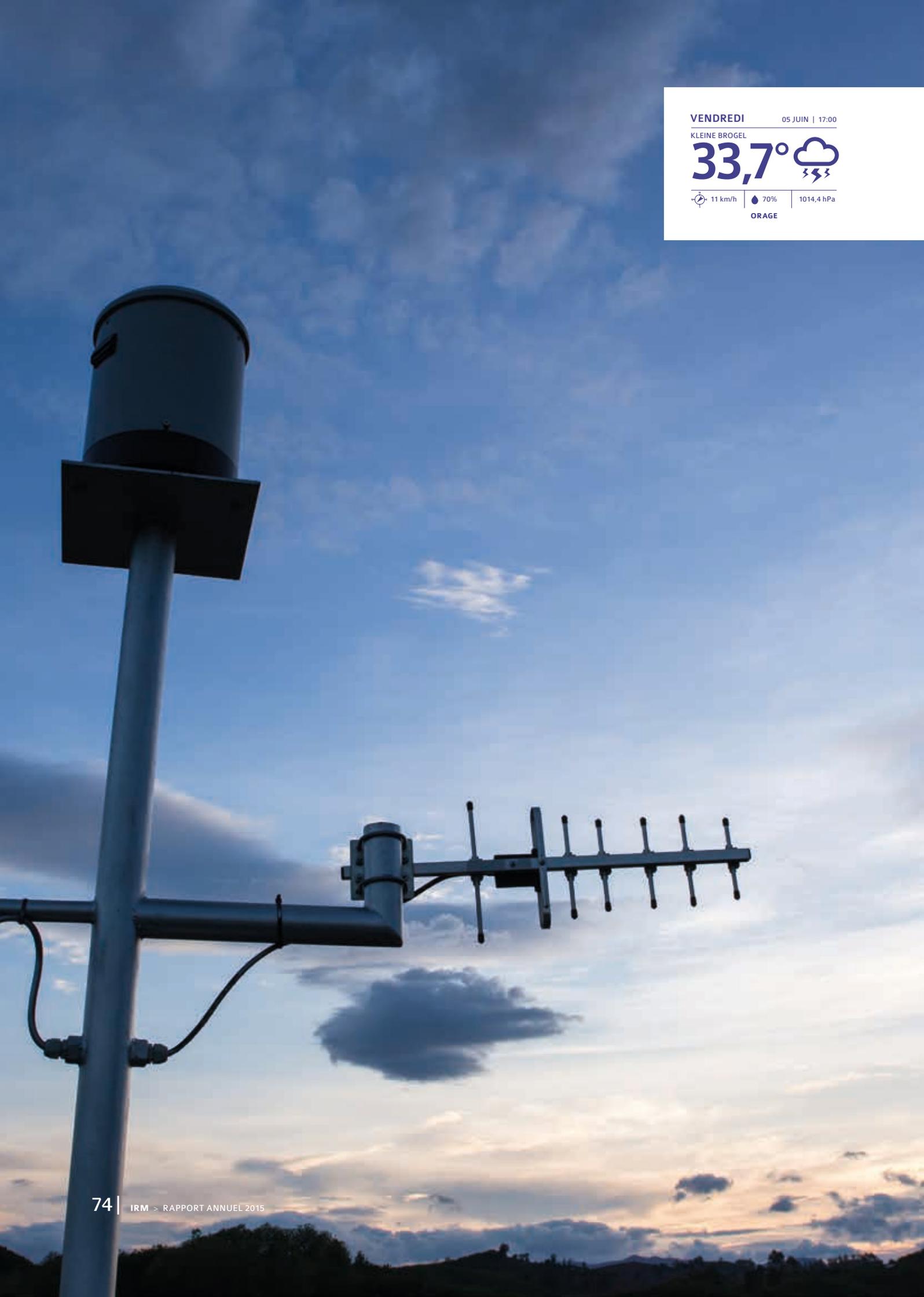
Duerinckx, A.: The Potential of an Extended Kalman Filter for Soil Analysis in Conjunction with a 3D-Var system in a Limited Area NWP Model (Doctoral Dissertation), Ghent University, 2015.

FONDS DES CALAMITÉS

Date d'occurrence	Phénomène météo	Communes/Provinces touchées
10/10/2013	Précipitations abondantes	Flandre occidentale (1 commune)
10/10/2013	Précipitations abondantes	Flandre occidentale (1 commune)
25/01/2014	Vents de tempête	Flandre occidentale (1 commune)
07-09/06/2014	Précipitations abondantes	Flandre occidentale (1 commune)
07-09/06/2014	Précipitations abondantes	Flandre occidentale (2 communes)
07-09/06/2014	Vents de tempête	Liège (2 communes)
07-09/06/2014	Précipitations abondantes	Flandre orientale (2 communes)
07-09/06/2014	Précipitations abondantes	Flandre occidentale (1 commune)
07-09/06/2014	Précipitations abondantes	Flandre occidentale (1 commune)
28-29/06/2014	Précipitations abondantes	Bruxelles-Capitale (1 commune)
09/07/2014	Vents de tempête	Flandre occidentale (1 commune)
27-29/07/2014	Précipitations abondantes	Flandre occidentale (1 commune)
27-28/12/2014	Chute de neige exceptionnelle	Anvers
29/03/2015	Vents de tempête	Belgique
30-31/03/2015	Vents de tempête	Belgique
Printemps- début de l'été 2015	Sécheresse exceptionnelle	Liège (3 communes) et Luxembourg (19 communes)
05/06/2015	Précipitations abondantes	Brabant flamand (5 communes) Anvers (4 communes) Flandre occidentale (5 communes) et Flandre orientale (3 communes)
05/07/2015	Chute de grêle exceptionnelle	Liège (2 communes)
08/07/2015	Proposition de nouveaux critères de reconnaissance pour le Fonds des Calamités	Flandres
08/08/2015	Précipitations abondantes	Flandre occidentale (1 commune)
13/08/2015	Précipitations abondantes	Hainaut (8 communes) Liège (2 communes) Luxembourg (1 commune) Namur (1 commune) Brabant wallon (1 commune)
13/08/2015	Importante chute de grêle	Hainaut (2 communes)
30/08/2015	Vents de tempête et importante chute de grêle	Hainaut (2 communes)
30/08/2015	Précipitations abondantes	Flandre occidentale (20 communes) Flandre orientale (5 communes) Brabant flamand (1 commune) Limbourg (2 communes)
29-30/08/2015	Vents de tempête avec orage	Flandres
30/08/2015	Importante chute de grêle	Flandre occidentale (10 communes) Flandre orientale (1 commune)
31/08/2015	Précipitations abondantes	Hainaut (9 communes)



Date d'occurrence	Phénomène météo	Communes/Provinces touchées
16/09/2015	Tourbillon de vent	Luxembourg (1 commune)
16/09/2015	Tourbillon de vent et vents de tempête	Luxembourg (2 communes)
22/09/2015	Précipitations abondantes	Flandre occidentale (1 commune)
22/09/2015	Précipitations abondantes	Flandre occidentale (1 commune)



VENDREDI

05 JUIN | 17:00

KLEINE BROGEL

33,7° 

 11 km/h

 70%

 1014,4 hPa

ORAGE



A.D. : Anno Domini

A.I. : Ad Interim

AGACC-II : Advanced exploitation of Ground based measurements for Atmospheric Chemistry and Climate Applications

ALADIN : Aire Limitée, Adaptation dynamique, Développement InterNational

ALARO : Version d'ALADIN à haute résolution

ARC3.2 rapport : Assessment Report on Climate Change and Cities

AROME : Applications of Research to Operations at MEscale

AUTODIF : AUTOMATIC DIFlux

BELLS : BELgian Lightning Location System

BELSPO : BELgian Science POLicy

BSSN : Belgian Storm Spotter Network

CERES : Clouds and Earth's Radiant Energy System

CLF : Chambon-la-Forêt

CoCoMet : Commission de Coordination Météorologique

CORDEX : COordinated Regional climate Downscaling EXperiment

COST : COoperation in Science and Technology

CPG : Centre de Physique du Globe (IRM à Dourbes)

DAS : Débit d'Absorption Spécifique

EC-JRC : Joint Research Centre de la Commission Européenne

EMAS : Eco Management and Audit Scheme

EPS-SG : EUMETSAT Polar System – Second Generation

ESA : European Spatial Agency

ESF : Etablissement Scientifique Fédérale

EUMETSAT : EUropean METeorological SATellites

FAO : Food and Agriculture Organization

FTIR : Fourier Transform Infrared Spectroscopy

GERB : Geostationary Earth Radiation Budget

GIEC : Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat

GNSS : Global Navigation Satellite System

HPC : High-Performance Computer

HSAF : Hydrological Satellite Application Facilities

IASB : Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique

IBGP : Institut de Physique du Globe de Paris

INCA-BE : Integrated Nowcasting through Comprehensive Analysis - BELgium

IPGP : Institut de Physique du Globe de Paris

IRM : Institut Royal Météorologique

IRPA : Institut Royal du Patrimoine Artistique

IRSNB : Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique

KU Leuven : Katholieke Universiteit Leuven

LI : Lightning Imager

LSA-SAF : Land Surface Analysis - Satellite Application Facility

MTG : Meteosat Third Generation

NAO : North Atlantic Oscillation

NASA : National Aeronautics and Space Administration

Net-TIDE : Pilot Network for identification of Travelling Ionospheric Disturbances in Europe

NIST : National Institute of Standards and Technology

NOAA : National Oceanic and Atmospheric Administration

O3M SAF : Satellite Application Facility on Ozone and Atmospheric Chemistry Monitoring

OMM : Organisation Météorologique Mondiale

ORB : Observatoire Royal de Belgique

OTAN : Organisation du Traité de l'Atlantique Nord

RTBF : Radio Télévision Belge Francophone

SAF : Satellite Application Facilities

SGL : Silicon Graphics International Corp.

SI2: Solar Impulse 2
SPI: Standardized Precipitation Index
SPS: Science for Peace and Safety
SPW: Service Public de Wallonie
SSD: Science for Sustainable Development
STCE: Solar-Terrestrial Centre of Excellence
STEPS-BE: Short Term Ensemble Prediction System
- BElgium
SURFEX: SURFace Externalisée
TF1: Télévision Française 1 (chaîne privée)
TID: Travelling Ionospheric Disturbances
UCCRN: Urban Climate Change Research Network
UCL: Université Catholique de Louvain
UGent: Universiteit Gent
ULB: Université Libre de Bruxelles
ULg: Université de Liège
UTC: Universal Time Coordinated
VITO: Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek
VMM: Vlaamse Milieu Maatschappij
WGCEF: Working Group on Co-operation between
European Forecasters



INSTITUT ROYAL MÉTÉOROLOGIQUE DE BELGIQUE

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

www.meteo.be



INSTITUT ROYAL MÉTÉOROLOGIQUE DE BELGIQUE