



INSTITUT ROYAL MÉTÉOROLOGIQUE DE BELGIQUE

RAPPORT ANNUEL
2014

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 / 2033-8554

Coordination: Heidi Langenus et Carine Beetens

Photo cover: Didier Verriest www.argus-photo.be

Création & réalisation: FedoPress

SOMMAIRE

	1. Avant-propos	3
	2. Faits marquants	5
	3. Les nouveaux produits de l'IRM	11
	4. La météo en 2014	21
	5. La recherche à l'IRM	35
	6. IRM et international	47
	7. Services climatiques	53
	8. La vie à l'IRM	57
	9. La structure de l'IRM	65
	10. Les publications et conférences scientifiques	71
	11. Liste des acronymes et abréviations	82



1 AVANT-PROPOS

Chers lecteurs,

L'année 2014 a été remarquable au niveau climatique. Elle a été la plus chaude à Bruxelles-Uccle depuis le début des observations climatologiques en 1833. La température annuelle moyenne fut de 11,9°C, soit 1,4°C au-dessus de la valeur moyenne annuelle estimée sur la période 1981-2010. L'hiver, le printemps et l'automne ont enregistré des températures plus hautes que la normale, expliquant ce record. Ce phénomène n'est d'ailleurs pas propre à la Belgique, l'Organisation Météorologique Mondiale ayant également déclaré l'année 2014 comme la plus chaude, à l'échelle planétaire, depuis 1850. Cette situation remarquable a été scrupuleusement suivie par l'IRM, qui vous en livre les détails dans le bilan climatologique annuel de 2014.

Parallèlement à ses missions quotidiennes en matière de prévisions, l'IRM a pris à cœur de développer sa fonction de service envers le public et les autorités. L'équipe d'informaticiens a ainsi créé un tout nouveau widget permettant à chacun d'afficher sur son site web les dernières prévisions météorologiques de l'IRM. Ce widget, gratuit et personnalisable, renseigne également sur les avertissements émis par l'Institut en temps réel. La rubrique « Documentation » du site web a été enrichie, avec l'introduction d'une série de nouveaux mots dans le « Dico Météo » une nouvelle partie créée spécialement pour les écoles et les enfants entre 8 et 13 ans. Celle-ci regroupe une série de fiches pédagogiques au travers desquelles MeteoZ et Nova, les mascottes de l'IRM, guident les jeunes lecteurs autour du thème de la météo.

Au niveau de la recherche, l'IRM contribue activement à l'étude des processus physiques liés aux événements extrêmes comme celui du Pukkelpop et des interactions entre le sol et l'atmosphère, au moyen du modèle de prévision numérique ALARO utilisé à l'IRM. Il importe ici de noter le rôle très actif du Dr Piet Termonia, actuel Program Manager du consortium Aladin et chef du service scientifique de la recherche, dans le rapprochement de ce groupe avec le consortium HirLam, groupe de recherche réunissant des instituts météorologiques européens. A terme, le regroupement comptera 26 pays travaillant tous au développement du même modèle de prévision en symbiose avec le Centre Européen de Prévisions à Moyen Terme.

L'équipe de recherche se consacre également à l'étude des scénarios d'impact du changement de climat sur la Belgique et met à la disposition du public et des décideurs un premier set de données qui préfigurent les futurs services climatiques coordonnés au niveau des Nations Unies.

Le réseau d'observation de l'IRM compte à présent quatre LIDAR qui fournissent opérationnellement des informations sur la hauteur des nuages ainsi que sur les aérosols et la structure de l'atmosphère près du sol. Les observations des détecteurs d'orages sont désormais intégrées au système de prévisions à très court terme INCA-BE, utilisé par les prévisionnistes. L'IRM a en outre acquis deux antennes d'un nouveau type destinées à améliorer son système de détection des orages et qui seront installées en 2015.

1 AVANT-PROPOS

Suite à la sortie de fonction de l'instrument utilisé précédemment, la NASA a pour sa part adopté les mesures de rayonnement solaire de l'IRM comme référence dans le cadre de son projet Ceres, visant à étudier le bilan énergétique de la Terre. La réputation internationale de l'IRM pour la mesure de la constante solaire, et initiée par le Dr D. Crommelynck il y a plus de 30 ans, est ainsi confirmée.

L'IRM a poursuivi ses activités à la station Princess Elisabeth en Antarctique. En particulier, le Centre de Géophysique du Globe de l'IRM à Dourbes a procédé à l'installation d'un radôme pour accueillir un observatoire magnétique



complètement automatique et deux collègues ont effectué des mesures de l'ozone et des sondages atmosphériques. Voici quelques exemples parmi d'autres, illustrant le dynamisme de l'Institut, que vous pourrez découvrir à la lecture de ce rapport.

Avant cela, notons encore que l'IRM est fier d'avoir obtenu un ECO-label, reçu de Bruxelles-Environnement, reconnaissant ainsi les efforts fournis par les membres de son personnel pour respecter l'environnement et amoindrir son empreinte écologique. Désormais «entreprise écodynamique», l'IRM poursuit actuellement l'objectif d'obtenir le certificat EMAS, outil de management destiné à évaluer, analyser et diminuer son impact écologique.

Nous sommes heureux de vous inviter à la lecture de ce rapport, afin de découvrir plus en profondeur les faits marquants pour l'Institut au cours de l'année 2014.

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

Dr Daniel Gellens,

Directeur général a.i. de l'IRM

2 FAITS MARQUANTS

PEA: UN NOUVEL OBSERVATOIRE MAGNÉTIQUE EN ANTARCTIQUE PRÈS D'UTSTEINEN

Nous envisageons l'installation d'un observatoire géomagnétique en Antactique dans la base belge Princesse Elizabeth PEA (S71°57'14" E23°20'51").

Pour avoir un véritable observatoire magnétique, une condition minimum est l'établissement d'un enregistrement continu en 3D des variations du champ géomagnétique complétement par des mesures absolues hebdomadaires de la direction et de la force de ce champ.

L'installation pose dès lors des défis que nous nous attacherons à résoudre:

- L'observatoire complet doit être confiné dans un radôme non-magnétique ancré dans la roche (figure 1).
- Le sol rocheux aux environs de PEA possède une signature magnétique non-négligeable, ce qui rend difficile la localisation dans une zone à faible gradient magnétique.

- Comme la Base est inhabitée durant l'hiver antarctique, un fonctionnement automatisé à 100%, même pour les mesures absolues est indispensable.

- Les instruments doivent fonctionner à des températures aussi basses que -40°C.

Heureusement la base dispose d'excellentes facilités également durant l'hiver: énergie et communication INTERNET. Nous pourrons donc faire fonctionner nos équipements en continu et les surveiller depuis la Belgique. Une première mission a permis de localiser un endroit adéquat pour l'installation du radôme. La construction de la plateforme et l'installation de ce radôme a été complétée en fin d'année (figure 1).

Des mesures magnétiques de répétition ont en outre été effectuées dans l'ancienne base belge "Roi Beaudouin", à environ 200km de PEA. Cela permettra de raccorder les séries de mesures des deux observatoires.

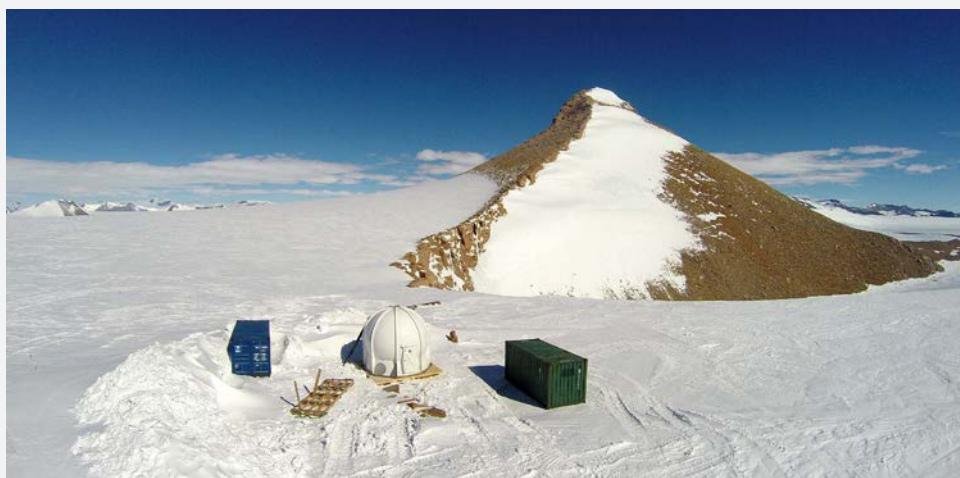


Figure 1: Voici l'installation du radôme en fibre de verre au pied de la masse rocheuse de l'Utsteinen (décembre 2014). Une plateforme ancrée dans la roche supporte le radôme. Des piliers géodésiques non-magnétiques sont aménagés à l'intérieur pour porter les instruments de mesure du champ géomagnétique.

2 FAITS MARQUANTS

DEUX CHERCHEURS DE L'IRM EN ANTARCTIQUE

Le 19 novembre 2014, les Dr Alexander Mangold et Dr Quentin Laffineur sont arrivés en Antarctique pour effectuer des recherches à la station polaire belge Princesse Elisabeth.

Les premières semaines ont été consacrées à contrôler et remettre en fonctionnement plusieurs instruments de mesure permettant de caractériser les propriétés optiques, la distribution en taille et la concentration massique des aérosols. Ces instruments ont fonctionné automatiquement pendant une grande partie de la période où la station est inhabitée (entre le mois de mars et le mois de novembre). C'est une série de mesures exceptionnelles pour cette période de l'année en Antarctique. Ces données sont indispensables à l'amélioration de nos connaissances actuelles sur le rôle que jouent les aéro-

sols dans la redistribution du rayonnement solaire de manière directe en diffusant et en absorbant la lumière solaire mais aussi de manière indirecte en influençant les processus de formation des nuages ainsi que leur durée de vie. Cette redistribution de l'énergie solaire influence notamment les réactions chimiques dans l'atmosphère ainsi que la température en altitude et à la surface du continent antarctique.

Nos deux chercheurs ont également procédé à la réinstallation d'instruments de mesure trop sensibles pour fonctionner sans surveillance directe sur place ou qui ont dû subir une recalibration en Belgique après la dernière campagne de mesures (entre novembre 2013 et février 2014). Parmi ces instruments, il y a notamment un spectrophotomètre (figure 2 à gauche) qui mesure la quantité totale d'ozone dans une colonne atmosphérique déterminée permettant également de déterminer la quantité d'UV arrivant au sol. A la fin novembre de cette année, la quantité d'ozone en altitude peut encore être faible (trou dans la couche d'ozone) par rapport à la normale (figure 2 à droite), réduisant l'absorption des rayons UV pouvant être responsables de brûlures au niveau de la peau non protégée par de la crème solaire.

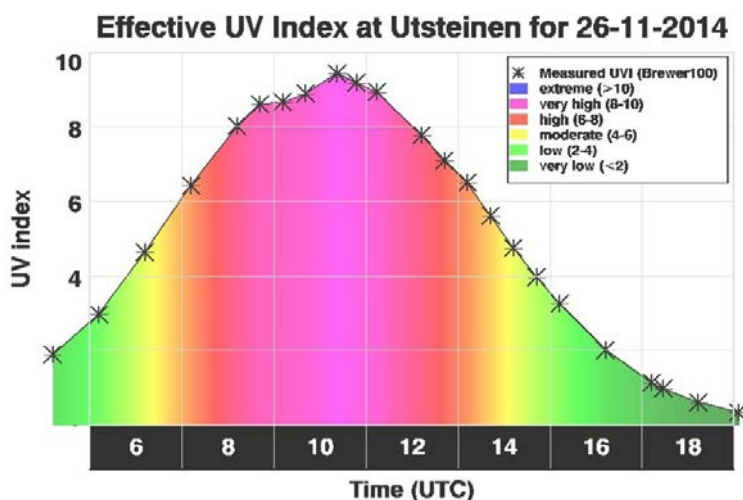


Figure 2: Les 2 scientifiques de l'IRM derrière le spectrophotomètre (à gauche) et l'indice UV effectif déduit du spectrophotomètre situé à la base du Pôle, le 26 novembre 2014 (à droite).

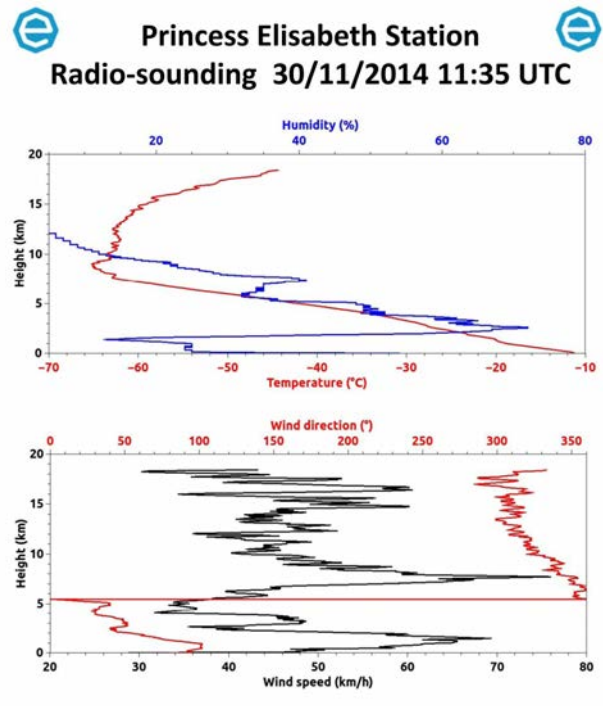


Figure 3: Le lancement d'un ballon météorologique avec radiosondage (à gauche) et les résultats d'un radiosondage du 30 novembre 2014, avec en haut l'humidité et la température et en bas, la vitesse et la direction du vent (à droite).

Un nouveau système de radiosondage envoyé au moyen d'un ballon météorologique (figure 3 à gauche) a été installé par nos deux collègues à la station Princesse Elisabeth. Chaque jour, un lancement de ballon est effectué vers 12h30 afin de mesurer en fonction de l'altitude (jusqu'à environ 21 km d'altitude), la pression, la température, l'humidité, la vitesse et la direction du vent (figure 3 à droite).

Les recherches scientifiques effectuées par l'IRM en Antarctique s'inscrivent naturellement dans une collaboration de recherche belge et internationale entre divers instituts. Nos collègues de l'Observatoire Royal de Belgique (ORB), Dr. Denis Lombardi et Dr. Nicolas Bergeot, sont également sur le terrain pour étudier notamment la dynamique des glaciers au moyen de mesures de sismométrie et de mesures GPS. Ces derniers sont accompagnés par une équipe de glaciologues de l'ULB. Des instruments de mesure de nos collègues

de l'Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique (IASB) et de l'Université de Louvain (KUL) installés à la station sont également pris en charge par nos deux chercheurs.

Au niveau des collaborations internationales, l'installation du système de ballon-sonde a été possible grâce à la contribution de la Fondation Polaire Internationale (IPF) et de l'Institut fédéral Suisse de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL). En Antarctique, nos deux chercheurs disposent notamment d'un instrument de l'institut pour la recherche dans la troposphère TROPOS de Leipzig (Allemagne) permettant de mesurer et d'identifier les aérosols responsables de la formation des nuages. Le fruit de la recherche scientifique en Antarctique ayant une portée internationale, l'ensemble des mesures effectuées par l'IRM à la station Princesse Elisabeth depuis plusieurs années à présent sont échangées et utilisées par des chercheurs à travers le monde.

2 FAITS MARQUANTS

LA NASA UTILISE DES MESURES DU RAYONNEMENT SOLAIRE DE L'IRM

Ce que l'on appelle le rayonnement solaire, est la quantité d'énergie que la Terre reçoit du Soleil. La valeur moyenne du rayonnement solaire est appelée 'constante solaire'. Cette énergie est redistribuée vers l'atmosphère et les océans de la Terre et sert dès lors d'énergie initiatrice à tous les phénomènes météorologiques et climatiques. La mesure d'une valeur précise de cette constante solaire est, depuis longtemps, une question sensible. Cette mesure doit s'opérer à partir de l'espace afin d'éviter les perturbations de l'atmosphère terrestre.

L'IRM effectue des mesures de la constante solaire depuis une trentaine d'années, avec un total de 11 vols spatiaux accompagnés de 6 instruments différents. Notre instrument le plus efficace est sans conteste le Diarad/Virgo qui observe le Soleil sur le satellite SOHO depuis la période record de 18 ans et qui marche toujours impeccablement. L'instrument Diarad/Virgo a été développé à l'IRM et construit en collaboration avec la société Qinetiq Space SA, anciennement Verhaert SA.

Le projet Ceres de la NASA utilise les mesures de la constante solaire afin d'étudier le bilan énergétique de la Terre. Le bilan énergétique de la Terre est l'étude des flux d'énergie entrant et sortant de l'atmosphère terrestre; des paramètres fondamentaux du climat et donc, du changement climatique. Entre 2003 et 2013, la NASA a utilisé les mesures de la constante solaire

de l'instrument américain TIM à bord du satellite Sorce. L'instrument Tim/Sorce n'est plus en fonction depuis juillet 2013 et la NASA a dû chercher une alternative. Ils ont donc contacté l'IRM, qui bénéficie d'une bonne réputation sur le plan international pour la mesure de la constante solaire, et qui est un partenaire de longue date (Co-Investigator) du projet Ceres. Nous avons pu répondre à la demande de la NASA et avons mis à leur disposition nos mesures de constante solaire sur un serveur ftp (voir figure 4).

Après évaluation de la qualité des mesures de l'IRM, la NASA a décidé de les reprendre dans son produit Ceres EBAF (voir figure 5). Ceci constitue une reconnaissance importante de l'expertise accumulée depuis 30 ans à l'IRM dans le domaine de la constante solaire et du bilan énergétique de la Terre.

Les scientifiques de l'IRM sont très actifs et pendant l'année 2014, ils ont travaillé à un futur projet innovatif appelé Simba: un nanosatellite d'à peine 10 x 10 x 34 cm qui effectuera des mesures du rayonnement solaire mais aussi du bilan énergétique terrestre. Le lancement du premier nanosatellite Simba est prévu pour janvier 2016.

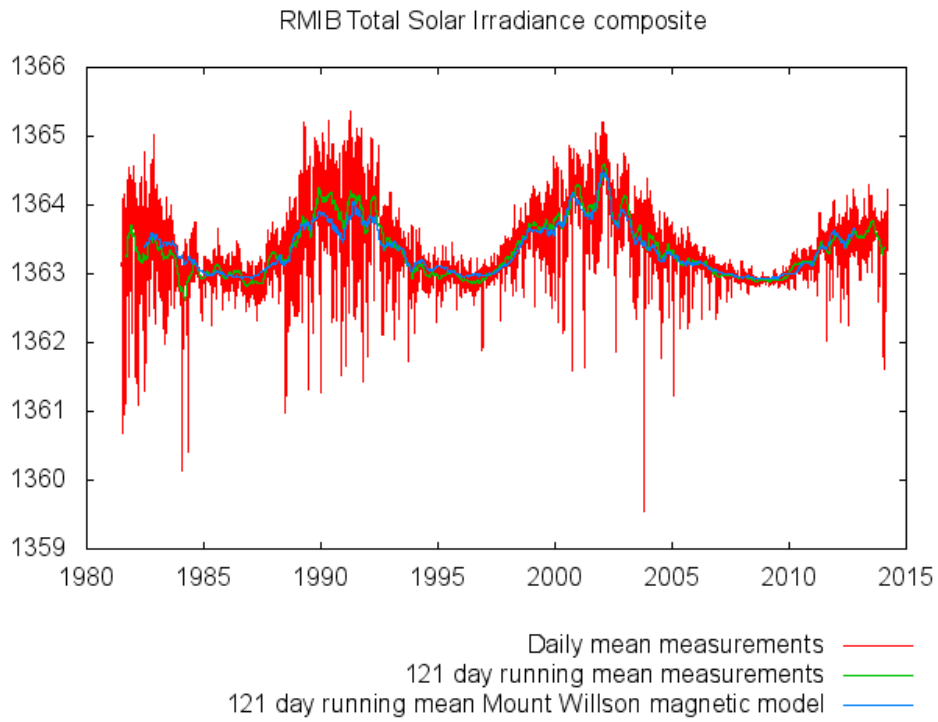


Figure 4: Résultat de toutes les mesures spatiales de rayonnement solaire de l'IRM.

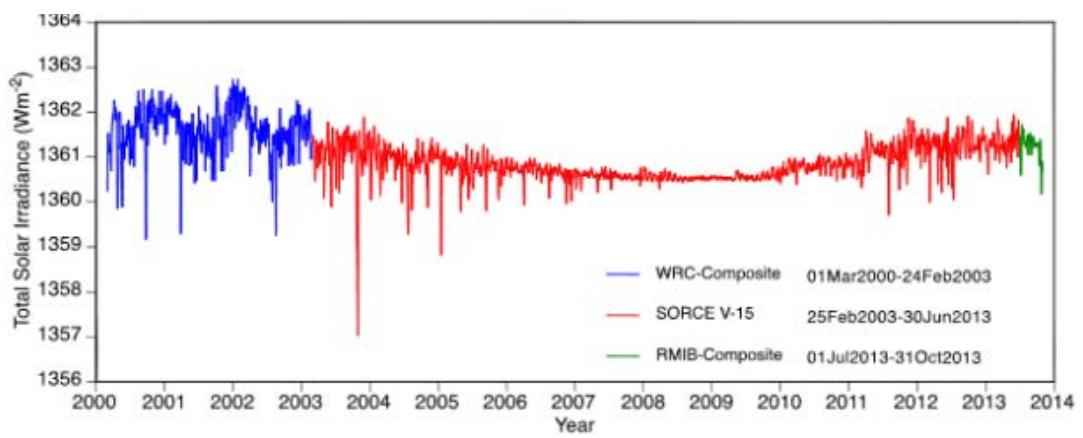


Figure 5: Les mesures de rayonnement solaire utilisées par la NASA dans le produit Ceres EBAF.

RECORD BATTU !

Meteoz écoute le bulletin météo avec ses parents. Il entend dire que la journée a été particulièrement chaude, et son père se souvient pourtant d'un été de son enfance qu'il qualifie de "caniculaire". Il veut dire par là que les températures ont été très élevées, et pendant un long moment. Alors, qui a eu le plus chaud?



Nova, connais-tu les records de température en Belgique ?

Les records météo avec NOVA*



Un **record** est la valeur la plus basse ou la plus haute d'une série d'observations. Les records météo sont donc les valeurs extrêmes des paramètres météorologiques. Pas seulement la température, mais aussi les précipitations ou le vent par exemple.

Puisque le climat est différent entre les régions du monde, les records enregistrés sont également répartis partout dans le monde. Toutefois, il est bien entendu possible de regarder les valeurs d'un seul pays. Ainsi, en Belgique, depuis le début des mesures météorologiques :

- **38,8 °C** est la température la plus haute enregistrée, et a été mesurée à Uccle (Bruxelles), le 27 juin 1947. Elle a été mesurée en abri ouvert, comme sur la photo, ce qui a dû augmenter la mesure d'environ 2 °C par rapport aux abris fermés actuellement utilisés.
- **-30,1 °C** est la température la plus basse enregistrée, à Rochefort, le 20 janvier 1940.
- **115 cm** est l'épaisseur de la couche de neige la plus haute depuis le début du 20e siècle. On la mesure à Botrange, dans les Hautes-Fagnes, le 9 février 1953.
- Deux orages successifs donnent le total pluviométrique journalier le plus élevé depuis 1901 : en moins de douze heures, il est tombé **242 mm** d'eau dans le pluviomètre à Herbesthal (Lontzen) le 24 juin 1953.



3 LES NOUVEAUX PRODUITS DE L'IRM

LE RÉSEAU CEILOMÈTRE-LIDAR DE L'IRM

Depuis 2014, l'IRM dispose d'un réseau de ceilomètres-LIDAR permettant des mesures de profils verticaux des aérosols atmosphériques et de la hauteur de la base des nuages. Ce réseau (représenté à la figure 6) a été installé afin de couvrir au mieux la Belgique et vient ainsi compléter les mesures ceilomètres-LIDAR déjà existantes à Uccle depuis 2011.

A l'origine, le ceilomètre-LIDAR est un appareil destiné à la mesure de la hauteur de base des nuages. La connaissance de cette hauteur est indispensable à la navigation aérienne mais aussi à la prévision du temps. En plus de son usage normal, les mesures du ceilomètre-LIDAR (après traitement) permettent également de déterminer la hauteur de couche de mélange située à proximité de la surface du sol. C'est dans cette couche que l'on rencontre les concentrations de particules les plus fortes réparties de manière homogène. La mesure de cette

hauteur à différents endroits de la Belgique est un outil majeur dans le suivi de la pollution atmosphérique et dans la prévision de l'occurrence d'un pic de pollution.

Le ceilomètre-LIDAR est également un outil important dans le suivi et la localisation des nuages d'aérosols qui se situent généralement au-dessus de la couche de mélange. Ces nuages assez particuliers et la plupart du temps invisibles à l'œil nu peuvent être d'origines très différentes. Ils peuvent être composés de cendres provenant d'éruptions volcaniques comme celle de l'Eyjafjallajökull que nous avons connu en 2010, de fumée de feux de forêts pouvant être localisée à plusieurs milliers de kilomètres de la Belgique ou encore de sable provenant du Sahara. Pour déterminer la localisation, les dimensions et les propriétés des nuages de particules/aérosols, l'utilisation d'un réseau de ceilomètre-LIDAR est indispensable.

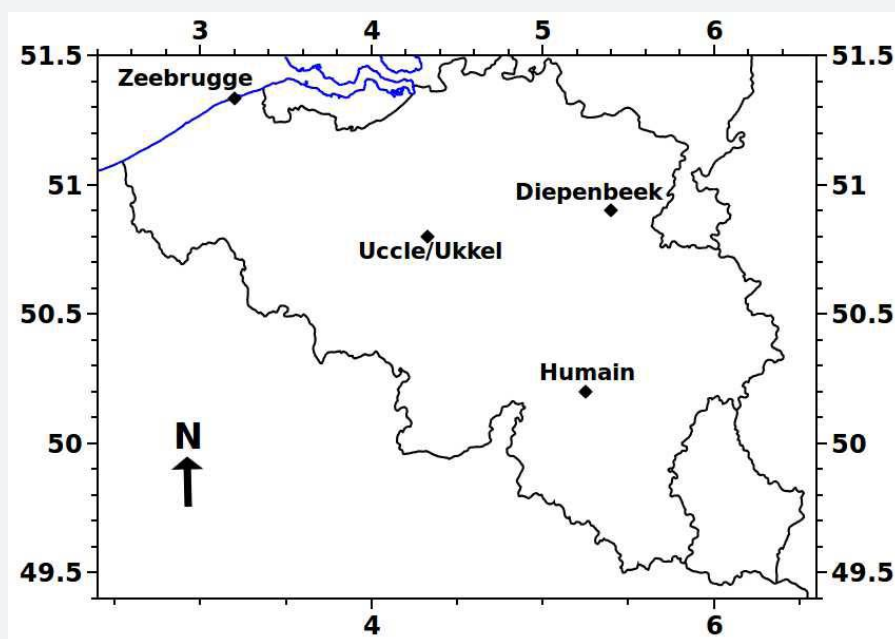


Figure 6: Réseau des ceilomètres-LIDAR de l'IRM en Belgique, déjà installés et en cours d'installation.

3 LES NOUVEAUX PRODUITS DE L'IRM

Première détection d'un nuage d'aérosols par le réseau ceilomètre-LIDAR de l'IRM

La figure 7 illustre un exemple de suivi d'un nuage d'aérosols au-dessus de la Belgique avec le réseau de l'IRM. Ce nuage a été observé les 30 et 31 juillet 2014 et est constitué essentiellement de fumée en provenance d'importants incendies de forêts qui ont eu lieu pendant l'été dans le Nord du Canada (Territoires du Nord-Ouest). Ces fumées peuvent atteindre l'ouest de l'Europe, dont la Belgique, si l'on combine certaines conditions atmosphériques bien particulières. Ce fut le cas à plusieurs reprises au cours du mois de juillet, dont les 30 et 31 juillet.

Les images de la figure 7 montrent l'arrivée du nuage de fumée vers 16h00 (UTC) à Zeebrugge avant que celui-ci n'atteigne Uccle à 19h00 (UTC) et Humain à 00h00 (UTC). A son arrivée et tout au long de son parcours au-dessus de la Belgique, la première partie du nuage de fumée était située à une altitude d'environ 2.5 km. L'arrière du nuage était situé beaucoup plus bas que la partie avant (entre 0.5 et 1 km). Celui-ci est particulièrement bien visible à Uccle avec notamment un découplage très net entre le nuage et la couche de mélange qui se caractérise par la présence d'une couche d'air (bleue) (1) pauvre en particules/aérosols coincée entre le nuage de fumée et la couche de mélange (2). A Humain, le passage de l'arrière du nuage de fumée est masqué par la présence de brouillard (3). Ce nuage de fumée n'a heureusement eu aucune incidence sur la santé ou les activités humaines.

Intégration du réseau de l'IRM au niveau européen

Pour optimiser le suivi des nuages d'aérosols, il est essentiel d'avoir une couverture spatiale plus étendue que celle de la Belgique. Cela permet d'anticiper l'arrivée d'un nuage d'aérosols potentiellement à risque. A cette fin, en 2013, deux projets européens (E-PROFILE et TOPROF) ont vu le jour, regroupant des chercheurs scientifiques provenant de divers instituts de recherche en météorologie. Leur objectif est de coordonner, d'échanger et de centraliser en temps réel l'ensemble des mesures effectuées par les différents réseaux de ceilomètres-LIDAR existants ou futurs en Europe. Dans ce contexte, l'IRM participe activement au sein des deux projets qui, dans un avenir proche, vont permettre d'optimiser le suivi des nuages de poussières, et en particulier de cendres volcaniques au niveau européen.

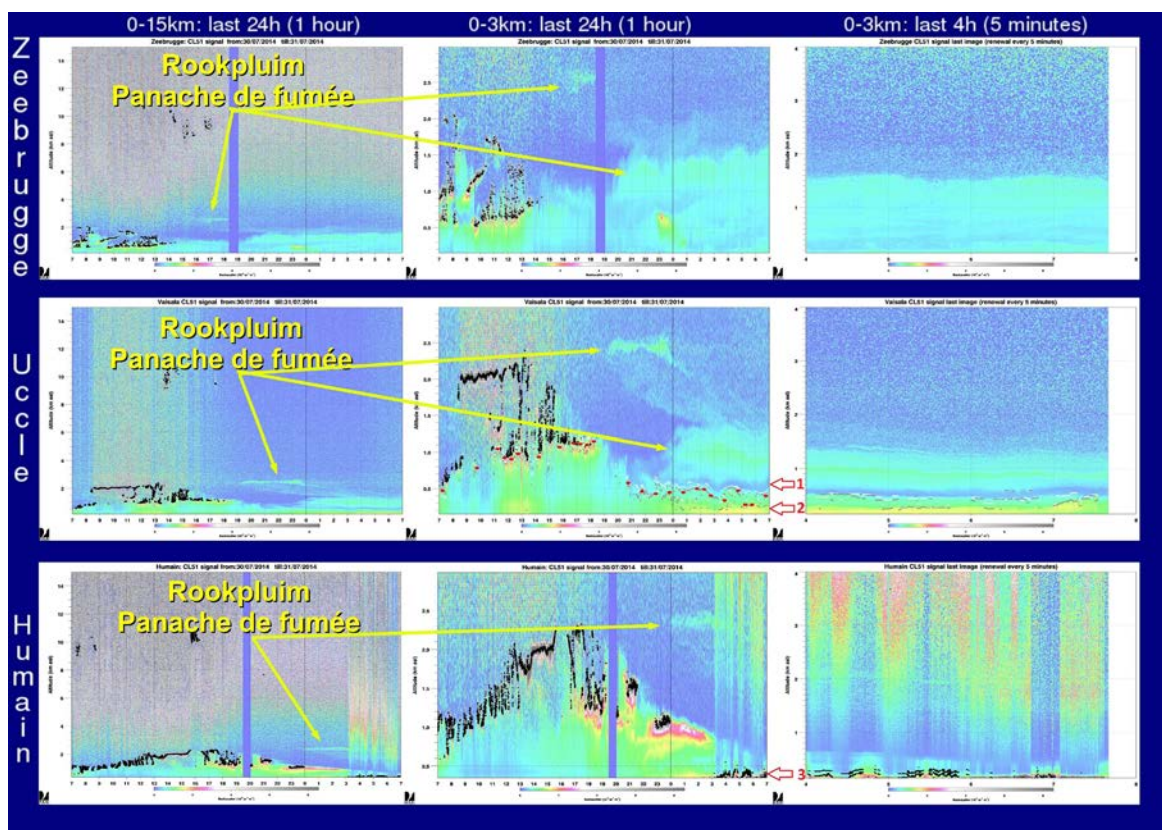


Figure 7: Images ceilomètre-LIDAR de Zeebrugge, Uccle et de Humain créées à 7h50 (UTC) le 31 juillet 2014. Dans la colonne de gauche, les dernières 24h (résolution 1h) de mesures entre 0 et 15km d'altitude (au-dessus du niveau de la mer). Dans la colonne du milieu, les dernières 24h (résolution 1h) de mesures entre 0 et 3 km d'altitude. Dans la colonne de droite, les dernières 4h de mesures (résolution 5 min) entre 0 et 4 km d'altitude. Le code de couleurs des images représente l'intensité du signal rétro-diffusé (backscatter) mesuré par le ceilomètre-LIDAR.

INTÉGRATION DE BELLS DANS INCA-BE POUR DES AVERTISSEMENTS PLUS PRÉCIS EN CAS D'ORAGE

Depuis quelques années déjà, les prévisionnistes de l'IRM font appel à INCA-BE pour établir et affiner leurs prévisions.

Le système INCA-BE (Integrated Nowcasting through Comprehensive Analysis BELgium) est un programme informatique qui génère toutes les heures une prévision de la température, du point de rosée, du vent, de l'humidité de l'air, de la température du sol et de la température ressentie, et ceci pour les 12 prochaines heures. En outre, le système produit toutes les 10 minutes une prévision de la quantité et du type de précipitations (pluie ou neige) pour les 4 prochaines heures.

En 2014, le système a été amélioré de manière à produire une prévision de l'activité électrique associée aux orages. A cette fin, INCA-BE intègre les observations du système de détection de la foudre BELLS (voir ci-après) et les projette dans le futur de la même manière que les précipitations. La figure 8 montre un exemple de cette extrapolation. L'intégration de BELLS dans INCA-BE permettra de fournir des avertissements plus précis et plus précoces en cas d'orage et d'améliorer ainsi le système d'avertissements automatiques d'orage par sms (SAFIR-SMS).

3 LES NOUVEAUX PRODUITS DE L'IRM

BELLS

L'observation des éclairs est réalisée à l'aide du système BELLS 'Belgian Lightning Location System'. BELLS est constitué de différentes antennes qui captent le rayonnement électromagnétique émis par les éclairs. Les enregistrements des différentes antennes sont envoyés en temps réel vers un processeur central à Uccle qui calcule le lieu, le moment et l'intensité des décharges observées. A côté des antennes de l'IRM situées en Belgique,

le système fait également appel aux données de capteurs situés aux Pays-Bas, en France et en Allemagne. Pour garantir le bon fonctionnement et affiner la qualité des données, l'IRM a fait l'acquisition de deux nouveaux capteurs. Le réseau sera donc étendu avec comme bénéfice attendu une meilleure précision de localisation et un taux de détection encore plus élevé.

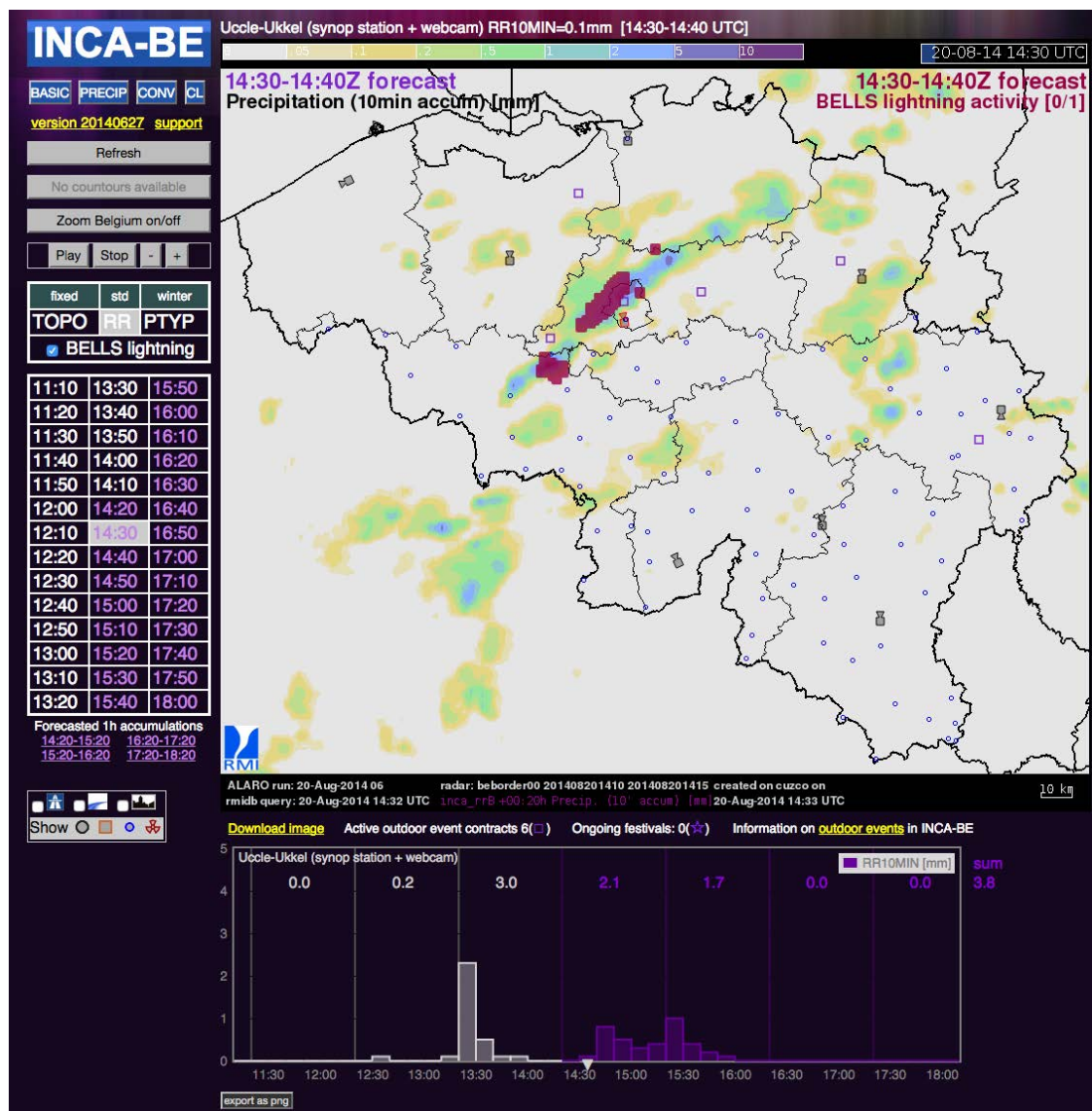


Figure 8: Capture d'écran de l'interface web de INCA-BE qui montre l'activité électrique prévue (en violet) superposée aux précipitations prévues (20 août 2014) à une échéance de 20 minutes.

UPGRADE DE LA STATION AUTOMATIQUE À ZEEBRUGGE

Après la mise en service de la nouvelle station météorologique automatique de Stabroek en 2013, l'IRM a commencé la rénovation des autres stations du réseau en 2014.

La première station à avoir été rénovée est celle de Zeebrugge. Cette station se situe sur la digue du port et reflète donc bien les conditions météorologiques de la Côte. Les données de cette station sont maintenant envoyées en continu et en temps réel vers les ordinateurs de l'IRM. De cette manière, nos prévisionnistes sont en permanence au courant des conditions météorologiques

à cet endroit. L'IRM va doter toutes ses stations automatiques de ce système de transmission afin de pouvoir suivre l'évolution du temps de très près. Nous avons dès lors débuté les préparations pour les modifications à la station de Humain. Nous allons également régulièrement contrôler les senseurs des stations rénovées et les ré-étalonner si nécessaire. Nous tendons toujours vers une encore plus grande qualité de données !

La station de Zeebrugge dispose aussi d'une webcam qui peut livrer des informations sur la couverture nuageuse. Nous avons aussi décidé d'y installer un ceilomètre LIDAR afin de compléter ce réseau développé en 2014.



Figure 9: La station automatique (bas) et le LIDAR (haut) à Zeebrugge.

3 LES NOUVEAUX PRODUITS DE L'IRM

NOUVEAU SYSTÈME DE MESURE DES PROPRIÉTÉS MAGNÉTIQUES DES MATÉRIAUX

Fin 2014, l'IRM a installé un nouveau système de mesures des propriétés magnétiques des matériaux (MPMS3 - Magnetic Properties Measurement System) de type SQUID (Superconducting QUantum Interference Device) en son Centre de Physique du Globe à Dourbes (Viroinval). Le Centre de Physique considère le MPMS3 comme un instrument d'importance stratégique afin de se positionner comme pôle d'excellence dans le domaine de la recherche scientifique au niveau de la mesure des propriétés magnétiques des matériaux en Belgique. Cela nous permettra d'attirer des projets de recherche dans différents secteurs d'activités, et de jouer ainsi un rôle moteur de l'innovation en Belgique, ce qui est un des objectifs du projet Magnetic Valley dans le cadre duquel cette acquisition a été réalisée.

Grâce à ce magnétomètre évolué, nous pouvons mesurer de façon détaillée les propriétés magnétiques de matériaux naturels (roches, sols, sédiments, terres cuites) et artificiels (ferrofluides, scories de combustion industrielle, boues de stations d'épuration d'eau, nanotubes de carbone, couches minces) dans une large gamme de température, de champs et de fréquence.

Les mesures obtenues par ce système donnent la réaction magnétique du matériau soumis à des champs magnétiques et permettent de caractériser les propriétés magnétiques de ce matériau. Ces propriétés sont très dépendantes des conditions environnementales qui prévalent lors de la formation de ces matériaux, ce qui nous permet de tirer des conclusions sur l'environnement ambiant. Bien qu'il existe des méthodes non-magnétiques permettant de caractériser ces conditions environnementales, elles font souvent appel à des agents chimiques toxiques, polluants, destructeurs ou présentant d'autres contraintes (par exemple: limitation conditionnée par la composition chimique). Les miné-

raux magnétiques sont présents dans tous les types d'environnements parce qu'ils sont, pour la plupart, à base de fer et d'oxygène, et que ces éléments sont les plus abondamment présents dans la croûte terrestre.

Pour cette raison, le MPMS3 peut être utilisé pour la caractérisation d'environnements complètement différents. Cette recherche des conditions environnementales de formation de matériaux est importante en:

- sciences environnementales,
- en géologie,
- en paléoclimatologie,
- en archéologie.

En outre, les propriétés magnétiques peuvent aussi être utilisées dans le cadre du développement de (nano) matériaux magnétiques pour vérifier si les propriétés magnétiques voulues ont été atteintes au terme du processus de fabrication. Ceci ne peut être vérifié avec aucune autre méthode et sera utilisé notamment dans le cadre du développement d'applications médicales et environnementales.

La mesure des propriétés magnétiques est très importante pour beaucoup de nos projets de recherche.

Par exemple, pour la détermination du champ magnétique terrestre passé :

- L'étude des propriétés spécifiques des grains magnétiques permet de déterminer l'intensité du champ magnétique dans le passé. Le MPMS3 permet d'établir des conclusions sur l'état d'oxydation et la taille des grains magnétiques au sein de l'échantillon, ce qui est crucial pour minimiser la marge d'erreur sur la mesure finale.
- Le MPMS3 peut aussi contribuer à estimer les quantités de précipitations dans le passé. Ceci est rendu possible en mesurant la susceptibilité magnétique sur

des dépôts de Loess (roches sédimentaires détritiques d'origine éolienne). Les mesures sur la série sédimentaire de Lingtai (Chine) vont nous permettre d'établir les variations des intensités des moussons au cours des derniers 7 millions d'années!

Un autre domaine d'application est l'analyse de la pollution :

- D'une part nous allons mener une étude de faisabilité pour développer un test magnétique de vérification du niveau d'efficacité des processus de purification de l'eau et du degré de contamination des boues de stations d'épuration.
- D'autre part, le MPMS3 va permettre une meilleure caractérisation des sols pollués aux métaux lourds. Grâce au MPMS3, nous améliorerons notre outil magnétique de cartographie permettant de faire cette distinction, et donc de faire une meilleure évaluation de la pollution aux métaux lourds.

Une autre application très prometteuse est le développement de ferrofluides :

- Il s'agit de liquides ferromagnétiques, constitués de billes magnétiques nanométriques enrobés d'une couche organique servant à éviter que les billes ne s'agglomèrent. Ces ferrofluides sont notamment utilisés pour traiter le cancer par hyperthermie magnétique. Ce traitement anticancéreux expérimental consiste à détruire les cellules cancéreuses en les chauffant par induction: les ferrofluides injectés dans la tumeur cancéreuse sont soumis à des champs magnétiques alternatifs. Grâce au MPMS3, nous allons chercher quelles sortes de billes magnétiques dégagent suffisamment de chaleur et avec quelle efficacité cette action thermique peut être réalisée.
- Un projet visant à développer des ferrofluides destinés à l'hyperthermie magnétique a été proposé par l'IRM

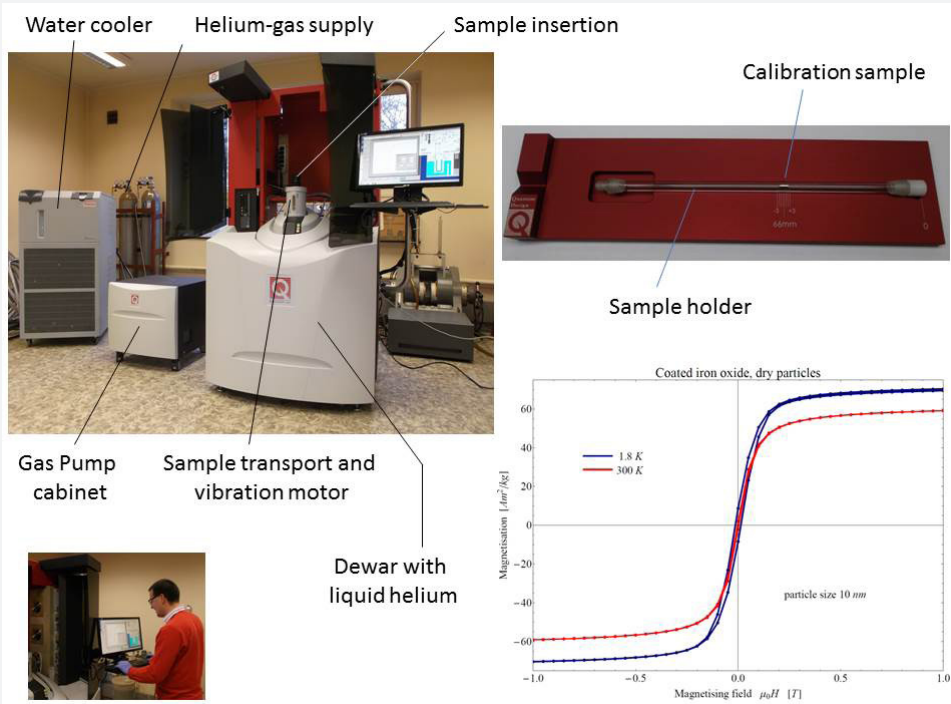
au niveau européen: le programme COST. Ce projet mené par l'IRM a été accepté fin 2014 et 22 pays européens y ont adhéré.

A côté de ce vaste projet européen ainsi que d'autres collaborations internationales, le Centre de Physique du Globe de l'IRM collabore étroitement avec de nombreuses organisations belges telles que le Musée des Sciences Naturelles de Belgique et plusieurs universités du pays et étrangères telles que l'Université fédérale de Kazan (Fédération de Russie) et le Laboratoire de Paléomagnétisme Fort Hoofddijk, Utrecht, (Pays-Bas).

Nous gageons que ce MPMS3 va considérablement intensifier les collaborations existantes au niveau belge, et en attirer de nouvelles.

3 LES NOUVEAUX PRODUITS DE L'IRM

Principaux composants du système de mesures des propriétés magnétiques des matériaux (SQUID- MPMS3) installé à Dourbes et premiers résultats de mesures. Nous avons mesuré la magnétisation en fonction d'un champ magnétisant de +1 Tesla à -1 Tesla (et inversement) d'un échantillon composé de nano-cristaux magnétiques d'oxydes de fer enrobés. Comme pronostiqué par le calcul théorique, la magnétisation maximale à la température ambiante (courbe rouge) est inférieure par rapport à la température basse (courbe bleue). L'étude de cet effet est importante pour déterminer l'affaiblissement de la magnétisation maximale en fonction de la température afin de mieux estimer la dose thermique à laquelle la tumeur est exposée lors d'un traitement par hyperthermie magnétique.



L'IRM LANCE UNE NOUVELLE SECTION ÉDUCATIVE SUR SON SITE WEB



Avec l'aide complice des mascottes Meteoz et Nova, l'IRM lançait dès la rentrée 2014 une section éducative sur son site web, ayant pour cible le public des 8-13 ans.

Dans la rubrique 'Documentation', les enfants et les enseignants peuvent télécharger des fiches pédagogiques, centrées chacune sur un thème lié à la météorologie ou à la climatologie. Courtes et facilement imprimables, elles sont idéales pour éveiller l'intérêt des enfants sur les notions du temps et de la météo.

Entre Meteoz, toujours curieux d'apprendre, et Nova, vrai puits de science, il ne peut qu'y avoir une bonne entente! Tu es un bon bricoleur passionné par la météo? Pour toi, nous avons créé la fiche 'Construis ta propre station météo avec Meteoz'. Tu te fais des soucis sur l'environnement? Jette un œil à nos fiches sur le changement de climat et l'effet de serre. Tu es fasciné par

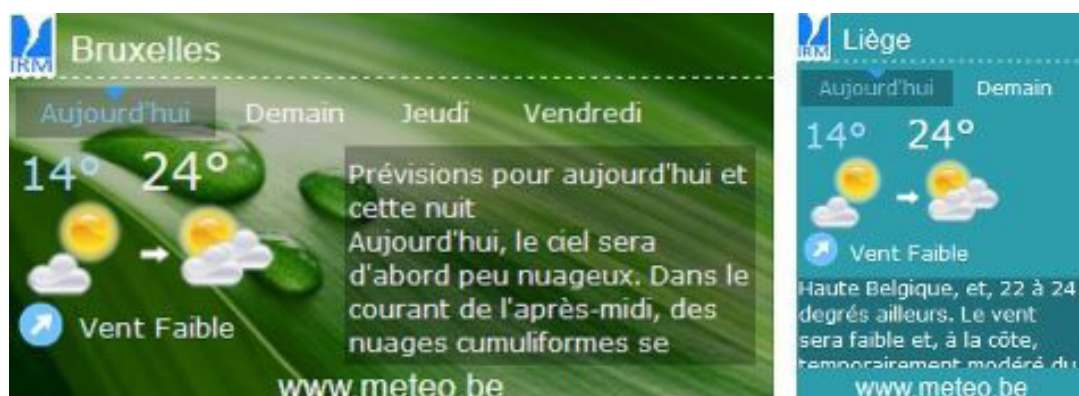
les phénomènes météo spectaculaires? Alors la fiche sur les orages est vraiment ton truc. Tu es curieux? Jette un œil à notre nouvelle page web: 'Chez Meteo et Nova' sous la rubrique 'Documentation' sur www.meteo.be.

Par la même occasion, nous en avons profité pour compléter le Dico Météo, aussi dans la rubrique "Documentation". Il s'agit d'une liste explicative de

termes météorologiques courants mais aussi parfois plus exotiques.

La connaissance étant une source inépuisable, nous continuerons à alimenter cette partie éducative de notre site web avec de nouvelles fiches et de nouvelles définitions.

LA MÉTÉO SUR VOTRE SITE INTERNET



Afin d'augmenter la sécurité de la population, l'IRM crée en août 2014 un tout nouveau widget. Dorénavant, les personnes intéressées peuvent afficher sur leur propre site web de façon conviviale les dernières prévisions météorologiques de l'IRM, tout cela gratuitement.

En quoi est-il différent des autres widgets qui existent sur le net ?

Tout d'abord, les données météorologiques proviennent de l'IRM et sont dès lors officielles et fiables contrairement à certaines autres applications du même type que l'on peut trouver sur la toile. Mais la différence majeure avec les autres widgets météo est que celui que l'IRM vous propose est totalement customisable afin qu'il se marie parfaitement au design de votre site internet.

Vous pourrez ainsi personnaliser à souhait :

- le format (vertical, horizontal, 16/9,...);
- l'image d'arrière-plan;
- la palette de couleur;
- la transparence;
- le nombre de jour pour lesquels vous désirez recevoir les prévisions.

Ensuite, les informations peuvent être personnalisées en fonction de votre localisation et sont mises à jour en temps réel. En plus d'annoncer le temps qu'il fera près de chez vous, ce widget vous avertit en cas :

- d'averse intense, d'orage, de chute de neige, de vent violent;
- de forte chaleur;
- d'apparition de verglas;
- de marée forte;
- d'alerte de brouillard.



4 LA METEO EN 2014

2014, UNE ANNÉE MARQUÉE PAR DES ÉPISODES ORAGEUX REMARQUABLES...

Plusieurs épisodes orageux intenses ont marqué cette année 2014.

Les tempêtes hivernales...

Plusieurs orages ont été observés durant l'hiver; ce qui, en soi, n'est pas exceptionnel. En effet, les masses d'air plus froides circulant au-dessus des océans sont le siège d'instabilité en raison de la température plus élevée de ces derniers. L'air qui est en contact direct avec la surface de l'eau se réchauffe et cela conduit à de l'instabilité. Cette instabilité est à l'origine de développement d'averses au-dessus de la mer. Il est à noter qu'en saison estivale, les orages se développent par contre principalement au-dessus des terres parce qu'elles sont alors plus chaudes que l'eau de mer.

Le 3 janvier, une ligne d'averses orageuses particulièrement intense a traversé notre pays et a essentiellement affecté la Flandre. Plus de 9000 décharges électriques ont été observées; ce qui est remarquable pour un orage hivernal. Cette structure orageuse s'est formée au sein d'une masse d'air froide devenue instable suite à son passage au-dessus de la Manche. La dynamique en altitude était également importante et caractérisée par la présence d'un creux sur nos régions en fin d'après-midi. Ces éléments (l'instabilité au-dessus de la Manche et la dynamique en altitude) ont ainsi été à l'origine de ces développements orageux intenses et organisés.

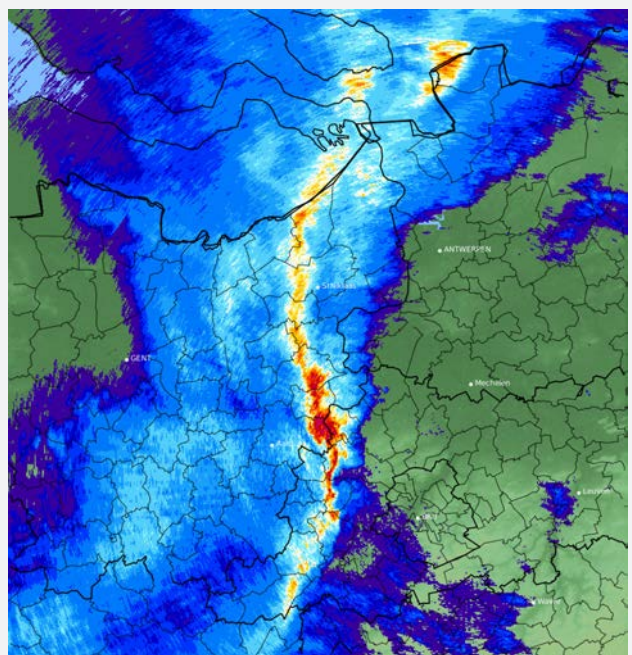


Figure 10: Image radar (Zaventem) montrant la ligne d'averses orageuses du 3 janvier à 16h40. La portion intense de cette ligne (en rouge) s'approchait alors de Bruxelles et d'Anvers.

Notons qu'un autre épisode orageux est intervenu le 25 janvier, suite au passage d'un creux d'altitude marqué. Il a été à l'origine de violentes bourrasques de vent occasionnant des dommages localement importants en Flandre, ainsi que de deux tornades dans notre pays (à Wingene et Rekkem).

4 LA METEO EN 2014

LES ORAGES DURANT LA SAISON ESTIVALE

L'été 2014 a été marqué par un grand nombre d'orages. Les causes météorologiques de leur développement n'ont pas toujours été les mêmes.

Les orages du week-end de la Pentecôte

Plusieurs offensives orageuses ont touché notre pays durant la période du 7 au 9 juin. Le samedi 7 juin, une cellule orageuse a donné lieu à d'importantes chutes de grêle, occasionnant de nombreux dégâts. La situation atmosphérique était caractérisée par une remontée d'air chaud et humide venant de la France. En fin de journée, la frontière entre cet air chaud et de l'air plus frais en approche par l'ouest, se situait sur nos régions et a été à l'origine des développements orageux. Il s'agissait de quelques cellules très localisées mais dont l'activité était très marquée.

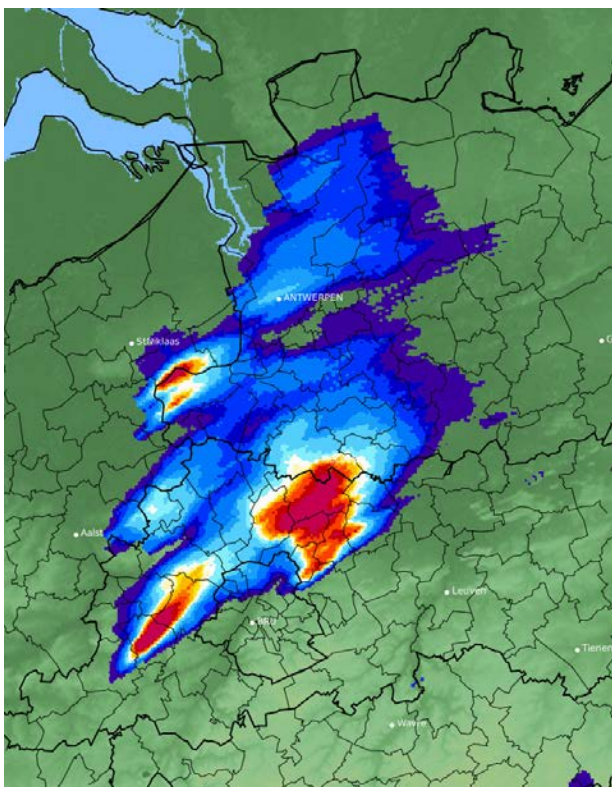


Figure 11: Image radar (Wideumont) montrant les cellules orageuses à l'origine de chutes de grêle, juste après leur passage sur le nord de Bruxelles le 7 juin à 21h20.

Les orages du mois de juillet

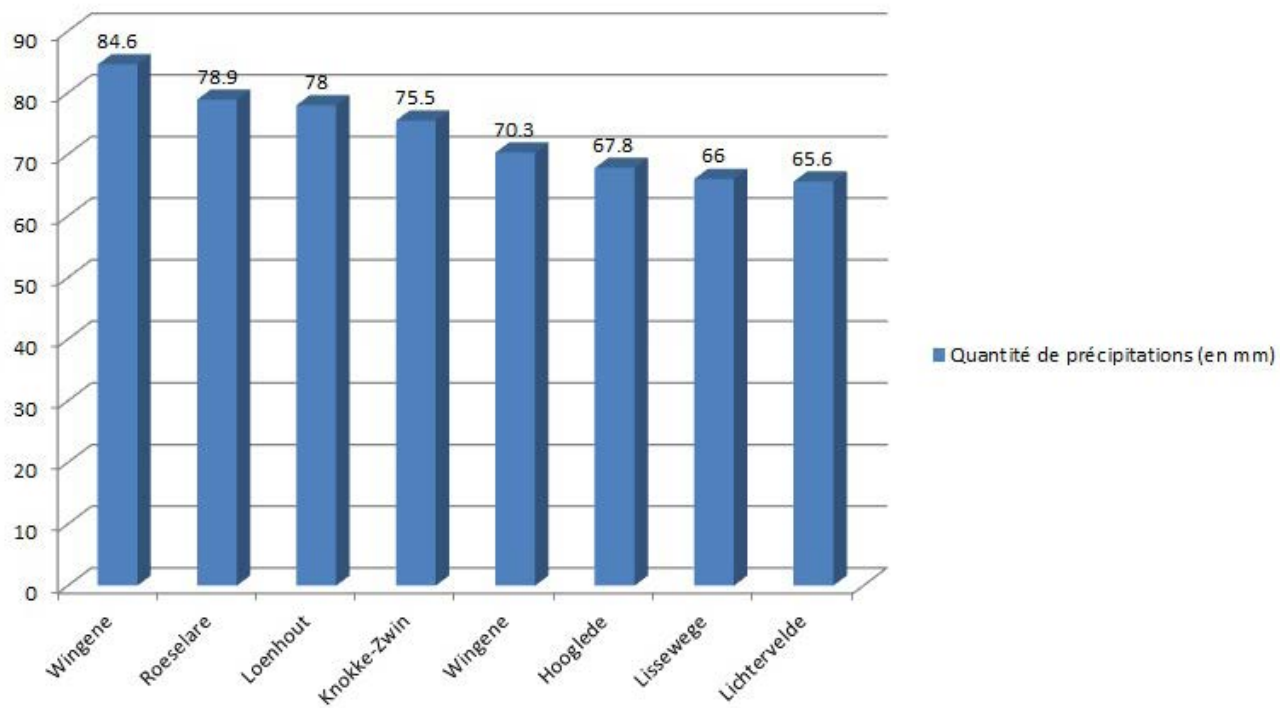
Le mois de juillet a été marqué par des épisodes orageux à l'origine de pluies intenses conduisant parfois à d'importants cumuls de précipitations en quelques heures.

Le 28 juillet 2014, vers 3h00 du matin, de l'activité orageuse a fait son apparition au sud de la province de Flandre Occidentale. Ce fut le résultat d'une combinaison entre une dépression d'altitude sur l'Angleterre et de l'air chaud, humide et instable au-dessus de nos régions. Cette zone orageuse s'est relativement développée et s'est étendue en direction de la frontière avec les Pays-Bas. Vers 05h00, ce complexe orageux très actif s'est alors déplacé vers le centre de la province de Flandre Occidentale, ce qui a provoqué de gros dégâts sur la partie nord-ouest de la Côte belge vers 06h00. Le centre de la Campine anversoise a également été touché vers 7h00 avec de grandes quantités de précipitations. L'activité orageuse a ensuite quitté notre pays au niveau de la frontière néerlandaise, après 08h00.

Le réseau officiel de l'IRM ainsi que le réseau de IVA-VMM (Vlaamse MilieuMaatschappij) ont enregistré des quantités remarquablement importantes de précipitations entre 08h00 le 27 juillet 2014 et 08h00 le 28 juillet 2014.

Les plus grandes quantités horaires ont été mesurées à Loenhout (35,1 mm), à Roeselare (33,3 mm) et à Knokke-Zwin (75,5 mm en 45 minutes). Il va sans dire que ces très grandes quantités de pluie ont provoqué des inondations locales et des ruptures de digues.

Quantité de précipitations (en mm)



- Wingene: 84,6 mm
- Roeselare: 78,9 mm
- Loenhout: 78,0 mm
- Knokke-Zwin: 75,5 mm (mesurés entre 05h45 et 06h30, d'après notre observatrice)
- Wingene: 70,3 mm (la station des Radio Maritieme Diensten)
- Hooglede: 67,8 mm
- Lissewege (Brugge): 66,0 mm
- Lichtervelde: 65,6 mm

4 LA METEO EN 2014

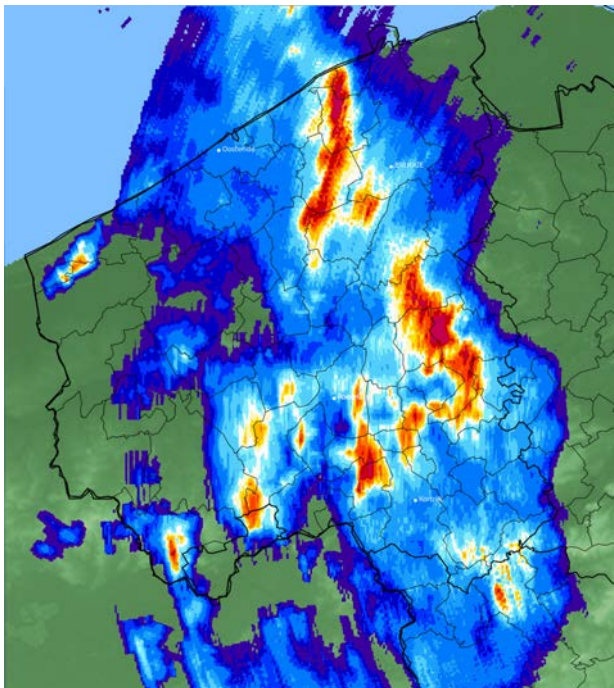


Figure 12: Image radar (image composée de Zaventem et Jabbeke) montrant les précipitations intenses associées à l'activité orageuse sur l'ouest du pays le 28 juillet à 5h00.

Des orages, accompagnés de précipitations intenses et abondantes, ont également touché certaines régions du pays le mardi 29 juillet 2014. Ces orages ont été provoqués par un flux d'air humide et très instable en provenance de l'Allemagne et des Pays-Bas, circulant autour d'une dépression d'altitude au-dessus du sud de la France. Cette dépression d'altitude est celle qui avait été observée en Angleterre le 28 juillet et s'était déplacée entretemps. L'humidité au sein de ces courants, combinée à l'échauffement diurne des basses couches de l'atmosphère, a conduit au développement de cellules orageuses d'extension verticale importante

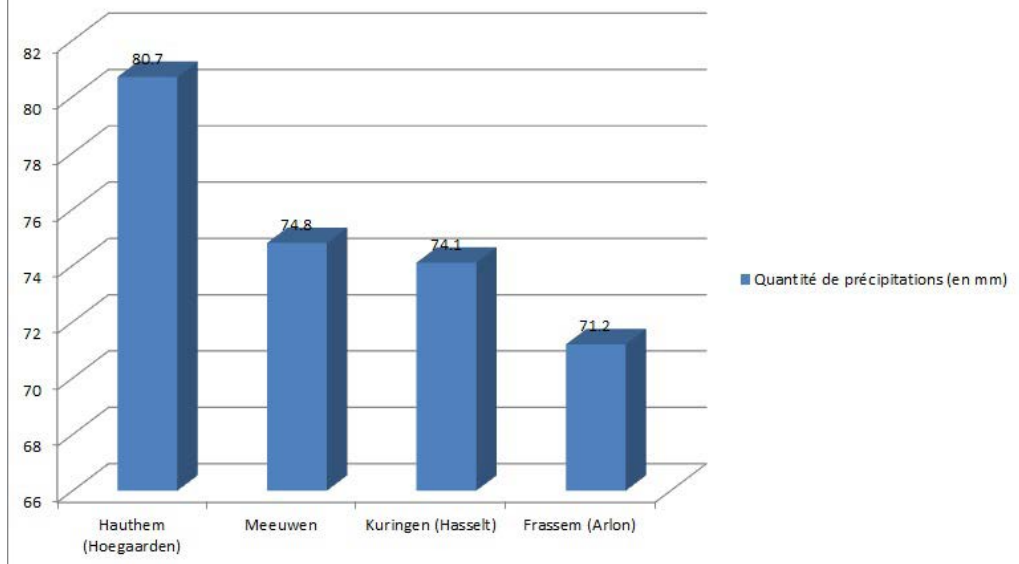
(plusieurs kilomètres) qui étaient parfois organisées en structures linéaires. De plus, un courant d'air plus frais venant de la Mer du Nord s'est enfoncé vers l'intérieur de notre pays à partir de la côte. Le conflit entre cet air plus frais, d'une part, et l'air plus chaud et humide venant du nord-est, d'autre part, a été à l'origine de la formation d'une ligne d'averses actives s'étendant de la province d'Anvers jusque l'est de la province du Hainaut.

En détail: aux environs de 15h45, les premières cellules orageuses se sont développées au-dessus de la Campine anversoise. Vers 15h15, l'orage prend de l'ampleur et se déplace dans la direction de la région de Bruxelles-Capitale, et c'est alors vers 16h30 que plusieurs noyaux orageux traversent le pays: un premier au sud de Bruxelles, un second entre Bruxelles et Hasselt, un troisième au nord-est de la province du Limbourg et, enfin, un troisième au-dessus de la Lorraine belge. Ces cellules orageuses localement très actives se sont déplacées en direction du sud-ouest vers le Brabant-Wallon et le Brabant-Flamand. Ces orages ont été très intenses vers 19h00 entre le Brabant-Wallon et le Limbourg. Ces phénomènes orageux sont restés relativement actifs sur la partie est du pays jusque 21h00, pour finalement le quitter après 23h00.

Certaines régions de notre pays ont reçu, en quelques heures, plusieurs averses intenses successives.

Les quantités de précipitations journalières ci-après ont été relevées par le réseau de mesure officiel de l'IRM et par le réseau de mesures de l'IVA-VMM (Vlaamse MilieuMaatschappij):

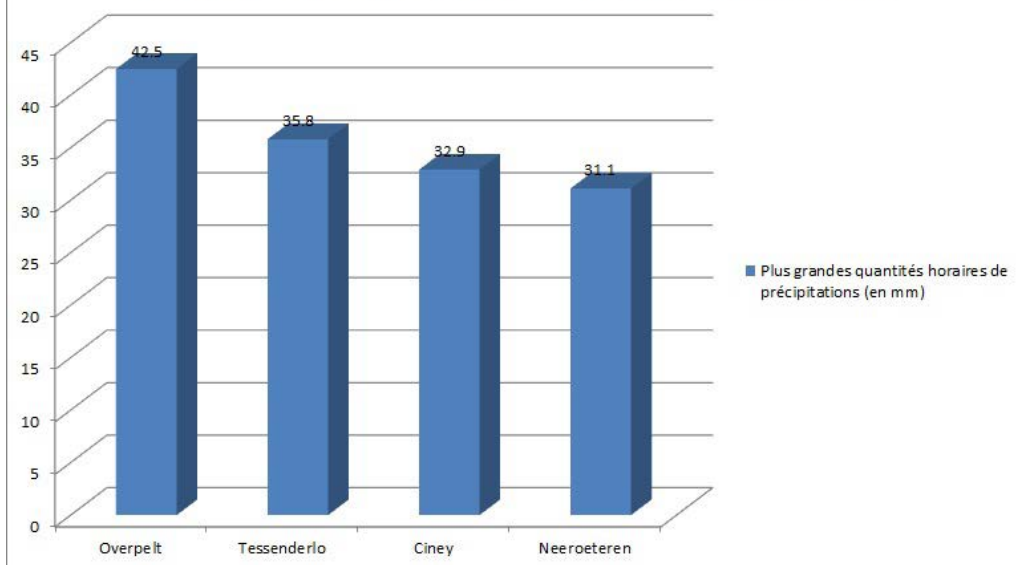
Quantité de précipitations (en mm)



- Hauthem (Hoegaarden): 80,7 mm
- Meeuwen: 74,8 mm
- Kuringen (Hasselt): 74,1 mm
- Frassem (Arlon): 71,2 mm

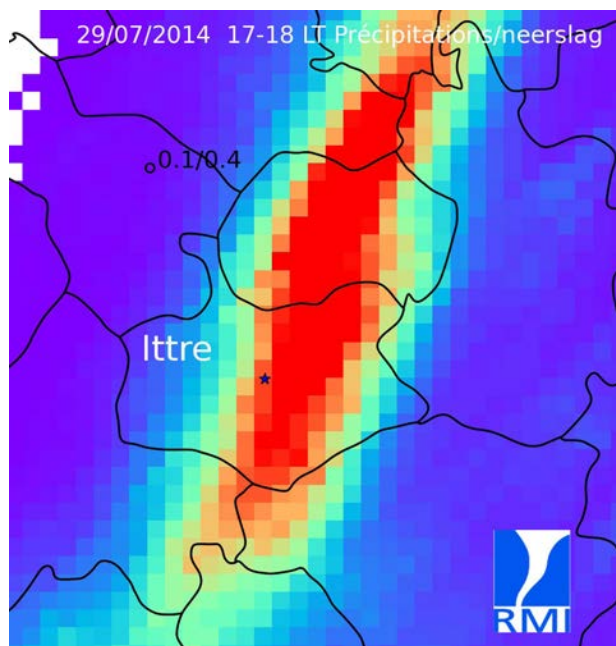
Ci-dessous quelques exemples de cumuls de précipitations mesurés en une heure seulement:

Plus grandes quantités horaires de précipitations (en mm)



4 LA METEO EN 2014

Le cumul de précipitations observé entre 17h et 18h est repris sur la figure suivante. Au sud-ouest de Bruxelles, nous pouvons distinguer une ligne très étroite où les précipitations ont été particulièrement importantes.



Un zoom centré sur la commune d'Ittre montre à quel point la zone de précipitations intenses a été localisée. Au sein d'une même commune, des variations en effet très importantes de quantités de précipitations sont observées. Le centre de la commune a été arrosé de pluies diluviennes alors que l'ouest a été largement épargné. Dans de telles situations, les radars météorologiques permettent de bien capter la répartition spatiale des précipitations et d'identifier les zones les plus touchées.

Les violents orages du mois d'août

Des averses orageuses, souvent accompagnées de violentes bourrasques de vent et même de tornades, ont été observées durant le mois d'août 2014. En particulier, les épisodes orageux qui sont intervenus entre le 8 et le 10 août ont donné lieu à au moins 5 tornades sur la Belgique (et environ 4 tornades sur le nord-ouest de la France). Cela constitue un nombre important de tornades sur une très courte période. Cette 'vague' de tor-

nades et de fortes rafales s'explique par la persistance de courants d'altitudes assez intenses, similaires à ceux que l'on observe habituellement en automne. Cette circulation plus intense dans les couches élevées de l'atmosphère a été à l'origine d'effets dynamiques supplémentaires, donnant lieu à des zones d'ascendances capables d'amorcer de puissants développements orageux.

La formation de tornades est très complexe. Dans le cas présent, la combinaison de deux facteurs est déterminante.

Premièrement, on trouve de l'air humide et assez chaud dans les basses couches de l'atmosphère, surmonté par de l'air plus froid. Cela conduit à une composition instable de l'atmosphère, très propice à la formation d'averses. L'air humide et chaud en surface, qui a une densité inférieure, s'élève à travers l'air froid qui le surplombe, dont la densité est plus importante. C'est le même mécanisme que les bulles d'air dans un liquide.

Deuxièmement, il existe une augmentation rapide de la vitesse du vent avec l'altitude, ce qu'on appelle 'cisaillement de vent'. Lorsque ce cisaillement est important, l'air a une propension à tourner, comme le feraient les ailes d'un moulin à vent. L'augmentation rapide de la vitesse du vent avec la hauteur conduit à des tourbillons à axe horizontal. Les mouvements d'air associés se ressentent sous forme de rafales.

Un orage qui se forme dans des conditions d'instabilité est le siège d'un fort courant ascendant plus ou moins vertical. Ce mouvement vertical peut, dans certaines circonstances, affecter l'axe des tourbillons horizontaux que nous avons mentionnés, de sorte qu'il peut au final se retrouver à la verticale autour de la cellule orageuse. La cellule orageuse est alors animée d'un mouvement de rotation et cette dynamique au sein du nuage peut conduire à la formation d'une tornade.

Au sein de telles cellules orageuses, il peut aussi se produire ce qu'on appelle des rafales descendantes. Une rafale descendante est causée par l'air froid, et donc lourd (forte densité), présent au sommet du nuage qui descend et s'étale rapidement vers le sol. Ce type de bourrasque peut provoquer autant de dégâts qu'une tornade, c'est pourquoi il est souvent difficile de les distinguer. Cela peut se faire par le biais d'investigations approfondies menées sur place, et couplées aux données des différents appareils de mesure comme les images radar. La récolte de témoignages, photos et vidéos est également importante. Ce type d'étude requiert souvent plusieurs jours de travail.

Les processus conduisant à la formation d'averses orageuses sont très complexes. Il n'est pas possible de prévoir, plusieurs heures ou jours à l'avance, si une commune en particulier sera touchée par un orage. Il n'est pas non plus possible de prédire si un orage sera accompagné d'une tornade ou de rafales descendantes. Par contre, ce qui peut généralement être anticipé par les prévisionnistes de l'IRM est la présence de conditions favorables au développement d'orages violents accom-

pagnés de tornades ou rafales de vent. Ils émettent alors des avertissements météorologiques pour alerter les autorités et la population d'une situation potentiellement dangereuse. Le niveau d'alerte (jaune, orange ou rouge) est fonction du degré d'impact attendu, allant d'un risque de problèmes localisés et limités à des dégâts répandus et sévères.

LES VENTS FORTS DES 14 ET 15 FÉVRIER 2014

Une dépression de tempête (nommée 'ULLA') s'est formée les 14 et 15 février 2014 sur l'Océan Atlantique. Celle-ci était très profonde puisque la pression en son centre avoisinait 958 hPa. Cette situation crée alors un appel d'air important et génère des vents très soutenus. Les vents les plus forts se situent dans la région où les isobares (lignes joignant les points de même pression atmosphérique) sont les plus serrés (voir image ci-dessous), cela peut être assimilé à une carte topographique où les courbes de niveau sont d'autant plus rapprochées que la pente est abrupte. Ici, il ne s'agit pas d'une pente mais d'une chute de pression.



4 LA METEO EN 2014

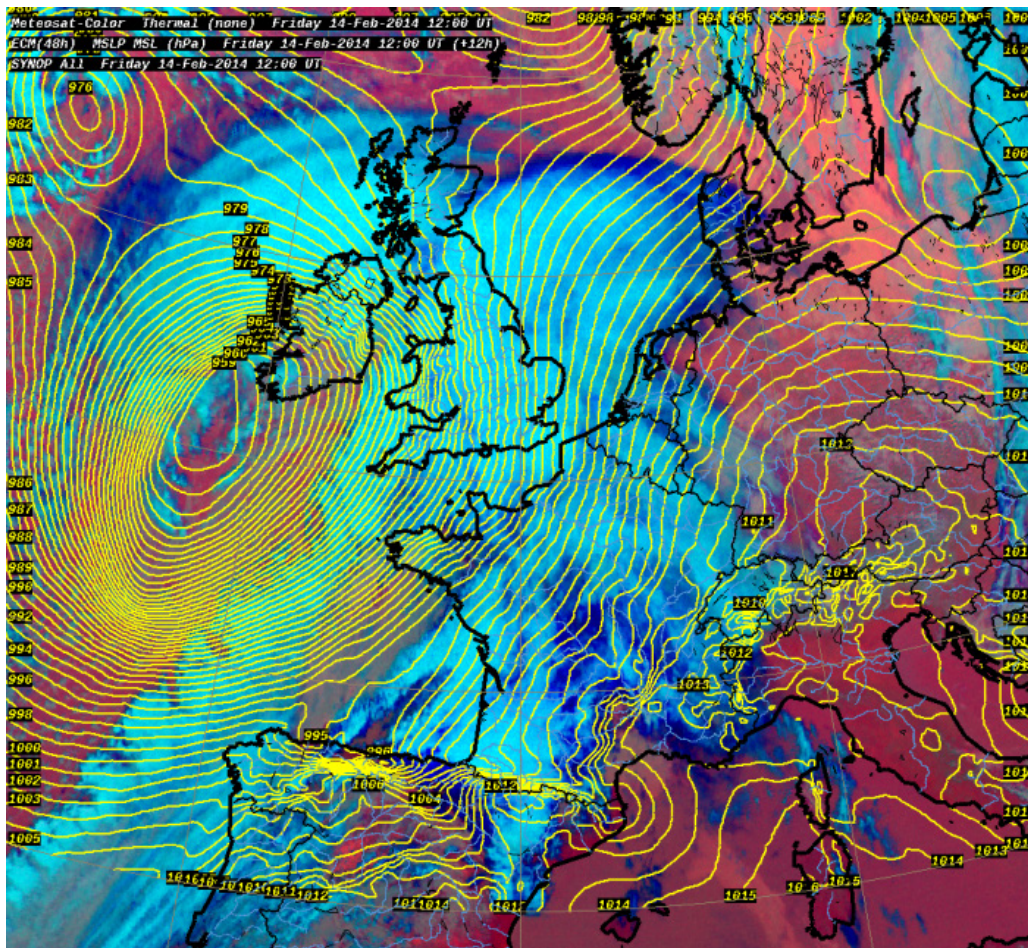


Figure 13: La dépression de tempête ULLA s'est rapprochée des côtes irlandaises dans l'après-midi du 14 février.

Dans le cas de 'ULLA', le resserrement maximum se présentait à l'arrière de la perturbation pluvieuse qui s'enroulait autour de la dépression, dans la zone où l'atmosphère est généralement instable et donc siège d'un brassage d'air important; ce dernier contribue alors à ramener l'énergie du vent d'altitude vers le sol, donnant ainsi lieu à de fortes bourrasques. Dans notre pays, le vent moyen a atteint 40 km/h à Middelkerke, avec des rafales jusque 83 km/h à Zeebrugge.

La dépression a ensuite poursuivi sa trajectoire vers le nord-est, pour atteindre l'ouest de la Norvège la nuit du samedi 15 au dimanche 16 février. La zone des vents les plus forts a touché le nord-ouest de la France (et

notamment la Bretagne), les Iles Britanniques, le Benelux, le nord-ouest de l'Allemagne, le Danemark et enfin les zones côtières de la Norvège et de la Suède.

De telles tempêtes sont typiques de la saison hivernale; elles se forment suite au contraste entre l'air polaire froid sur le nord Atlantique et les courants d'air subtropicaux plus doux qui remontent du sud-ouest. Les flux océaniques d'ouest à sud-ouest qui persistaient depuis plusieurs semaines poussaient alors ces dépressions vers l'Europe occidentale.

L'EX-OURAGAN GONZALO À NOTRE PORTE !

Une tempête a traversé le nord-ouest de l'Europe le 21 octobre 2014. Elle s'est initialement formée le 12 octobre à partir d'une perturbation tropicale à l'est de la mer des Caraïbes. Bénéficiant de conditions favorables, notamment la température très élevée de l'eau de mer (29°C), elle s'est très rapidement intensifiée pour devenir, à son moment d'intensité maximale, un ouragan de catégorie 4 (vents entre 209 et 251 km/h) baptisé Gonzalo. Se dirigeant tout d'abord vers l'ouest et traversant Antigua, une des îles Caraïbes, Gonzalo a changé de cap pour suivre une trajectoire en direction du nord-est. Juste avant de frapper les Bermudes le 17 octobre, Gonzalo s'est affaibli pour devenir un ouragan de catégorie 2 (vents de 154 à 177 km/h).

Gonzalo a continué à perdre de sa vigueur sur les eaux plus froides de l'Atlantique Nord et, poursuivant sa

course vers le nord-est, il a commencé à interagir avec la zone barocline (connue aussi sous le nom de 'front polaire') et le courant jet des latitudes tempérées. À partir du 19 octobre, en approchant les îles Britanniques, Gonzalo avait perdu son œil ainsi que la forme circulaire caractéristique d'un cyclone tropical, et adopté la forme d'une tempête extra-tropicale.

La transition extra-tropicale des cyclones tropicaux est un phénomène relativement fréquent. En moyenne, environ 46% des cyclones tropicaux – soit 4 à 5 par année – subissent une transition extratropicale dans l'Atlantique Nord. Lorsqu'elles se produisent, ces transitions peuvent parfois perturber la fiabilité des prévisions sur l'Europe à cause des énormes quantités d'énergie qui se propagent en aval du cyclone. Heureusement, cela n'a pas été le cas cette fois-ci !

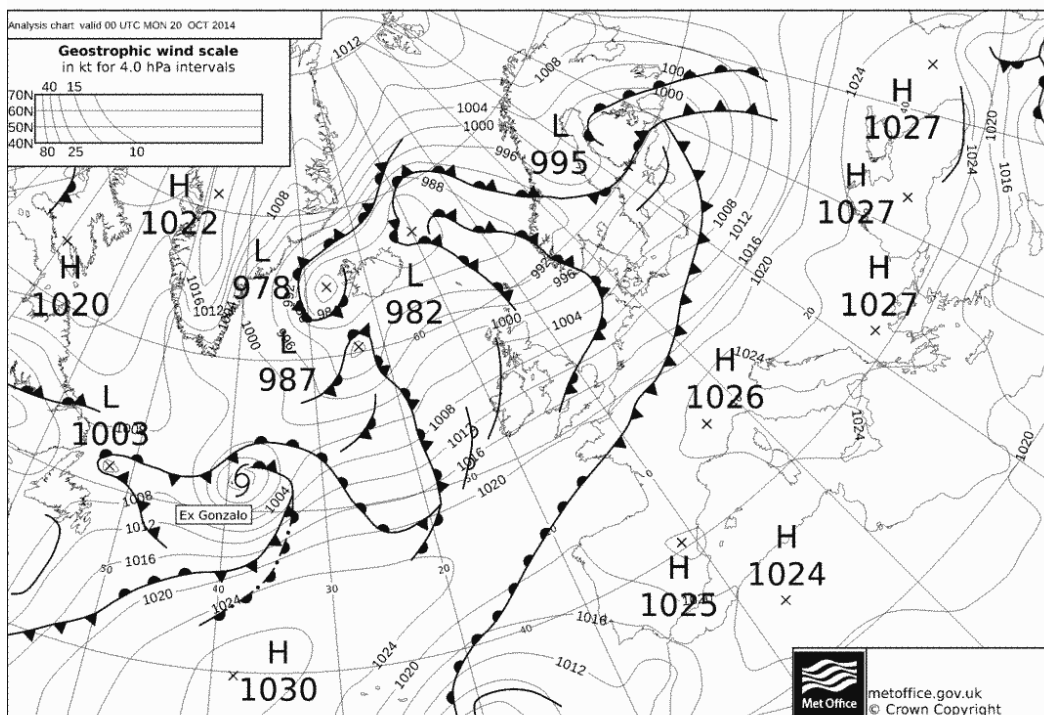


Figure 14: Carte d'analyse synoptique montrant la position de l'ex-ouragan Gonzalo le 20 octobre à 12h00 TU.

4 LA METEO EN 2014

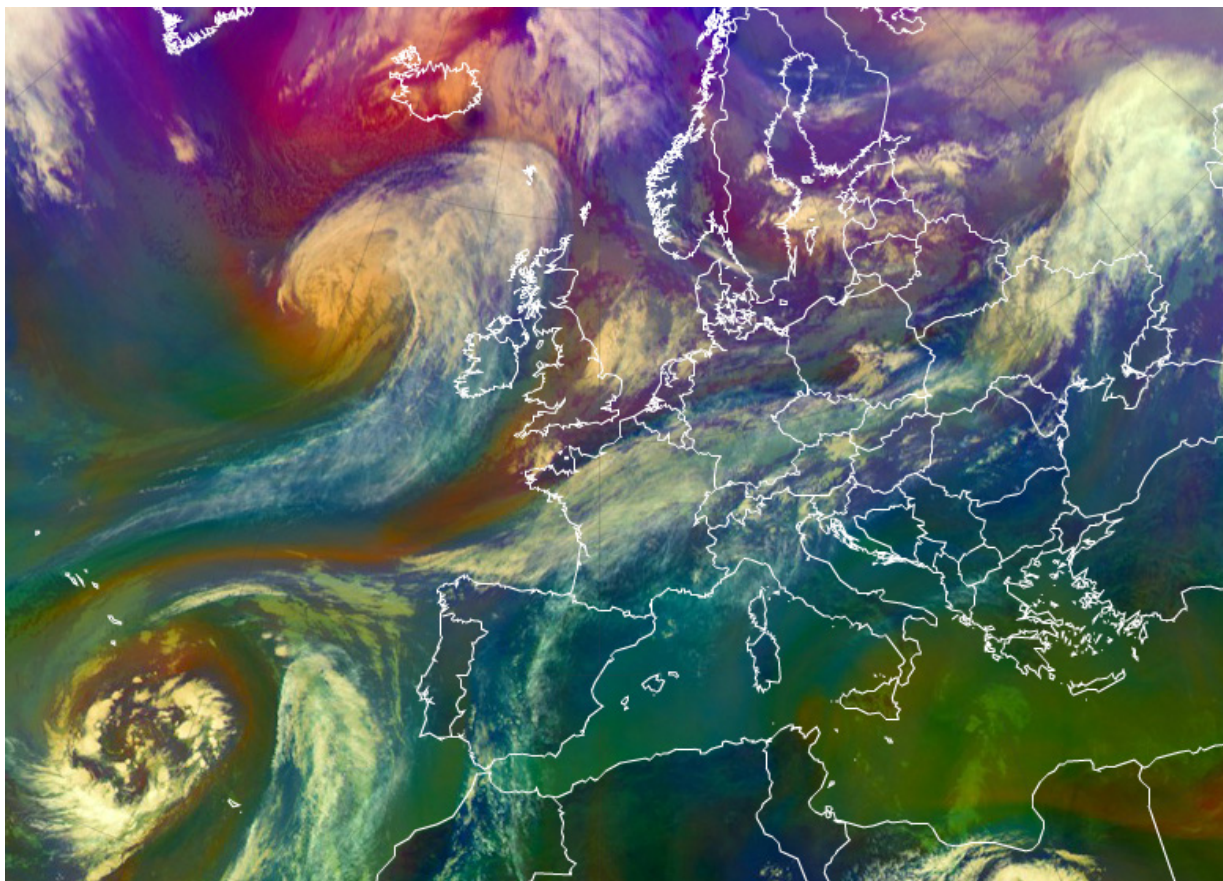


Figure 15: Image satellite de l'ex-ouragan Gonzalo à l'ouest du Royaume-Uni le 22 octobre 2014 à 12h00 TU.

RÉSUMÉ CLIMATOLOGIQUE DE L'ANNÉE 2014

2014... une année à retenir

L'année 2014 restera dans les annales climatologiques comme l'année la plus chaude à Bruxelles-Uccle depuis le début des relevés climatologiques en 1833. La température moyenne annuelle a atteint 11,9°C, soit 0,3°C au-dessus du record précédent de 2011 (11,6°C) et 1,4°C au-dessus de la valeur annuelle normale (10,5°C) (normales 1981-2010).

Au niveau de l'Europe, 2014 sera également une année record en température et au niveau planétaire, l'Organisation Météorologique Mondiale a déclaré 2014 comme l'année la plus chaude depuis 1850, juste devant 2010 et 2005.

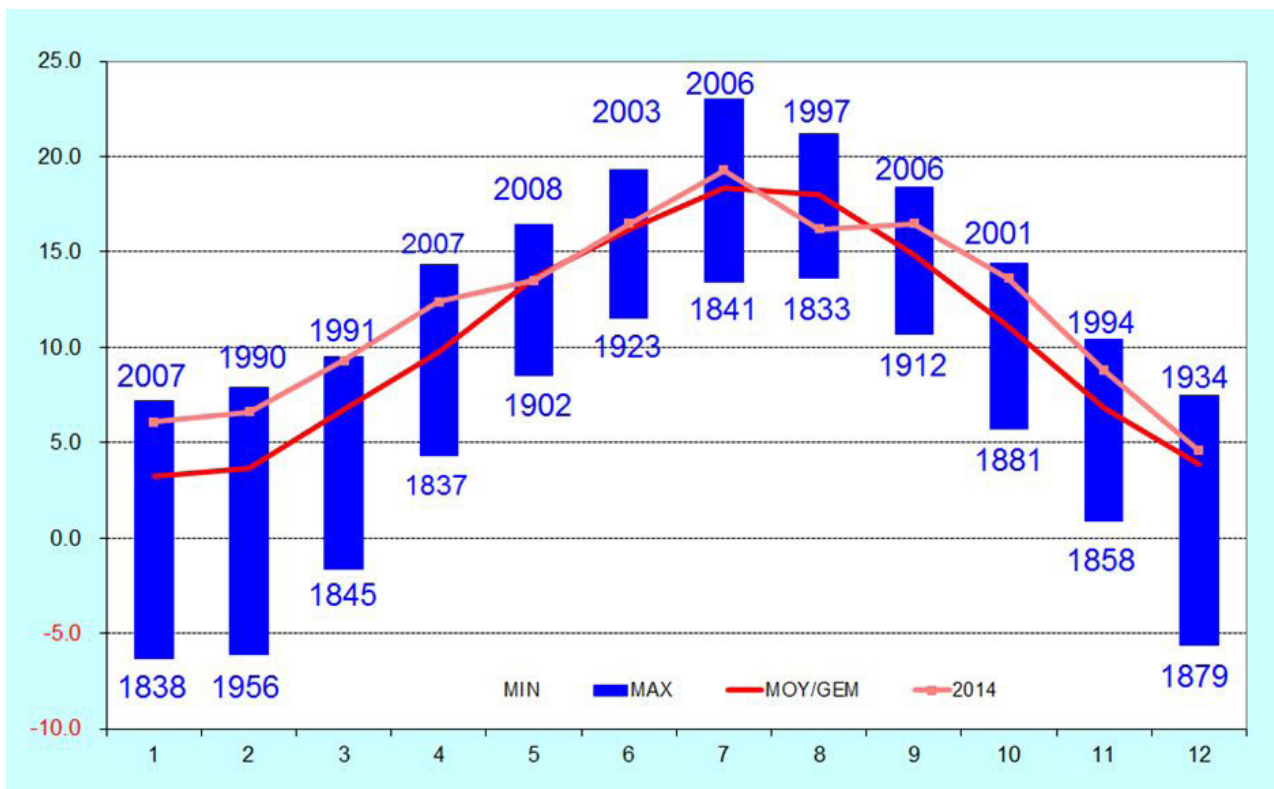


Figure 16: Les températures moyennes annuelles à Bruxelles-Uccle, entre 1833 et 2014 (en °C). Les droites horizontales rouges donnent les valeurs moyennes de ce paramètre sur trois périodes détectées comme 'stables' statistiquement (au cours de chaque période, les températures moyennes annuelles fluctuent autour de la valeur moyenne indiquée par la ligne rouge).

Des températures saisonnières remarquables

Le record de température annuel à Uccle s'explique par le fait que trois des quatre saisons ont connu des températures très remarquables.

- L'hiver (décembre 2013-février 2014) fut le deuxième hiver le plus chaud depuis le début des observations, avec 2,7°C au-dessus de la normale (3,6°C) et seulement à 0,3°C du record de 2007 (6,6°C).
- Le printemps fut le troisième le plus chaud, avec 1,6°C au-dessus de la normale (10,1°C) et à 0,6°C du record de 2007 (12,3°C).
- L'automne fut le deuxième le plus chaud, avec 2,1°C au-dessus de la normale (10,9°C) et à 0,9°C du record de 2006 (13,9°C).
- La température moyenne de l'été n'atteignit que 17,3°C, soit 0,2°C en dessous de la valeur normale (17,5°C), le mois d'août ayant été relativement frais puisque sa température moyenne (16,2°C) se situa 1,8°C en dessous de la normale.

Le Tableau 1 donne les valeurs annuelles de quelques paramètres observés à Uccle en 2014 (le tableau 2 définit les caractéristiques statistiques des paramètres indiquées dans le tableau).

4 LA METEO EN 2014

Paramètre	Année 2014	Normales	Car
Pression atmosphérique	1013,8	1016	te-
Vitesse moyenne du vent	3,6	3,4	a+
Durée de l'ensoleillement	1634,4	1544,6	n
Température moyenne	11,9	10,5	te+
Température maximale moyenne	15,6	14,2	te+
Température minimale moyenne	8,5	7	te+
Nombre de jours de gel (min <0°C)	10	46,4	te-
Nombre de jours d'hiver (max <0°C)	1	7,4	a-
Nombre de jours d'été (max >=25°C)	21	28,1	n
Nombre de jours de chaleur (max >=30°C)	2	4	n
Humidité relative	76,7	78,3	a-
Total des précipitations	784,3	852,4	n
Nombre de jours de précipitations	183	199	n
Nombre de jours d'orages dans le pays	107	94,8	a+

Tableau 1: Valeurs annuelles de quelques paramètres à Uccle en 2014

Code	Degrés d'anormalité	Phénomène égalé ou dépassé en moyenne une fois tous les
n	normal	-
a	anormal	6 ans
ta	très anormal	10 ans
e	exceptionnel	30 ans
te	très exceptionnel	100 ans

Tableau 2: Code du niveau d'anormalité. Phénomène égalé ou dépassé en moyenne une fois tous les x ans

Quelques autres chiffres marquants :

- Parallèlement à la température moyenne, les températures maximale et minimale ont également atteint à Uccle des valeurs moyennes annuelles très exceptionnellement élevées.
- Il y eut aussi un nombre très exceptionnellement faible de jours de gel (température minimale journalière inférieure à 0°C).
- En début d'année (janvier-février), notons encore qu'il n'y eut à Uccle qu'un seul jour au cours duquel des précipitations neigeuses furent observées (normale: 8 jours).

Une année relativement ensoleillée

Sur l'ensemble de l'année, l'ensoleillement a été légèrement excédentaire de 90 h à Uccle par rapport à la normale. Cet excès est principalement dû à un mois de mars très remarquable, puisque la durée d'insolation fut largement supérieure à la normale (197 heures de soleil pour une normale de 114 heures). En 2014, ce mois fut le deuxième le plus ensoleillé, après le mois de juin (207 h). Il devance les mois de juillet (194 h) et surtout le mois d'août (150 h).

D'autres faits remarquables :

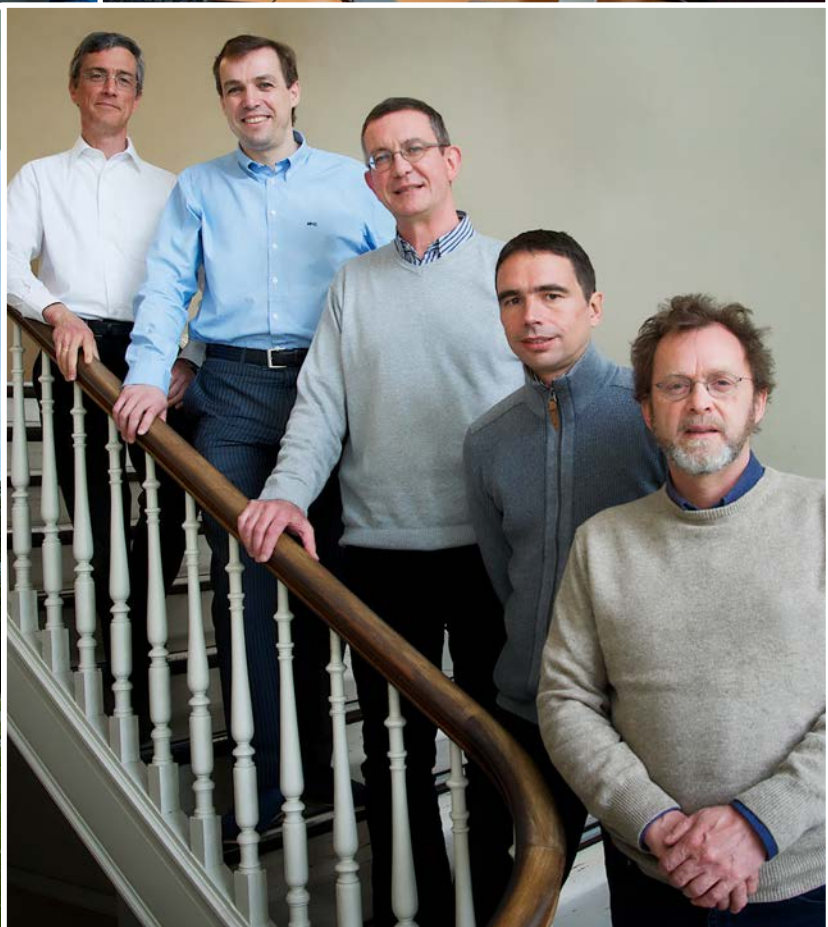
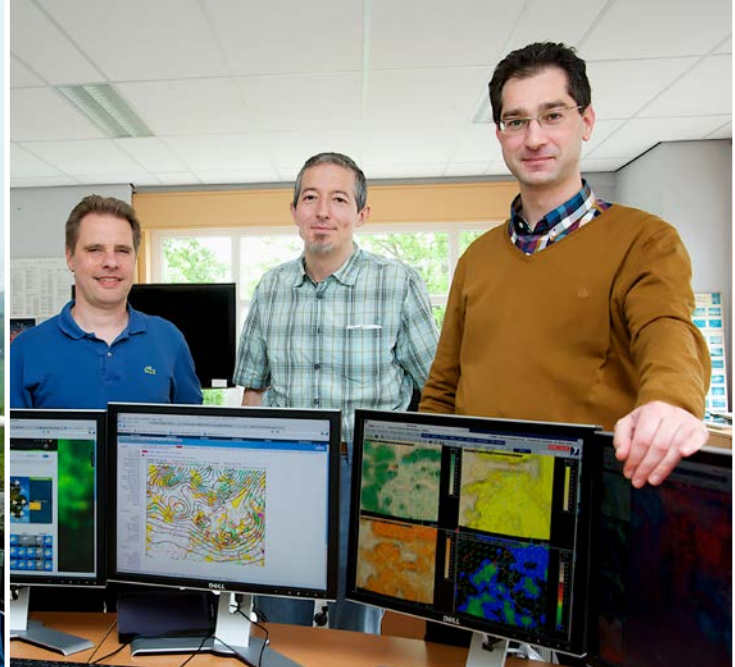
- Dans le pays, on a relevé à 13 dates différentes des températures maximales au moins égales à 30°C. Les journées les plus chaudes furent les 18 et 19 juillet, avec des maxima jusqu'à 35,6 °C à Dessel et 35,2 °C à Bilzen.
- On notera encore que, le 6 juin, la température minimale est descendue à 0.1°C à Elsenborn.
- La première gelée dans le pays a été enregistrée à la même station le 23 septembre, avec -1,2°C.
- A Uccle, le total des précipitations a été inférieur à la valeur normale. Les mois d'été et décembre ont été excédentaires, alors que le printemps et l'automne ont été assez déficitaires. Dans le pays, les totaux annuels ont varié de 536 mm à Leefdaal jusqu'à 1417 mm à Mont-Rigi. Lors de phénomènes orageux, des quantités journalières de pluies assez remarquables ont été relevées à quelques occasions. Le 9 juillet, il a été mesuré 85,9 mm en une journée à Louveigné et le 27 juillet, on a relevé 84,6 mm à Wingene.

...mais aussi des tornades en août

Le vent moyen à Uccle fut relativement normal sur l'ensemble de l'année. A 6 dates, on a mesuré des pointes de vent supérieures à 100 km/h à nos stations de mesures.

Sur l'ensemble de l'année, le nombre de jours d'orage observés dans le pays a été relativement élevé avec 107 jours. La valeur normale est de 95 jours. On retiendra également, fait assez remarquable, que 7 tempêtes ont été observées au cours du mois d'août:

- Le 8 août à Manhay, Sart-lez-Spa et entre Sauvenière et Jodogne;
- Le 10 août entre Gozée et Sombreffe;
- Le 15 août à Zeebrugge;
- Le 22 août à Lichtervelde et à Leuze.



5 LA RECHERCHE A L'IRM

RECHERCHE À LA DIRECTION OPÉRATIONNELLE 'RECHERCHE MÉTÉOROLOGIQUE ET CLIMATOLOGIQUE'

Les activités scientifiques de la direction opérationnelle 'Recherche météorologique et climatologique' sont structurées autour de trois domaines de connaissances : la compréhension des processus physiques, la modélisation numérique des processus atmosphériques et de surface, et le traitement statistique de données (statistique et validation). Le département connaît donc trois domaines d'application: la météorologie, le climat et des contributions à la recherche fondamentale.

Voici les étapes importantes franchies en 2014.

- L'étude sur la tempête du Pukkelpop du 18 août 2011 a été finalisée.
- Une première version du système INDRA (Integrated RMI Alert) a été fournie.
- Le modèle climatique ALARO de l'IRM a été utilisé par des collègues de l'université de Gand afin de réaliser une première simulation répondant aux spécifications du projet international CORDEX (voir ci-dessous).
- Les chercheurs de l'IRM ont validé cette première version, ce qui montre que le modèle répond aux exigences d'un modèle climatique régional state-of-the-art.
- Un modèle simplifié océan-atmosphère a été développé et les premiers tests ont été réalisés.

En outre, la direction opérationnelle 'Recherche météorologique et climatologique' a organisé un workshop international 'Advances in Climate Theory' et Emmanuel Roulin et Nicolas Ghilain ont défendu, respectivement, leur thèses de doctorat auprès de l'Université Libre de Bruxelles et de la Vrije Universiteit Brussel.

PUKKELPOP

La catastrophe qui s'est déroulée lors du Pukkelpop le 18 août 2011 est d'une importance capitale pour un service météorologique tel que l'IRM, aussi la recherche continue d'investiguer sur sa prévisibilité. Les dégâts connus lors du festival de Pukkelpop ont été causés par ce qu'on appelle des rafales descendantes, soit un mouvement d'air soudain et fort qui descend vers le sol (downburst en anglais). Au cours de l'année 2014, l'IRM a réussi à développer un indice relativement précis de la probabilité d'occurrence des rafales descendantes. Pour ce faire, les courants descendants lors de situations convectives ont été analysés à l'aide du modèle ALARO. Grâce à une innovation dans les calculs de ces variables, celles-ci sont maintenant utilisables pour prévoir les rafales descendantes. La figure 17 montre un exemple de ces courants descendants. On peut voir qu'elles ont été bien situées dans le cas de l'incident du Pukkelpop, à la fois temporellement et spatialement. On peut aussi noter qu'il est impossible que les précipitations dans l'ouest du pays se transforment en rafales descendantes. La méthode a été testée sur d'autres cas connus et les résultats ont été publiés (De Meutter et al. 2015).

INDRA

INDRA (INtegrated RMI Alert system) est un système d'avertissement pour les fortes précipitations (pluie et neige), les fortes marées et les tempêtes. Les prévisions en provenance de différents modèles, de très courte à moyenne échéance et probabilistes ou déterministes, y sont intégrées et visualisables sur une seule et même plateforme.

Une partie importante d'INDRA est le 'Grand Limited Area Model Ensemble Prediction System' (GLAMEPS), ce que l'on appelle un système de prévisions d'ensemble 'multi-modèles', où différents modèles et leurs différentes configurations sont utilisés. Ce système a été développé à l'IRM et permet d'estimer les quantités de pluie ou de neige qui tomberont jusqu'à deux jours à l'avance, à une résolution de 12 km.

Le système INDRA est opérationnel et sera testé et complété en 2015 à des fins de soutien aux prévisionnistes de l'IRM, en première instance.

De la recherche est également en cours afin d'améliorer les prévisions probabilistes de précipitations, à l'aide de méthodes statistiques. D'autres recherches sont aussi effectuées sur des systèmes de prévisions d'ensemble à encore plus grande résolution, avec pour but de pouvoir améliorer les avertissements en cas de tempêtes comme celle du Pukkelpop.

CORDEX-RUNS

Depuis 2014, l'IRM participe au programme CORDEX via le modèle ALARO-0 (voir figure 18). Entretemps, ce modèle a aussi été utilisé pour une simulation avec une résolution de 12 km sur le domaine EURO-CORDEX. Une majorité de ces runs de l'Université de Gand ont entretemps été validés. Il en ressort que le modèle climatique de l'IRM satisfait pleinement aux hautes exigences du projet CORDEX, et est même plus performant que la plupart des autres modèles régionaux CORDEX, en ce qui concerne les précipitations, et plus particulièrement, les précipitations intenses. L'IRM est donc scientifiquement prêt à effectuer d'autres simulations et études climatiques détaillées.

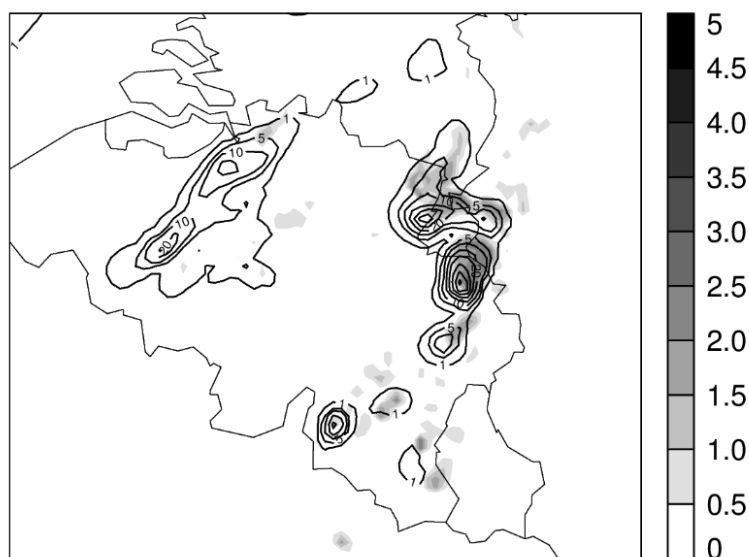


Figure 17: Courants descendants (zones en gris) et précipitations (contours) prévus par le modèle ALARO pour le 18 août 2011, lors du festival Pukkelpop, montrant une indication claire du pourcentage de chance d'occurrence de rafales descendantes.

RR scores for ALARO

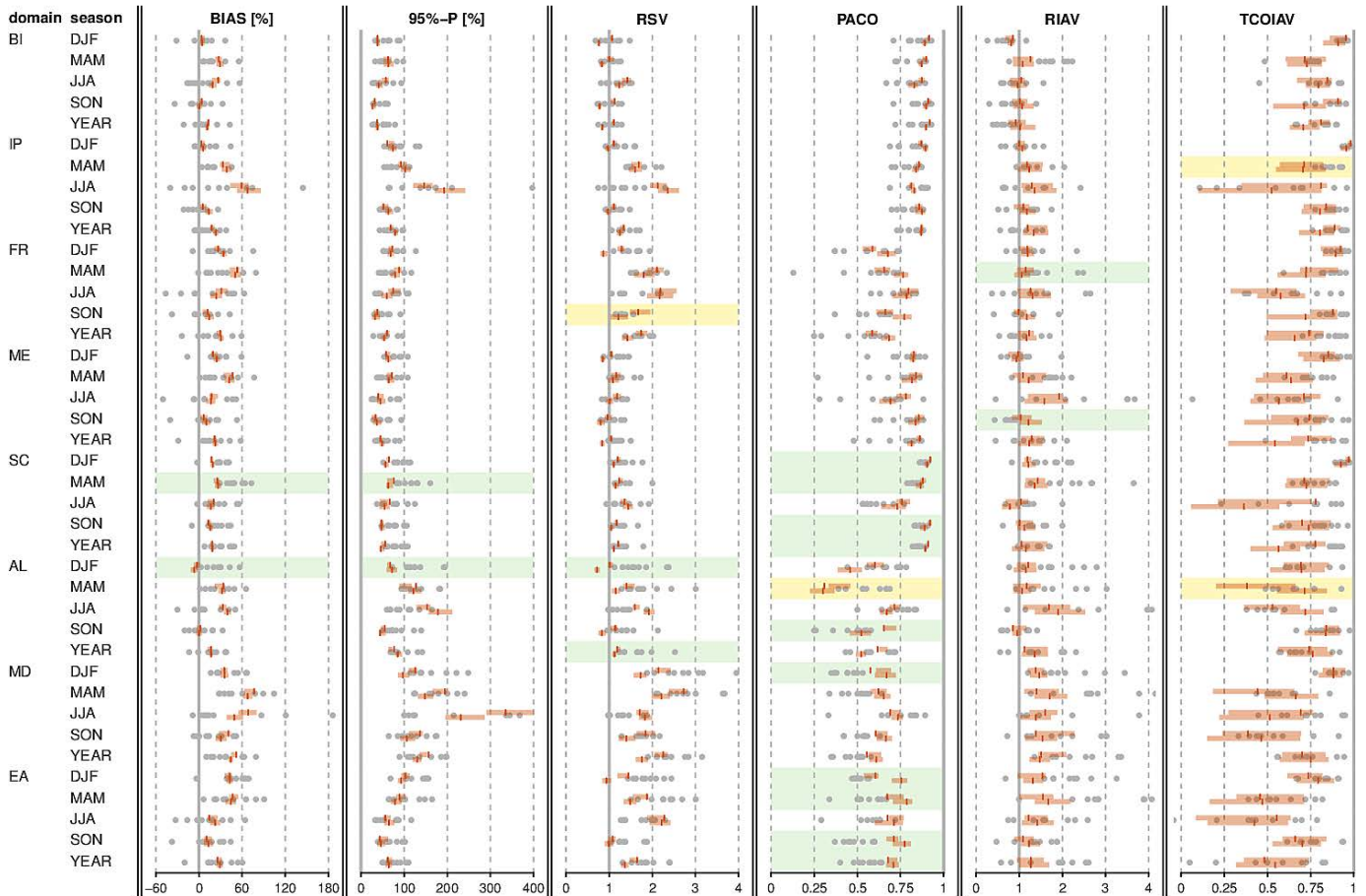


Figure 18: Performances des simulations climatiques réalisées par l'Université de Gand à partir du modèle climatique ALARO. Les performances de ce modèle sont mises en rapport avec celles de modèles climatiques régionaux d'autres centres climatiques européens. Les résultats du modèle ALARO sont aussi bons que ceux des autres modèles pour les régions géographiques européennes (BI, IP, FR, ME, SC, AL, MD, EA) ainsi qu'au niveau saisonnier (DJF: hiver; MAM: printemps; JJA: été; SON: automne). Dans certains cas, ALARO sort du cadre général des résultats. Dans la plupart de ces cas, cela signifie qu'ALARO a donné de meilleurs scores que les autres modèles (en vert). ALARO a été moins bon dans seulement deux cas (en rose).

MODÈLE OCÉAN-ATMOSPHÈRE

La prévisibilité de l'atmosphère à des échelles de temps longues allant de la saison à la décennie en Europe est associée à la présence d'une variabilité à basse fréquence, ou, en d'autres termes, des variations lentes sur des échelles de temps plus longues que la saison. Cette variabilité existe bien dans l'Atlantique Nord et est connue sous le nom d'Oscillation Nord Atlantique (NAO, North Atlantic Oscillation) qui est mesurée sur la base de la différence de pression au niveau de la mer entre l'archipel des Açores et l'Islande. Mais la source de variabilité du NAO n'est pas claire et divers travaux l'associent à des causes différentes: le couplage océan-atmosphère, le réchauffement stratosphérique, de possibles connections avec ENSO (El Niño-Southern Oscillation se développant dans le Pacifique tropical) ou, mais il s'agit de l'hypothèse la plus controversée, à l'activité solaire. Ces sources potentielles de variabilité basse fréquence fournissent un certain espoir pour les prévisions à long terme, mais une compréhension plus fine de l'origine de cette variabilité doit d'abord être atteinte. La difficulté d'attribuer les impacts respectifs des diverses sources potentielles de variabilité basse fréquence est aussi liée aux difficultés des modèles climatiques globaux de la reproduire convenablement.

Il est donc clair que mieux modéliser le couplage entre l'océan et l'atmosphère est une étape nécessaire vers une représentation correcte de la variabilité naturelle à long terme du système climatique. Cette problématique constitue actuellement un domaine prioritaire pour la communauté climatique, comme le suggère le programme JPI-climate de l'Union européenne. Ces questions constituent également un domaine d'activité important de la direction opérationnelle 'Recherche Météorologique et Climatologique'.

D'un point de vue dynamique, une source possible de variabilité basse fréquence dans l'atmosphère est la présence de modes couplés entre l'océan et l'atmosphère.

Récemment, nous avons démontré qu'un tel couplage peut émerger dans un modèle non-linéaire océan-atmosphère de basse dimension (Vannitsem et al., 2014, soumis au journal Physica D). Cette variabilité est concentrée le long d'une orbite périodique longue, qui combine des modes à la fois issus de l'atmosphère et de l'océan. Un comportement chaotique se développe autour de cette orbite lorsqu'elle perd sa stabilité, mais ce comportement est toujours dominé par une variabilité basse fréquence sur des échelles décennales et multi-décennales, typique des processus océaniques. L'étude des propriétés climatologiques de ce modèle révèle également la présence de zones de basse et haute pression bien localisées dans l'espace, ainsi que d'un jet subtropical. Ces caractéristiques rappellent les propriétés climatologiques réalistes de l'atmosphère au-dessus de l'océan Atlantique. Ces résultats soulignent évidemment l'impact important que peut avoir l'océan sur l'atmosphère, mais aussi l'utilité de la modélisation physique de basse dimension.

RECHERCHE À LA DIRECTION OPÉRATIONNELLE 'OBSERVATIONS'

La direction opérationnelle 'Observations' de l'IRM est responsable d'un large éventail d'observations météorologiques et climatologiques, allant des observations au sol grâce aux stations climatologiques réparties sur le territoire belge, jusqu'à l'utilisation d'instruments satellitaires dans l'espace. A côté de la mise à disposition opérationnelle des observations en temps quasi réel, d'autres recherches sont liées à 1) l'utilisation optimale des observations existantes, 2) la mise en place de nouvelles observations, 3) le développement de nouvelles applications à partir des observations. La recherche est menée dans un contexte international, ce qui est la meilleure garantie de la qualité des observations.

L'IRM dispose d'un réseau de 17 stations climatologiques automatiques à travers la Belgique. La première génération de ces stations a été développée à partir de 2000

et leur modernisation a été entamée avec l'ouverture d'une nouvelle station à Stabroek en 2013. La station de Zeebruges a, quant à elle, été mise à jour en 2014. Un LIDAR a été installé à Uccle en 2011 pour générer de nouveaux types d'observations dans les stations climatologiques, et d'autres ont été installés en 2013 à Zeebruges, Humain et Diepenbeek. Le LIDAR fournit en temps quasi réel des informations sur la hauteur de la base des nuages et de la couche de mélange.

Trois fois par semaine, un ballon-sonde est lancé depuis Uccle afin de réaliser un sondage vertical de l'atmosphère. Outre la mesure des profils de température et de vapeur d'eau, nous prenons également des mesures du profil de l'ozone. L'IRM dispose de l'une des plus longues séries de mesure de l'ozone en Europe. Nous réalisons aussi des mesures de l'indice UV et des aérosols, pas seulement en Belgique mais également depuis la station Princesse Elisabeth en Antarctique. En 2014, l'étendue de nos mesures à la station Princesse Elisabeth a été élargie grâce à l'introduction de sondages par ballons.

Nous utilisons trois radars météorologiques en Belgique – dont deux sont gérés par l'IRM – pour les observations de précipitations et d'orages. En 2013, un nouveau radar météorologique a été rendu opérationnel à Jabbeke. Ce radar est équipé de la double polarisation qui permet de distinguer le type de précipitations – par exemple la pluie, la neige ou la grêle. L'IRM dispose à présent de plus de 13 ans de données radar brutes. Le traitement de ces données permet d'extraire des statistiques sur la fréquence des fortes précipitations, des tempêtes convectives et de la grêle.

Les données radar contribuent de façon importante au logiciel de nowcasting INCA qui extrapole les observations dans le temps pour une courte période de quelques heures. En 2014, le système INCA a été complété par l'ajout du nowcasting sur les probabilités d'impacts de foudre. La même année, nous avons également mis en place et testé à l'IRM la méthode de nowcasting proba-

biliste STEPS. Grâce à cette méthode probabiliste, nous pouvons prendre en compte la probabilité de distribution des paramètres qui influencent le déplacement et l'évolution des zones de précipitation.

L'IRM fut un pionnier au niveau de la détection de la foudre avec l'installation du système SAFIR en 1992. Ces dernières années, le système SAFIR a été modernisé et est devenu le système BELLS, grâce au partenariat européen Euclid. BELLS capte la foudre grâce aux ondes radio qu'elle émet. En 2014, deux nouveaux capteurs de foudre ont été achetés. Ils seront installés en 2015. Pour le futur, le satellite Meteosat-troisième génération, qui sera lancé par Eumetsat en 2020, contiendra un instrument capable de détecter la foudre depuis l'espace. L'IRM participe à une étude préparatoire pour l'utilisation de ce nouvel instrument spatial.

L'IRM construit ses propres instruments spatiaux pour la mesure de l'irradiation solaire, soit la quantité d'énergie que le Soleil envoie à la Terre et qui détermine le climat sur la Terre. Depuis le premier vol du Spacelab en 1983, 11 vols spatiaux ont été réalisés avec 6 instruments différents. L'instrument Diarad/Virgo est le plus ancien, puisqu'il est toujours actif après une période record de 19 années de mesures depuis le satellite SOHO, au point de Lagrange entre la Terre et le Soleil. Dans un point de Lagrange, un petit objet comme une station spatiale sans propulsion peut garder une position relative fixe par rapport à deux corps célestes tournant autour du même centre de gravité. De cette manière, le satellite SOHO peut observer le soleil en permanence. Nos mesures reçoivent une reconnaissance internationale et ont notamment été utilisées par la Nasa dans le cadre du projet Ceres qui vise à mesurer le réchauffement planétaire. En 2014, nous avons reçu une demande de nos collègues chinois pour fournir un instrument de mesure de l'irradiation solaire pour le lancement de la série de satellites météorologiques opérationnels chinois Feng Yung 3.

5 LA RECHERCHE A L'IRM

L'IRM est responsable du traitement des données de l'instrument GERB sur les satellites Meteosat-deuxième génération, depuis 2003. GERB est le seul instrument qui mesure le cycle quotidien du rayonnement solaire en provenance de la Terre. Ce cycle quotidien est intimement lié au comportement de la convection tropicale, et leur paramétrage dans les modèles de prévision numérique du temps et du climat pourrait ainsi en être amélioré.

Nous travaillons également à la préparation du traitement des données du futur satellite Earthcare de l'Agence Spatiale Européenne ESA. Outre un LIDAR et un radar, Earthcare disposera également d'un radiomètre à large bande (BBR), un instrument similaire à GERB. Earthcare nous fournira des informations sur les profils verticaux du rayonnement dans l'atmosphère.

Pour l'avenir, nous travaillons sur le satellite Simba qui mesurera à la fois le rayonnement solaire entrant et sortant. Simba est un satellite de petite dimension, en l'occurrence 10x10x34 cm, ce qui le classe de ce fait dans la famille 'Cubesat'. En 2013, Simba a été lancé en tant que premier Cubesat project de l'ESA. En 2014, le premier test pour la conception de Simba, appelé Preliminary Design Review, a été parachevé par l'ESA. Le satellite devrait être construit en 2015, et nous espérons que Simba sera lancé en 2016.

CENTRE DE GÉOPHYSIQUE DU GLOBE: PROJET COST RADIOMAG: UN RÉSEAU DES SCIENTIFIQUES AUTOUR DE L'HYPERTHERMIE MAGNÉTIQUE ET DE LA RADIOTHÉRAPIE

L'hyperthermie magnétique est un traitement expérimental anti-cancéreux employant un fluide contenant des particules nanométriques (figure 19). Ces dernières sont enrobées d'une couche organique qui contient des agents chimio-thérapeutiques. Plongées dans un champ magnétique alternatif, c.-à-d. un champ dont la polarité

change en fonction d'une fréquence radio, ces nanoparticules vont se chauffer et la chaleur générée va tuer les cellules cancéreuses et libérer les agents chimio-thérapeutiques. De plus, la combinaison de l'hyperthermie magnétique et de la radiothérapie, rend le traitement anti-cancéreux plus efficace.



Figure 19: Photo d'un fluide contenant des particules nanométriques d'oxyde de fer (ferrofluide) sous l'influence permanente d'un aimant. Les pics, qui n'apparaissent que sous l'influence d'un champ magnétique, représentent les lignes de force générées par l'aimant.

Ce projet, soutenu par COST (Cooperation in Science and Technology in Europe), a pour but de mettre en réseau des chercheurs aussi bien expérimentés que novices, exerçant dans des disciplines scientifiques diverses, comme la nanophysique, les sciences biochimiques et la médecine, afin d'améliorer les connaissances sur les thérapies anti-cancéreuses combinées. Le savoir et les synergies acquis au cours du projet RADIOMAG, qui s'étalera sur quatre ans, permettront d'optimiser la dose radioactive nécessaire et d'ainsi limiter les dommages cellulaires à proximité de la région tumorale, en exploitant des outils sophistiqués tels que la radio-chirurgie robotisée.

Dans le cadre de ce projet international comportant environ 100 chercheurs de 24 pays, et coordonné par l'IRM, la section Magnétisme environnemental participe à la caractérisation de particules nanométriques développées par d'autres participants au projet. Cette caractérisation est une information importante car la chaleur générée par le champ magnétique alternatif dépend, entre autres, du type de minéral dont la particule nanométrique est composée (figure 20). Les mesures magnétiques seront effectuées avec le nouveau magnétomètre (voir chapitre 3: Les nouveaux produits de l'IRM) installé à l'IRM en 2014, permettant une caractérisation approfondie de ces nanoparticules.

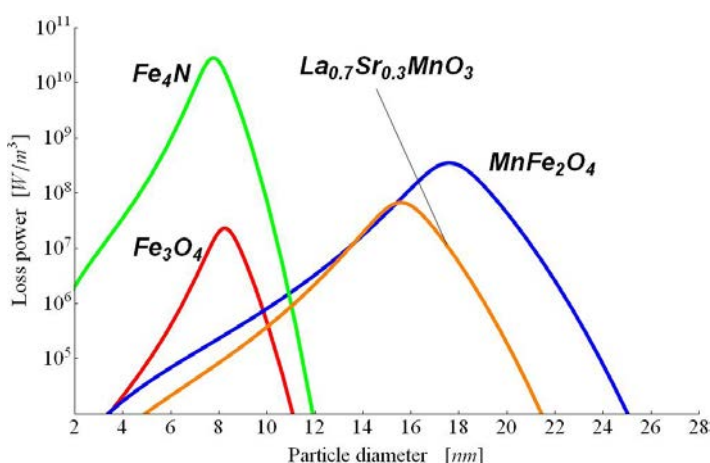


Figure 20: Calcul théorique de l'énergie thermique générée par des particules nanométriques sphériques, dans un champ magnétique alternatif, en fonction de leur diamètre. Le diagramme montre que l'énergie générée dépend fortement du diamètre des particules et que le pic de l'amplitude varie selon le type de minéral.

CENTRE DE GÉOPHYSIQUE DU GLOBE: PROJET RAPSCA

Le projet RAPSCA (Réseau en Archéomagnétisme pour la Sauvegarde du Patrimoine Culturel en Afrique du Nord) a été sélectionné dans le cadre de l'appel à propositions lancé par Belspo pour la mise en réseau international des Etablissements Scientifiques Fédéraux

(ESFs). L'objectif principal de ce projet est d'établir un réseau d'échange d'informations et d'expertise entre la Belgique et l'Afrique du Nord, à commencer par le Maroc, dans le domaine de l'archéomagnétisme et son application pour la sauvegarde du patrimoine culturel (figure 21). En Afrique du Nord, de mémoire d'homme le climat méditerranéen a favorisé le développement culturel humain, constituant ainsi un inestimable héritage. Malheureusement, la relance économique au Maroc avec des mégaprojets réalisés par les travaux publics et le secteur de la construction, menace des sites archéologiques précieux, menant inévitablement à une perte de cet héritage culturel. Ce dernier est pourtant d'une valeur scientifique importante, notamment pour une meilleure connaissance du champ magnétique terrestre dans le passé. En effet, dans les sites archéologiques, il y a des structures et des matériaux cuits et brûlés (fours, foyers, couches incendiées, céramiques, etc.) qui ont mémorisé au cours de leur refroidissement la direction et l'intensité du champ magnétique terrestre ambiant.

Un accord de coopération a été signé en juillet 2014 entre les différents partenaires du projet: pour l'IRM par son directeur général a.i., Daniel Gellens, pour l'Institut National pour la Sauvegarde du Patrimoine Archéologique du Maroc (INSAP), par son directeur Pr. Aomar Akerraz et pour le Département de Physique de la Faculté des Sciences de l'Université Mohammed V de Rabat, par son chef le Pr. Ahmed Mzerd.

Une première réunion a eu lieu à Rabat, au Maroc, du 30 novembre au 7 décembre 2014 où les partenaires ont décidé d'établir un réseau en archéomagnétisme, de réaliser des travaux de recherche en commun en magnétisme sur les roches et terres cuites de sites archéologiques au Maroc, d'échanges de chercheurs dans le domaine de l'archéologie et de la géophysique (magnétisme environnemental et archéomagnétisme) et de former des étudiant(e)s dans le domaine de l'archéomagnétisme et du magnétisme environnemental.

5 LA RECHERCHE A L'IRM



Figure 21: Sites archéologiques de Chellah (à gauche) et de Volubilis (à droite) au Maroc, tous deux classés au patrimoine mondial de l'UNESCO.

L'ÉVAPOTRANSPIRATION AVEC UNE RÉOLUTION SPATIALE ACCRUE GRÂCE À LA COMBINAISON DE DONNÉES DE SATELLITES GÉOSTATIONNAIRE (MSG) ET POLAIRE (SPOT-VEGETATION).

L'évapotranspiration est une des composantes les plus importantes du cycle de l'eau, ainsi que du bilan d'énergie puisqu'elle est directement liée à la répartition des flux de chaleur en surface. Sa quantification représente pour cette raison un intérêt majeur pour l'observation des surfaces continentales et pour de nombreuses applications pratiques.

Les systèmes d'observations directs d'évapotranspiration et des flux de chaleur étant rares, des techniques de modélisation ont été développées tandis que les observations disponibles au sol sont utilisées comme moyen de validation. Lorsqu'il s'agit d'obtenir l'évapotranspiration et les flux de chaleur à l'échelle continentale, la télédétection par satellite a prouvé sa capacité à fournir des données pertinentes pour caractériser la surface terrestre et des données d'entrée pour ces modèles.

Une équipe de scientifiques de l'IRM a développé des produits opérationnels d'évapotranspiration basés sur MSG SEVIRI dans le cadre de l'initiative LSA-SAF (<http://landsaf.meteo.pt>). Les valeurs d'évapotranspiration sont délivrées

en temps quasi réel toutes les 30 min (produit MET) et chaque jour (produit DMET). Les statistiques du LSA-SAF sur le nombre de visites du site web et de téléchargements indiquent un intérêt croissant pour le produit DMET. Cependant, la résolution spatiale du senseur SEVIRI à bord de MSG (3x3 km au point sous-satellite situé sur l'équateur) restreint en pratique l'utilisation des produits MET et DMET dans le cas d'applications locales. L'office belge de politique scientifique (Belspo) a financé en 2013-2014 une recherche exploratoire sur la manière de combiner les produits de satellites polaires avec les produits évapotranspiration du LSA-SAF en vue d'augmenter la résolution spatiale d'évapotranspiration (projet EVA3M dans le cadre du programme Stereo2 de Belspo) (Barrios et al., 2014). Des produits caractérisant la végétation issus des capteurs Spot-Vegetation et Aqua/Terra-Modis ont été utilisés à cette fin. La figure 22 illustre le résultat de l'imagerie satellitaire combinée pour obtenir des cartes d'évapotranspiration à une résolution plus fine.

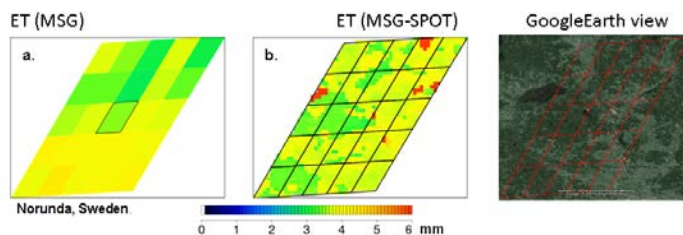


Figure 22: Evapotranspiration journalière. Norunda, Suède, le 20 mai 2007.

LA SURVEILLANCE DES RAYONS COSMIQUES

L'espace interplanétaire est continuellement traversé par des particules nucléaires énergétiques appelées rayons cosmiques - composées principalement de protons (~ 90%) et de noyaux d'hélium (~ 9%), avec quelques noyaux d'éléments plus lourds (~ 1%). Le Soleil et le vent solaire modifient l'intensité et le spectre d'énergie des rayons cosmiques galactiques qui entrent dans le système solaire. Lorsque le Soleil est actif, moins de rayons cosmiques galactiques atteignent la Terre que durant les périodes où le Soleil est calme. En conséquence, l'intensité des rayons cosmiques galactiques suit un cycle de 11 ans comme la bien connue activité solaire, mais de manière inverse. Autrement dit, la période où l'intensité des rayons cosmiques est la plus élevée correspond à la période d'activité solaire la plus faible, et vice-versa (figure 23).

Les rayons cosmiques, leur existence et leurs effets sont des éléments clés de la météorologie spatiale. Par conséquent, une surveillance permanente et de haute qualité est importante pour identifier et aider à atténuer les effets néfastes de la météo spatiale sur notre société technologique et moderne actuelle. Depuis plusieurs

décennies, l'équipe de la section ionosphérique de l'IRM effectue des recherches et travaille sur différents projets concernant l'ionosphère, la météorologie de l'espace, des applications de surveillance et de services.

Au Centre de géophysique du Globe de l'IRM situé à Dourbes, un moniteur à neutrons standard NM64 (avec 9 compteurs) est en service depuis 1965. Les moniteurs à neutrons au sol (NM) mesurent par procuration l'intensité des rayons cosmiques frappant la terre ainsi que leurs variations dans le temps. En fait, le moniteur à neutrons mesure la composante secondaire des neutrons des rayons cosmiques au sol. Après correction de la pression, la composante suit étroitement l'intensité de rayons cosmiques primaires, c'est-à-dire, reproduit les variations de l'intensité des rayons cosmiques (haut) au-dessus de la station. Les moniteurs à neutrons au sol restent une technologie de pointe pour mesurer les rayons cosmiques. Ils sont sensibles aux rayons cosmiques pénétrant l'atmosphère de la Terre avec des énergies d'environ 0,5 à 20,0 GeV, c'est à dire dans une gamme d'énergie qui ne peut être mesurée avec des détecteurs situés dans l'espace, de manière aussi simple, peu coûteuse, et statistiquement précise.

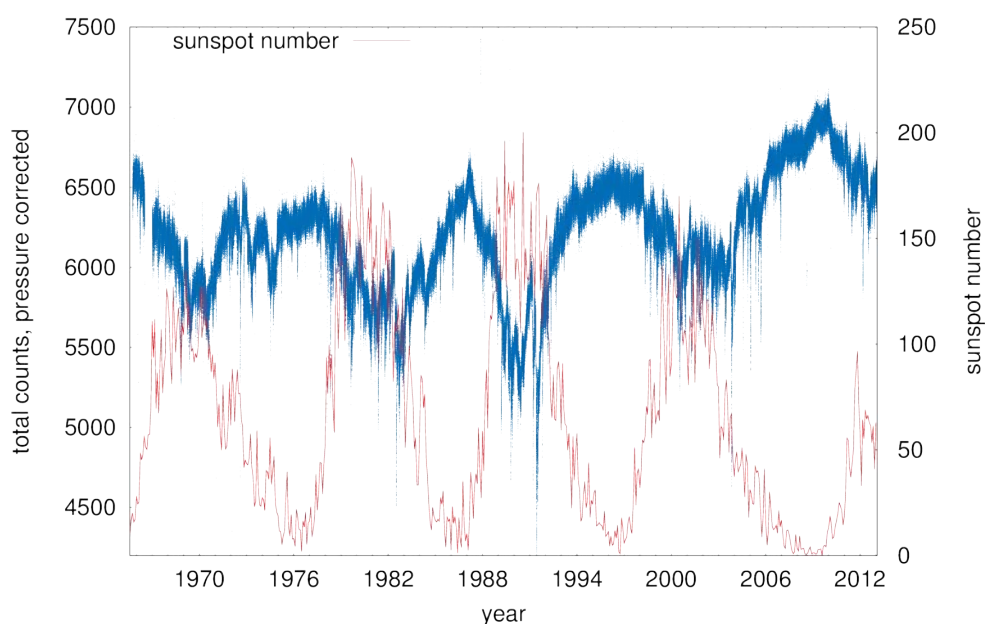


Figure 23: Mesure de l'intensité des rayons cosmiques (bleu) de l'observatoire de Dourbes en rapport avec les données de l'activité solaire et le nombre de taches solaires (rouge).

5 LA RECHERCHE A L'IRM

Malgré tous les efforts pour réduire le bruit lors des mesures et de l'enregistrement des données, il est souvent difficile et parfois impossible de l'éviter complètement. C'est particulièrement vrai lorsque les mesures sont effectuées sur une période prolongée, comme dans ce cas-ci, où la mesure est réglée pour un temps indéfini (des décennies et plus). Nous avons développé un système automatique de correction de données qui permet de tester, selon plusieurs critères, les informations enregistrées. Les erreurs et le bruit inclus dans les données seront

rectifiés avant que les totaux et les données de pression corrigées ne soient enregistrés et affichés. La philosophie de l'algorithme de correction de données (figure 24) est la suivante, si une correction est nécessaire à un instant donné, elle sera basée sur des mesures dans le même instant et non plus sur des mesures des instants voisins, avant ou après. Par exemple, si un ou plusieurs tubes de la station donnent un résultat erroné à l'instant « t », leur valeur sera corrigée en utilisant les mesures en provenance des autres tubes à ce même instant.

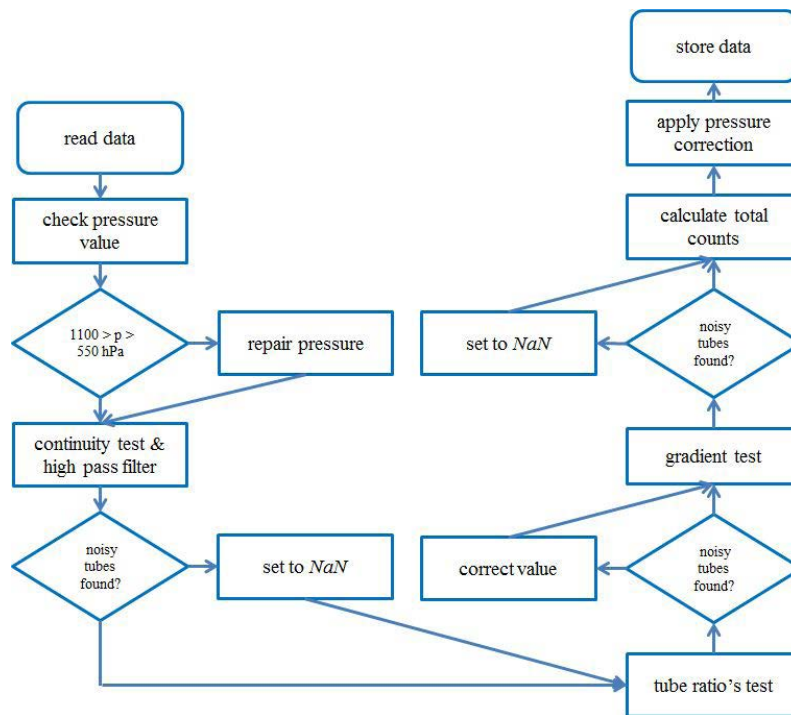


Figure 24: La surveillance des rayons cosmiques à Dourbes: le Real-Time Automatic Data Correction (RTADC) algorithme.

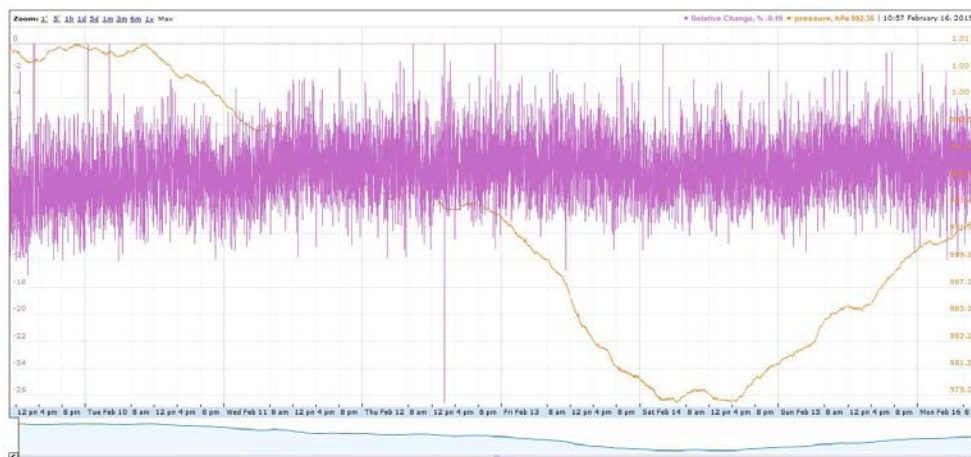


Figure 25: Monitoring des rayons cosmiques à Dourbes: une capture d'écran de la page web présentant les mesures en temps réel du moniteur à neutron.

Le système est maintenant opérationnel (figure 25) et les résultats sont immédiatement disponibles en ligne (<http://neutronmonitor.meteo.be/>).

Pour être en mesure de développer des applications et des services de haute qualité, nous avons besoin d'utiliser un moniteur à neutrons moderne, compatible avec d'autres installés de par le monde.

Pour rester parmi les meilleures stations, l'IRM a acheté l'an dernier neuf nouveaux compteurs avec l'électronique périphérique (préamplificateurs). Pour compléter l'extension à un moniteur de 18 compteurs, l'investissement dans les composants restants est envisagé. Un moniteur à neutrons plus grand offrira une bien meilleure résolution et une incertitude plus basse pour un comptage plus performant. Les fluctuations statistiques des mesures seront diminuées et permettront la détection de petites variations de l'intensité des rayons cosmiques et donc la détection de plus petits événements concernant l'activité solaire. L'amélioration de la géométrie et du volume avec les sections supplémentaires du moniteur vont augmenter de trois à quatre fois le taux de comptage et permettre une investigation sur les événements solaires de basse intensité.

FAMINE EN ETHIOPIE EN 1984 : RECHERCHE À L'IRM

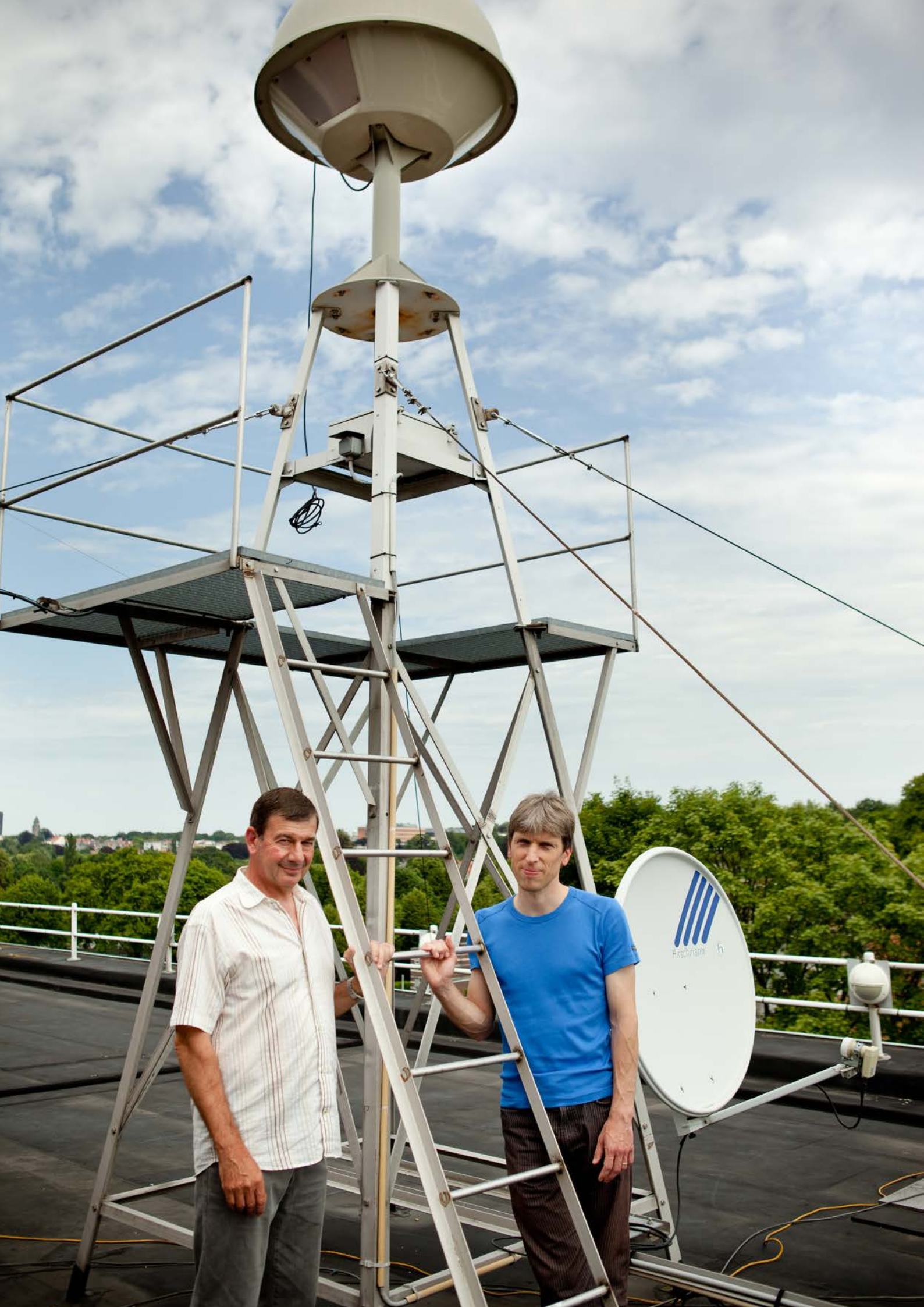
Des chercheurs de l'Université de Gand, de l'IRM et de la Bahir Dar University (Ethiopie), ont démontré que la sécheresse qui avait sévi il y a une trentaine d'années et qui avait conduit à une terrible famine en Ethiopie, était liée à une combinaison de fluctuations des courants marins des océans Pacifique et Indien.

Les variations du climat sont en grande partie déterminées par les schémas des courants océaniques. Il existe donc un lien clair entre les périodes avec beaucoup ou peu de précipitations sur les hautes terres du nord de l'Ethiopie, El Niño ou son équivalent le dipôle de l'Océan Indien, et les fluctuations des moussons dans la partie sud-ouest.

Afin de démontrer ceci, le doctorant Sil Lanckriet (groupe de recherche en Géographie, Universiteit Gent) a analysé les données météorologiques d'un modèle numérique qui livre des données depuis les années '50. Pour ce faire, il a utilisé une procédure connue sous le nom de 'empirical orthogonal teleconnection analysis' (EOT). Piet Termonia de l'IRM estime que ces techniques statistiques sont un évident pas en avant afin de pouvoir mettre en évidence le lien qui existe entre les schémas océaniques sur toute la planète et le climat à des endroits spécifiques à la surface de la Terre.



Figure 26: Cette photo a été prise lors de la grande famine en Ethiopie en 1984. Cet homme se rendait à la ville de Korem pour y trouver une aide alimentaire. 1984 © Sebastião Salgado



6 IRM ET INTERNATIONAL

PREMIÈRE RÉUNION CONJOINTE ALADIN-HIRLAM

Le 2 décembre 2014, une première réunion historique conjointe s'est organisée entre l'Assemblée Générale du consortium ALADIN et le Conseil du consortium HIRLAM au Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme (CEPMMT). Les consortia ALADIN et HIRLAM utilisent actuellement le même code modèle, basé sur l'ancien code ALADIN. Ce code est commun avec celui qui est utilisé pour le modèle IFS (Integrated Forecast System) du CEPMMT.

Piet Termonia, actuel «program manager» du consortium ALADIN, a introduit lors de cette réunion une proposition pour une méthode d'avenir afin de valoriser de manière optimale et réaliste la recherche scientifique dans les 26 Etats membres participant aux applications opérationnelles. La proposition a été positivement accueillie par les directeurs présents des différents instituts météorologiques nationaux membres du CEPMMT et par les représentants du CEPMMT.

La réunion s'est achevée avec succès par une déclaration d'intention, affichant l'ambition claire de développer cette proposition dans les cinq prochaines années. Le but ultime est d'établir un 'Memorandum of Understanding' fusionnant complètement les consortia.

COMPTE-RENDU DU WORKSHOP: ADVANCES IN CLIMATE THEORY, 25-27 AOÛT 2014.

Le climat peut être défini comme l'ensemble des propriétés statistiques caractérisant les composantes du système (climatique) terrestre dans lequel nous vivons, à savoir l'atmosphère, l'hydrosphère, la cryosphère, la lithosphère et la biosphère. La dynamique du climat est un sujet qui est actuellement au centre des préoccupations de nos sociétés, au vu des impacts potentiels que pourraient avoir des modifications rapides de ces propriétés statistiques, telle que par exemple la température moyenne du globe. De nombreux efforts humains et financiers sont donc consentis à la compréhension, la modélisation et la projection de son évolution à différentes échelles de temps allant de la saison aux millions d'années.

Les difficultés majeures dans le contexte de la modélisation du climat sont associées d'une part à l'intervention de processus physiques, chimiques et biologiques agissant à des échelles de temps et d'espace très différentes. Pour ne citer que deux exemples, on peut penser aux échanges turbulents à la surface de la terre liés à la friction de surface caractérisés par des échelles de temps et d'espace de l'ordre de la seconde et du mètre, ou bien aux changements des paramètres astronomiques liés au déplacement de la Terre autour du Soleil et à l'inclinaison de son axe sur le plan de l'écliptique, qui agissent à une échelle spatiale globale et sur des échelles de temps de dizaines de milliers d'années. D'autre part, ces différentes composantes peuvent subir des modifications internes telles que l'accroissement de l'activité volcanique ou encore de la quantité de CO₂ dans l'atmosphère. Ces derniers effets sont souvent considérés comme des forçages transitoires dans

6 IRM ET INTERNATIONAL

la modélisation du système climatique terrestre. A cela s'ajoute également une difficulté majeure liée au faible nombre d'observations auxquelles nous avons accès pour couvrir l'ensemble de ces échelles de temps et d'espace. Modéliser ce système constitue donc un défi majeur.

La modélisation climatique se partage essentiellement en deux grandes écoles, d'une part celle qui s'efforce de développer des modèles détaillés aussi fidèles que possible du système climatique réel de telle façon à pouvoir effectuer des projections et prévisions réalistes, et celle qui s'efforce de développer des modèles physiques, chimiques et biologiques plus conceptuels permettant de comprendre les mécanismes à l'origine de la dynamique du climat. Ces deux approches sont complémentaires puisque les modèles détaillés à plusieurs millions de variables ne permettent pas une compréhension précise des mécanismes physiques sous-jacents et que les modèles conceptuels ne permettent pas de prévoir ou projeter l'évolution du système dans tous ses détails.

Le workshop qui a eu lieu à l'IRM du 24 au 27 août 2014 s'est intéressé aux dernières avancées en terme de modélisation climatique à la fois dans ces aspects détaillés comme la projection des événements extrêmes à partir de modèles climatiques régionaux à maille fine, à celui de la modélisation conceptuelle de la multi-stabilité et des transitions entre régimes glaciaires et inter-gla-

ciaires de la terre durant les derniers millions d'années. Trois grands thèmes étaient à l'ordre du jour durant ce workshop, à savoir les aspects dynamiques, les aspects statistiques et les aspects thermodynamiques du système climatique. Ce workshop a été également l'occasion de faire le point sur les avancées en matière de recherche sur le climat résultant de trois projets, deux d'entre eux étant financés par des programmes de l'European Research Council (ERC) starting grants de la communauté européenne et le troisième par le gouvernement fédéral belge (BELSPO). Ces projets sont: (i) le projet ERC ITOP (Integrating theory and observation over the Pleistocene) dont le coordinateur est le professeur Michel Crucifix de l'Université Catholique de Louvain, (ii) le projet ERC NAMASTE (Thermodynamics of the climate system) dont le coordinateur est le professeur Valerio Lucarini de l'Université de Hambourg (Allemagne), et (iii) le projet BRAIN-BE, STOCHCLIM (Improving the representation and prediction of climate processes through stochastic parameterization schemes) dont le coordinateur est Dr Stéphane Vannitsem de l'IRM. La diversité des intervenants a permis à ce workshop d'être le siège de nombreuses discussions techniques intéressantes et de débats plus méthodologiques sur le choix des approches d'analyse et de modélisation du système climatique. Le détail du programme de ce workshop et des exposés se trouve à l'adresse URL suivante: <http://www.climate.be/advances/>.



Figure 28: Photo de groupe prise lors du workshop 'Advances in Climate theory' qui s'est tenu entre les 25-27 août 2014 à l'Institut Royal Météorologique de Belgique.

L'IRM SURVEILLE LE VOLCAN BARDARBUNGA

En cas d'éruption volcanique, le Bureau du Temps de l'IRM surveille la propagation du panache de poussières volcaniques. Les cendres et/ou le dioxyde de soufre projetés par un volcan ont des propriétés radiatives qui se distinguent de celles des nuages (constitués de gouttelettes d'eau et de cristaux de glace) et peuvent donc, dans certaines conditions, être repérables sur des images satellites. Ces images combinent différents canaux de longueurs d'onde dans l'infra-rouge, et sont analysées par les météorologues pour déceler les rejets volcaniques.

L'évolution d'un panache de cendres volcaniques est conditionnée par la situation météorologique. Les composés émis par un volcan sont en effet poussés par les courants atmosphériques dont la vitesse et la direction varient généralement en fonction de l'altitude et changent aussi au cours du temps. La prévision de la propagation du panache volcanique est élaborée en utilisant un algorithme de dispersion, couplé à un modèle numérique de prévisions (simulation mathématique de l'atmosphère). Les météorologues peuvent donc ainsi estimer, à tout moment, la direction de propagation du nuage de poussières.

Si celui-ci atteint nos régions, il peut être détecté par les LIDAR (Light Detection And Ranging): il s'agit d'un dispositif de mesure sondant l'atmosphère verticalement à l'aide d'un faisceau lumineux, et permettant d'obtenir le profil de concentration des particules (aérosols, etc.) sur base du rayonnement renvoyé par ces dernières. Cet appareil peut, par exemple, détecter le sable provenant des déserts et parfois transporté vers nos contrées par les courants d'altitude. Il peut aussi être exploité pour déceler des cendres volcaniques.

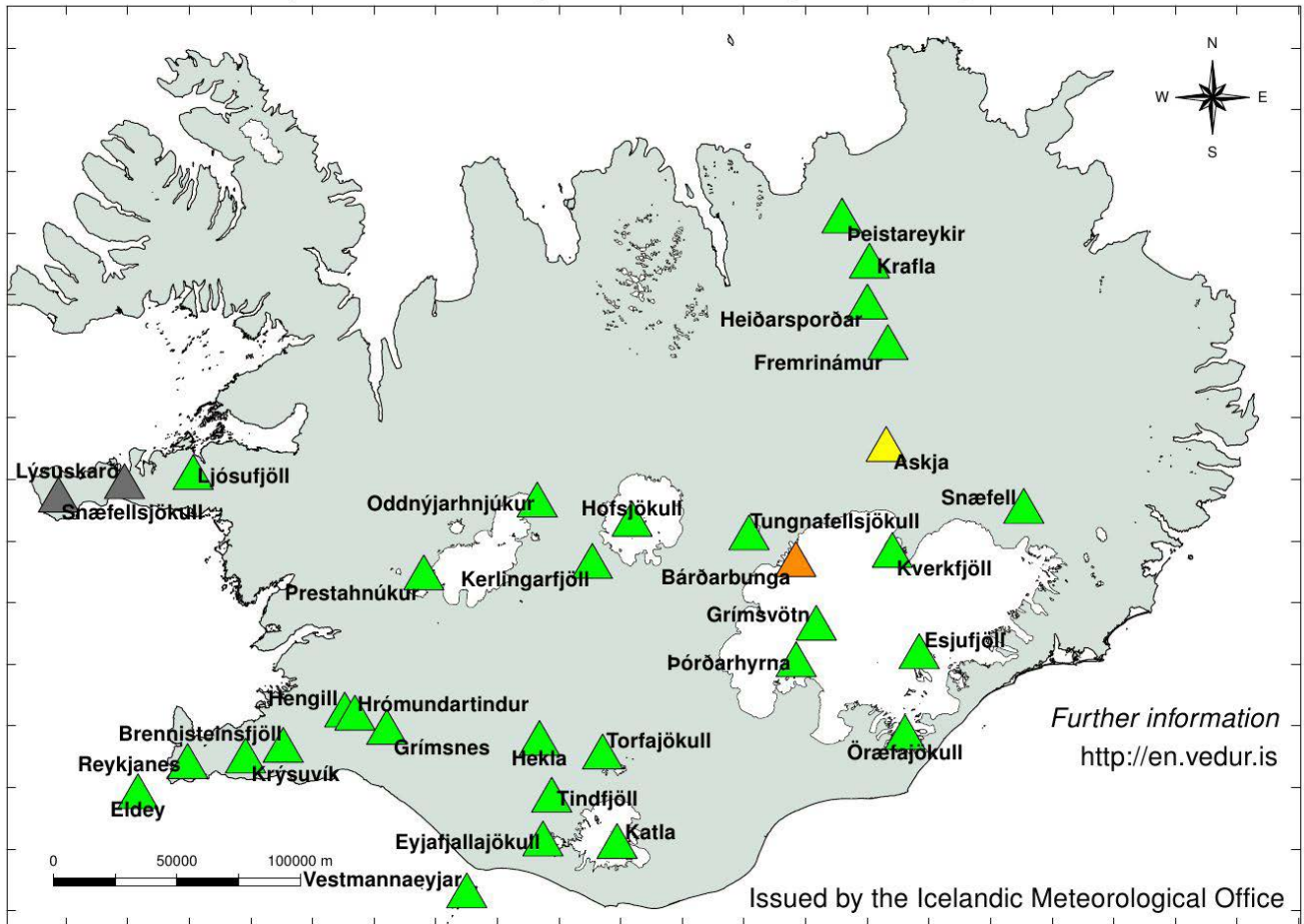
Par ailleurs, en cas d'éruption confirmée, les météorologues de l'IRM prennent part à une téléconférence internationale organisée quotidiennement par le VAAC (Volcanic Ash Advisory Center) de Londres qui a pour but de permettre l'échange d'informations sur la situation entre les experts.

Si le volcan islandais Bardarbunga était entré en éruption et avait laissé s'échapper un panache de cendres volcaniques (comme ce fut le cas en 2010 avec le volcan Eyjafjallajökull), l'IRM était prêt à collaborer immédiatement au suivi des procédures de sécurité internationales d'un point de vue météorologique et propagation du panache de cendres.

Aviation Colour Codes for Icelandic Volcanic Systems



Map refreshed: 09:53 UTC, 29 August 2014. Previous code change: 09:52 UTC, 29 August 2014



Map refreshed daily at 09:00 UTC

Aviation colour codes used by the Icelandic Meteorological Office

- ▲ GREY: Volcano appears quiet but is not monitored adequately. Absence of unrest unconfirmed.
- ▲ GREEN: Volcano is in typical background, non-eruptive state.
- ▲ YELLOW: Volcano is exhibiting signs of elevated unrest above known background level.
- ▲ ORANGE: Volcano is exhibiting heightened or escalating unrest with increased potential of eruption.
- ▲ RED: Eruption is imminent or in progress – significant emission of ash into the atmosphere likely.

Colour codes, which are in accordance with recommended International Civil Aviation Organisation (ICAO) procedures, are intended to inform the aviation sector about a volcano's status. Notifications are issued for both increasing and decreasing volcanic activity, and are accompanied by text with details (as known) about the nature of the unrest or eruption, especially in regard to ash-plume information and likely outcomes.

Figure 28: Carte de l'emplacement des volcans islandais. Le Bardarbunga se trouve au moment des faits en alerte orange.



7 SERVICES CLIMATIQUES

DES SCÉNARIOS CLIMATIQUES ET DES PRÉVISIONS MÉTÉOROLOGIQUES POUR LA CRÉATION DE SERVICES CLIMATIQUES

La création du «Cadre global pour les services climatologiques» repose sur la déclaration officielle de la Troisième Conférence Mondiale sur le Climat de l'Organisation Météorologique Mondiale en 2009. L'IRM avait pris part à la délégation menée par le ministre Paul Magnette.

La note d'information relative à la déclaration définit les services climatologiques. Cette définition sert de base pour le développement des services climatologiques à l'IRM:

- Consolider les réseaux d'observation locaux, nationaux, régionaux et globaux ainsi que les systèmes de gestion de l'information pour les variables climatologiques ou se rapportant au climat;
- Accroître les capacités de modélisation et de prévision en renforçant la recherche internationale sur le climat, en particulier aux échelles saisonnière et pluridécennale;
- Améliorer les mécanismes nationaux de fourniture de services climatologiques grâce à de meilleurs réseaux d'observation, à des modèles de prévision plus performants et à une interaction accrue avec les utilisateurs;
- Optimiser l'utilisation de l'information climatologique et des services de prévision dans tous les pays et dans

tous les secteurs sensibles au climat (afin d'améliorer la planification et l'investissement dans les secteurs vitaux pour les économies nationales et les moyens de subsistance);

- Diffuser largement les avantages socio-économiques et environnementaux à travers une gestion des risques climatologiques plus éclairée et des capacités accrues dans le domaine de l'adaptation à la variabilité du climat et au changement climatique.

Les services météorologiques nationaux comme l'IRM jouent un rôle central dans cette évolution globale.

Les services climatologiques nécessitent toutefois une expertise plus large, par exemple sur la composition chimique de l'atmosphère (les gaz à effet de serre), l'influence de la Mer du Nord, les impacts à l'étranger et les influences depuis l'espace. Ces développements nécessitent donc une étroite collaboration avec nos partenaires des autres Instituts de la Politique Scientifique Fédérale: Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique, Institut Royal des Sciences naturelles de Belgique, Observatoire Royal de Belgique, Musée Royal de l'Afrique centrale... et avec les universités.

L'IRM va rendre disponible, dans un avenir proche, les services suivants:

1. La modélisation climatique

L'IRM a pris l'initiative, en 2013, de renforcer la collaboration en termes de modélisation climatique avec des collègues de la KULeuven. L'état actuel des travaux a été présenté et résumé dans une publication technique de l'IRM.

2. Les données spatialisées du passé

Les données spatialisées fournissent une distribution spatiale, sur une grille régulière, d'un paramètre météorologique sur le sol belge :

- Moyennes climatologiques mensuelles de température et de précipitations pour la période 1981-2010. Le rayonnement global et le nombre d'heures d'insolation reposent sur le calcul des moyennes climatologiques pour la période 1995-2005.
- Observations climatologiques sur base annuelle – saisonnière – mensuelle - journalière.

DONNÉES CLIMATIQUES SPATIALISÉES POUR LA BELGIQUE

Les données climatiques spatialisées fournissent une estimation de la distribution spatiale d'une variable météorologique à partir d'observations. Alors que les observations sont effectuées en des stations réparties de manière irrégulière sur le territoire belge, les données spatialisées représentent une variable météorologique sur une grille régulière.

Ces données servent à nombreuses applications dans des domaines soumis à l'influence du temps et du climat, principalement comme données d'entrée pour des outils numériques de modélisation et d'aide à la décision. Elles sont notamment utilisées pour la modélisation hydrologique, la gestion des ressources naturelles, le suivi des cultures, l'estimation des rendements agricoles, la planification de la production électrique.

Le processus de spatialisation s'effectue par des procédures statistiques qui intègrent les observations d'une variable considérée ainsi que des données auxiliaires fortement corrélées avec celle-ci. Par exemple, les quantités de précipitations ainsi que la température de l'air sont fortement influencées par la topographie; le rayonnement solaire varie avec la couverture nuageuse qui peut être caractérisée par les images des satellites Météosat.

L'IRM a développé un ensemble de données climatiques spatialisées pour le territoire belge pour plusieurs variables météorologiques: quantités de précipitations, température de l'air, durée d'insolation et rayonnement solaire. Ces données sont disponibles pour plusieurs horizons temporels: journalier, mensuel, saisonnier, annuel et moyennes climatologiques (idéalement 30 ans, 1981-2010). Elles sont fournies soit à une résolution spatiale de 5 km soit sous forme de moyennes spatiales pour chaque commune belge.

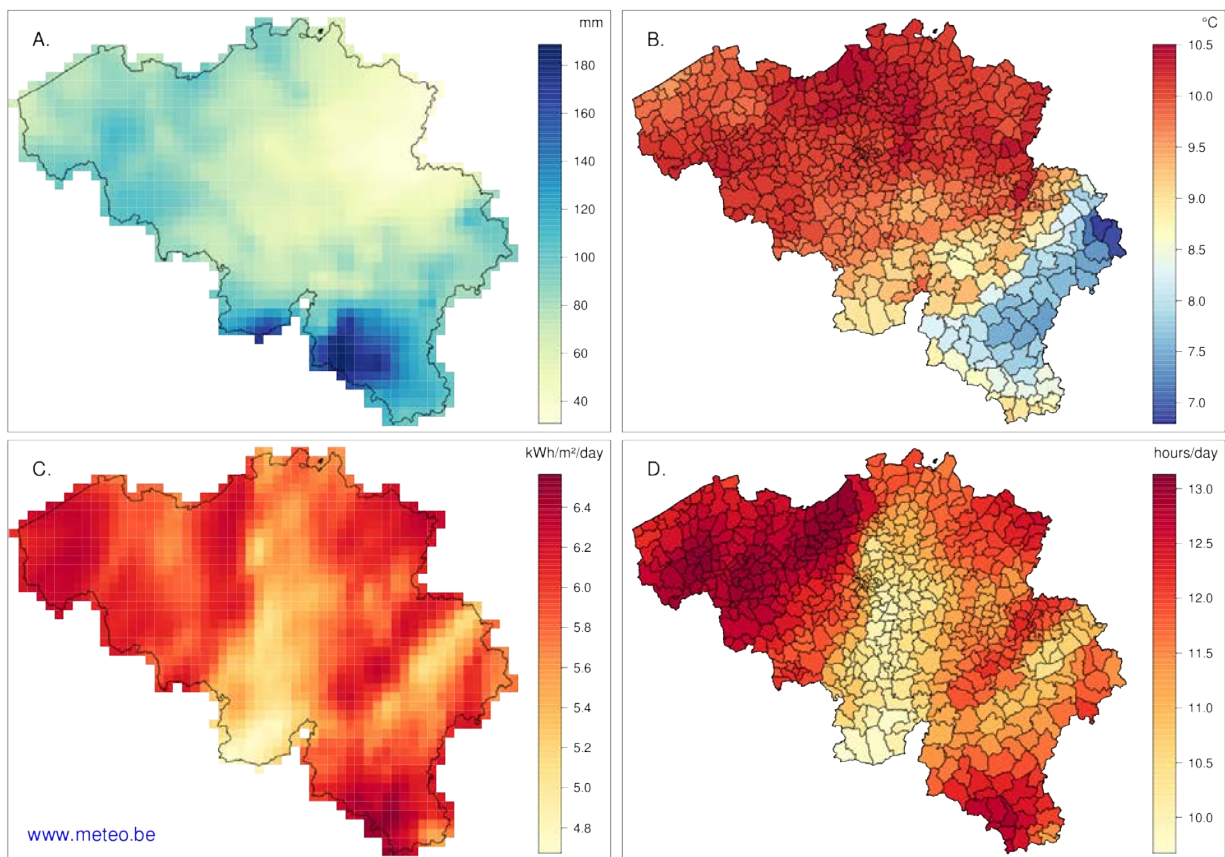


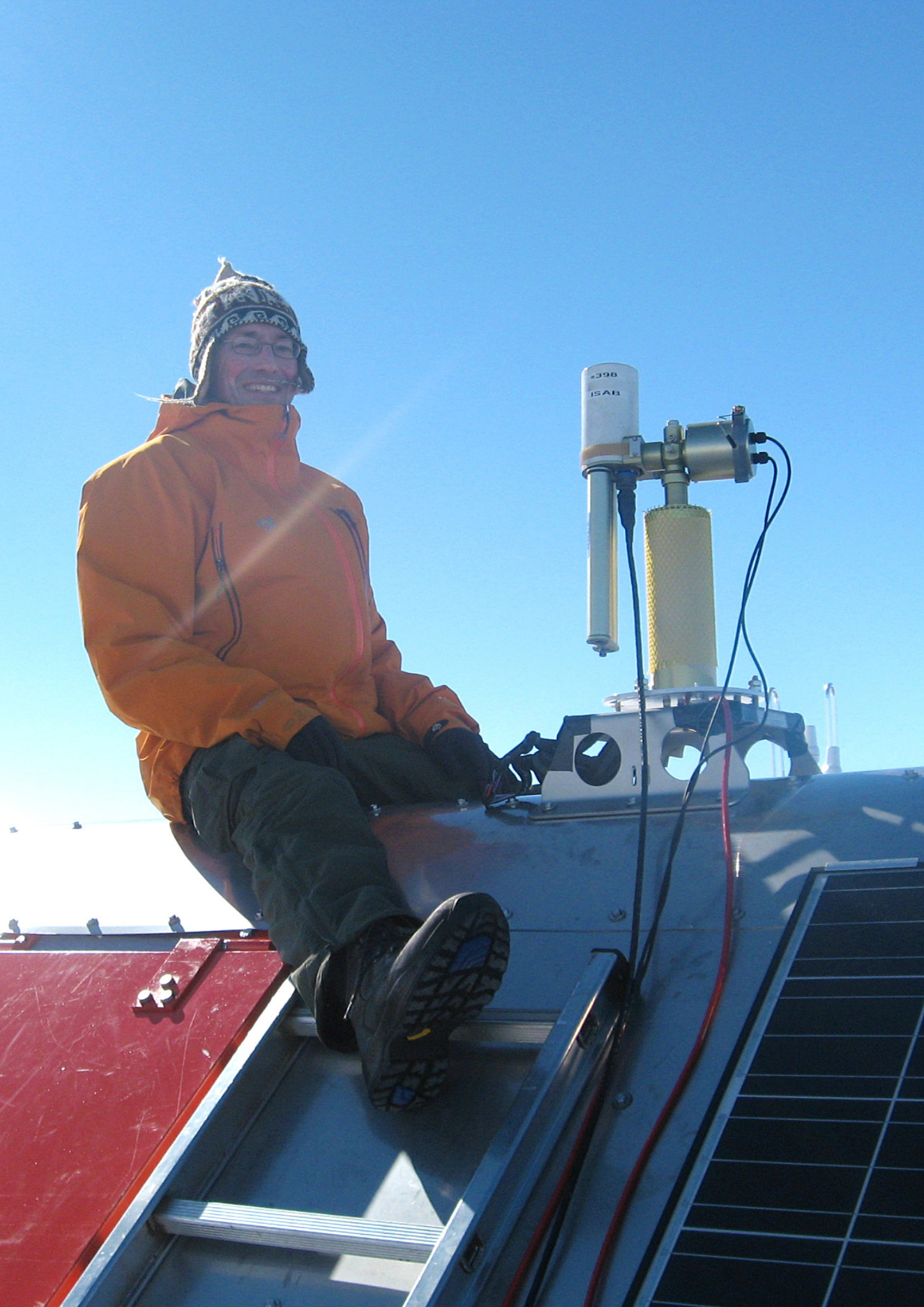
Figure 29: Exemples de données climatiques spatialisées:

A. Quantités de précipitations pour janvier 2014 à une résolution de 5 x 5 km.

B. Température moyenne de l'air pour 2013 et l'ensemble des communes belges.

C. Rayonnement solaire global pour le 1 août 2014 à une résolution de 5 x 5 km.

D. Durée d'insolation pour le 1 août 2014 et l'ensemble des communes belges.



8 LA VIE A L'IRM

L'IRM REÇOIT SON ECO-LABEL!

En février 2011, à l'initiative du président du comité de concertation de base, un groupe de volontaires a été formé afin de diminuer l'impact de l'IRM sur l'environnement. L'ECO-team était née.



Figure 30: Les membres de l'ECO-team ayant œuvré pour l'obtention de l'ECO-label: Kevin Knockaert, Ludo Schryvers, président, An Neukermans, responsable ECO-label et EMAS, Edouard Goudenhoofdt, Françoise Meulenberghs, Eddy Van Cutsem (absent sur la photo).

Pendant la phase de démarrage, les problèmes évidents ont d'abord été pris en charge, comme la réduction des déchets: l'impression de documents, le tri des déchets et leur ramassage différencié, des achats plus écologiques, par exemple, pour le matériel de bureau et le papier.

Pour la phase suivante, l'ECO-team a fait la chasse aux pertes énergétiques. Une étude menée à l'aide d'une caméra infrarouge a permis de mettre en évidence les points faibles de tous les bâtiments. Un certain

nombre d'aménagements ont entre-temps été réalisés par la Régie des Bâtiments: l'isolation des conduites, toutes les fenêtres encore en simple vitrage ont été remplacées par des châssis double vitrage, l'installation d'un conditionnement d'air économique pour le centre de calcul et le remplacement de toutes les installations d'éclairage par des systèmes à économie d'énergie.

Le but suivant de l'équipe était d'obtenir l'ECO-label de la Région bruxelloise. Pour ce faire, l'ECO-team a dû mettre sur pied un ECO-dossier complet et mener quelques actions supplémentaires. Le dossier a été introduit à la Région le 4 octobre 2013. L'IRM a ensuite reçu la visite d'inspecteurs, le 13 janvier 2014, pour un audit externe du dossier. Enfin, le 11 février 2014, le jury délibérait et rendait public le résultat longtemps attendu: l'IRM reçoit l'ECO-label et peut être dénommé pendant 3 ans, institution "écodynamique".



Figure 31: Remise de l'ECO-label à l'IRM par Madame la Ministre Évelyne Huytebroeck, le 17 mars 2014.



Figure 33: Le certificat ECO-label reçu de Bruxelles Environnement.

Mais l'histoire ne s'arrête pas là. En plus des projets de nature écologique qui doivent encore être mis sur pied, l'IRM a un nouveau et ambitieux projet en route : obtenir le certificat EMAS (ECO-Management Audit Scheme). Il s'agit d'un outil de management développé par la Commission Européenne pour que les entreprises et organisations puissent évaluer, analyser et diminuer leur impact écologique. Ce certificat peut être comparé au certificat de qualité ISO 9001. Fin 2014, l'IRM terminait la phase préparatoire et envisage maintenant d'obtenir la certification EMAS dans le courant de 2015, après un audit externe.

LES 11 ET 12 OCTOBRE 2014: PORTES OUVERTES DU PÔLE ESPACE D'UCCLE

A l'occasion de la célébration du 50ème anniversaire de l'Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique (IASB), les 3 instituts du Plateau d'Uccle, l'IASB, l'IRM et l'ORB, ont ouvert leurs portes les samedi et dimanche 11 et 12 octobre.

Pour ceux qui veulent entrer dans la peau d'un prévisionniste, l'IRM a mis sur pied un bureau du temps virtuel. Entourés par de grands écrans montrant une situation météorologique mise en scène, nos prévisionnistes ont expliqué comment ils réalisent leurs bulletins météo quotidiens.



Dans la même salle que le bureau du temps virtuel, il y avait aussi des démonstrations des radars météorologiques et d'autres instruments de mesures de pointe, comme le LIDAR qui mesure la base des nuages et les profils verticaux des aérosols atmosphériques.

A côté des instruments high tech, une place a aussi été réservée aux instruments historiques. Une petite exposition des instruments provenant du riche passé de l'IRM était installée dans les locaux.

Une tente était réservée à des expériences scientifiques, où les plus jeunes comme les plus âgés ont pu découvrir certaines merveilles du monde scientifique par le biais

d'expériences ludiques. Quelques mystères de la physique ont ainsi pu être dévoilés...



Plusieurs lancements de ballons sondes ont eu lieu, comme apothéose du concours organisé pour le grand public via le site web de l'IRM. Les expériences retenues ont pu accompagner les ballons de l'IRM pendant leur voyage dans l'atmosphère!



Comme lors de chaque portes ouvertes, la visite du parc d'observations climatologiques s'est éveillée très populaire.



Et lorsque les parents approfondissaient leurs connaissances de la météo, leurs enfants pouvaient s'amuser sur le château gonflable prévu pour l'occasion!

LES SERVICES MÉTÉOROLOGIQUES BELGES SE RÉUNISSENT À L'IRM

En Belgique, trois services météorologiques se partagent les responsabilités dans le domaine des observations et des prévisions météorologiques: l'IRM (pour le public, au sens large), le service météorologique de Belgocontrol (pour l'aviation civile) et le Meteo Wing de la Défense nationale (pour l'aviation militaire). Les 26 juin et 11 décembre, ces trois services se sont retrouvés à l'IRM à l'occasion de deux réunions de la Commission de coordination météorologique (Coördinatiecommissie voor Meteorologie). Cette Commission, présidée actuellement par l'IRM, a comme objectif de coordonner les activités des trois services dans le domaine de la météorologie.

- En 2014, différentes collaborations entre les services ont été discutées et une série d'initiatives ont été prises, dont nous donnons ici un aperçu rapide.
- Le groupe de travail de la Commission traitant de l'informatique a poursuivi ses activités en vue de faciliter et de renforcer les moyens d'échanges d'information entre les services.
- La mise en place d'une banque de données sur les instruments de mesures utilisés dans les réseaux d'ob-

servations des trois services a été confiée au groupe de travail qui traite des observations.

- La tenue prochaine d'un atelier d'échanges d'expérience entre les prévisionnistes des différents services a été décidée et sera prise en charge par Belgocontrol.
- Une réflexion sur la communication dans les médias lors d'événements météorologiques à haut risque a été menée et un protocole d'action pour assurer, dans ces situations, une cohérence dans la communication des trois services a été proposé par l'IRM et discutée par la Commission.
- La liste des représentants des différents services dans les réunions internationales a été établie et il a été décidé de renforcer les échanges d'informations entre les services à l'occasion de ces réunions.
- Enfin, Belgocontrol et le Meteo Wing ont été invités à participer aux réunions du groupe de contact des utilisateurs du logiciel INCA-BE, récemment développé par l'IRM pour les prévisions à très court terme, à l'échéance de quelques heures.



Figure 33: Photo de groupe prise lors d'une des deux réunions de la Commission de coordination météorologique, qui s'est tenue le 11 décembre à l'Institut Royal Météorologique de Belgique.



Photo Belga

VICTOIRE BELGE À L'ANTARCTIC ICE MARATHON!

Marc De Keyser a remporté le dixième Antarctic Ice Marathon le 21 novembre 2014. Ce météorologue de l'IRM, spécialisé dans les prévisions côtières, a parcouru les 42,195 km de la course dans la neige et par des températures jusqu'à -20°C, en 4h12'21".

Au total, ce ne sont pas moins de 47 participants en provenance de 17 pays à travers 6 continents, qui ont pris part à ce marathon. Ils ont couru 2 fois 21,1 km avec comme point de départ et d'arrivée le Union Glacier Camp en Antarctique, à un peu plus de 1.000 km du Pôle Sud.

Marc De Keyser a remporté le marathon en 4h12'21" avec plus de 4 minutes d'avance sur le second. Il est un habitué de l'Antarctique où il se rend quelques mois par an pour y effectuer des prévisions météorologiques. Il y a déjà remporté le marathon en 2007 et en 2008 et 2012, il a été le plus rapide à l'Antarctic Ice 100k, une course de 100 km pendant laquelle les participants doivent effectuer dix tours de 10 km.

LE RADAR DE JABBEKE ENREGISTRE L'ENVOL MASSIF DES OISEAUX LORS DE LA NUIT DU NOUVEL AN

Les radars météorologiques sont habituellement utilisés pour détecter les zones de précipitations. La présence d'oiseaux peut perturber ces mesures mais, le plus souvent, leur nombre est insuffisant pour produire un signal observable. Néanmoins, lorsque de très nombreux oiseaux sont présents dans l'atmosphère, les échos renvoyés par ces oiseaux sont suffisamment intenses pour être observés par le radar. C'est le cas lors des grandes migrations mais aussi, plus curieusement, lors de la nuit du nouvel an. Sous les douze coups de minuit, les oiseaux sont effrayés par les nombreux feux d'artifice et s'envolent massivement. Leur présence peut alors être détectée par les radars météorologiques.

Il y a deux ans, nous avons analysé l'effet des feux d'artifice à l'aide des observations du radar de Zaventem. Depuis lors, le nouveau radar de Jabbeke a été mis en service, ce qui nous offre la possibilité d'observer ce phénomène dans la province de Flandre Occidentale.

Pour détecter la présence d'oiseaux dans les données radar, il est nécessaire de retraiter les données radar brutes de manière à produire des images laissant apparaître les signaux de faible intensité qui sont habituellement éliminés par filtrage.

Le résultat est étonnant. Jusqu'à minuit règne un grand calme sur les images radar, à l'exception de quelques échos marquants provenant notamment d'éoliennes. A minuit précise c'est l'explosion et les oiseaux s'envolent massivement dans l'atmosphère. Le calme revient assez rapidement et après une grosse demi-heure la plupart des oiseaux sont de retour au sol.

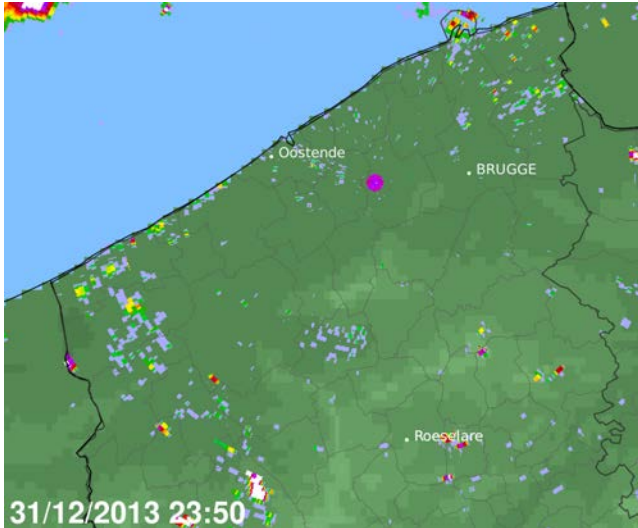


Figure 34: Image radar 10 minutes avant minuit. En plus du bruit de fond habituel sont également visibles quelques échos marquants causés notamment par des éoliennes. L'emplacement du radar est indiqué par un point pourpre. En haut à gauche, quelques précipitations sont observées en Mer du Nord.

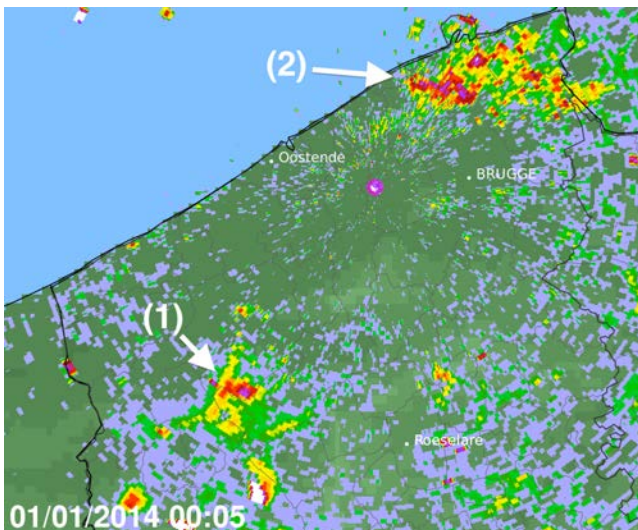


Figure 35: L'image radar 5 minutes après minuit illustre l'envol massif des oiseaux. Les régions avec la plus grande concentration d'oiseaux correspondent bien entendu aux régions abritant de nombreux oiseaux le plus souvent aquatiques. On distingue en particulier deux régions : (1) la région autour de la réserve naturelle «De Blankaart» et (2) les polders entre Bruges et Zeebruges. Ces zones font partie du réseau européen Natura-2000 et sont reconnues par la Directive européenne Oiseaux. Une carte des zones «Directive Oiseaux» est montrée plus bas et la correspondance avec les zones identifiées par le radar est frappante.

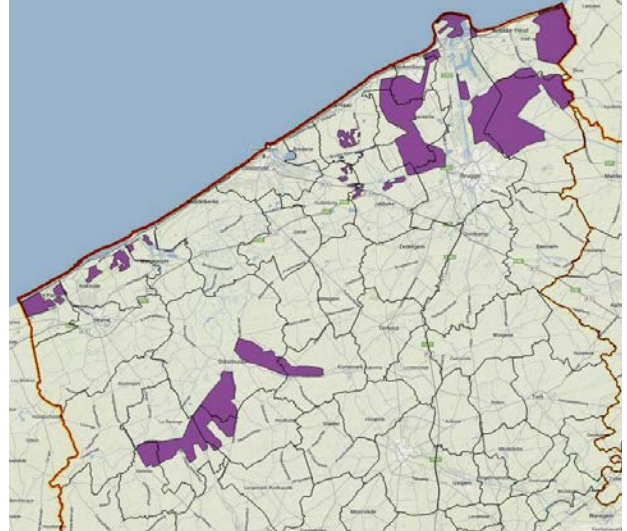


Figure 36: Carte des zones «Directive Oiseaux». La correspondance avec les zones identifiées par le radar est frappante. Source: Vlaamse overheid - Agentschap voor Natuur en Bos.

Dans les images radar générées de manière automatique comme celles qui sont visibles en temps réel sur le site web de l'IRM, le signal est trop faible pour être visible. Ci-dessous, l'image du 1er janvier 2014 à 00h05. Le signal des oiseaux est ici éliminé par filtrage.

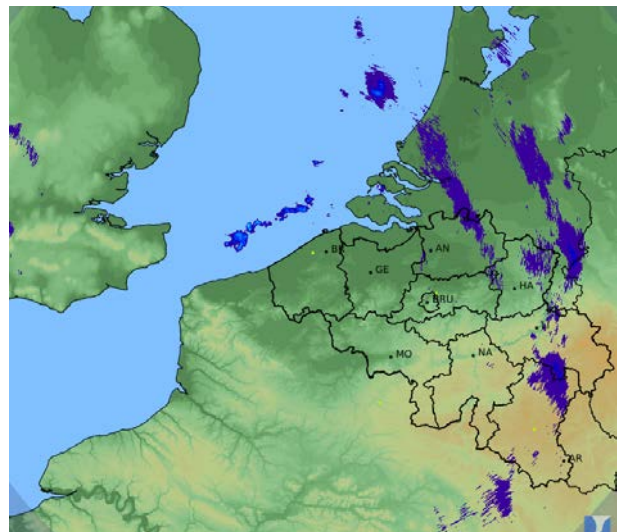


Figure 37: Dans les images radar opérationnelles, les échos renvoyés par le oiseaux sont filtrés.



9 LA STRUCTURE DE L'IRM

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



9 LA STRUCTURE DE L'IRM

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 Mayer

Prof. Dr H. Goosse



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

LE NOUVEL ORGANIGRAMME FONCTIONNEL DE L'IRM

L'IRM étant dans l'impossibilité momentanée d'engager les directeurs opérationnels et d'appui, le Conseil de Direction a décidé de recourir aux fonctions à mandat des chefs de service scientifique telles que spécifiées dans l'arrêté royal du 12 juin 2012 portant diverses modifications relatives aux statuts des établissements scientifiques fédéraux.

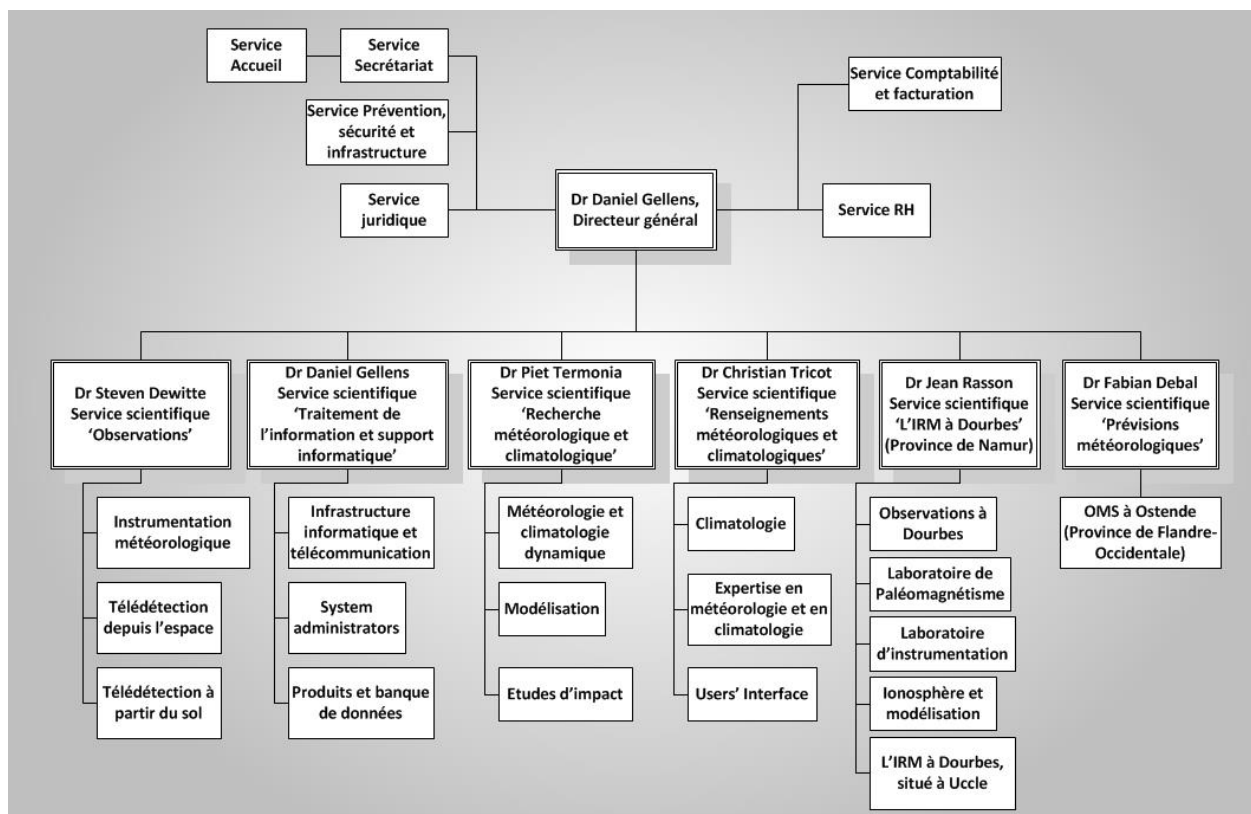
En recourant à cet arrêté, le Conseil de Direction répondait à sa préoccupation première, à savoir conserver la structure de l'IRM en cinq départements. Nous avons ajouté à cette structure l'unité du Bureau du temps en tant que service à part entière, afin de souligner l'importance de la tâche clé des prévisionnistes, au même titre que nos activités de recherche. Cette nouvelle structure a été approuvée par le Conseil Scientifique.

Six fonctions ont donc été ouvertes pour un mandat de 6 ans:

- Chef du service scientifique 'Observations';
- Chef du service scientifique 'Traitement de l'information et support informatique';
- Chef du service scientifique 'Recherche météorologique et climatologique';
- Chef du service scientifique 'Renseignements météorologiques et climatologiques';
- Chef du service scientifique 'L'IRM à Dourbes';
- Chef du service scientifique 'Prévisions du temps'.

Les candidats sélectionnés ont été désignés en qualité de chefs de service scientifique à compter du 1/11/2014.

Vous trouverez ci-dessous le nouvel organigramme fonctionnel de l'IRM.



9 LA STRUCTURE DE L'IRM

Le personnel en 2014

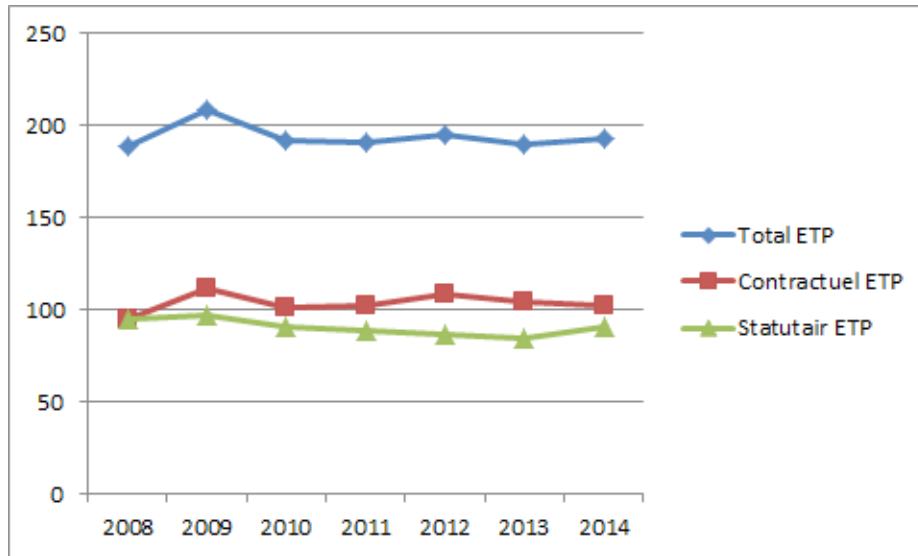


Figure 38: Le personnel de l'IRM au 31/12/2014 selon le partage statutaire/contractuel (ETP = équivalents temps plein)

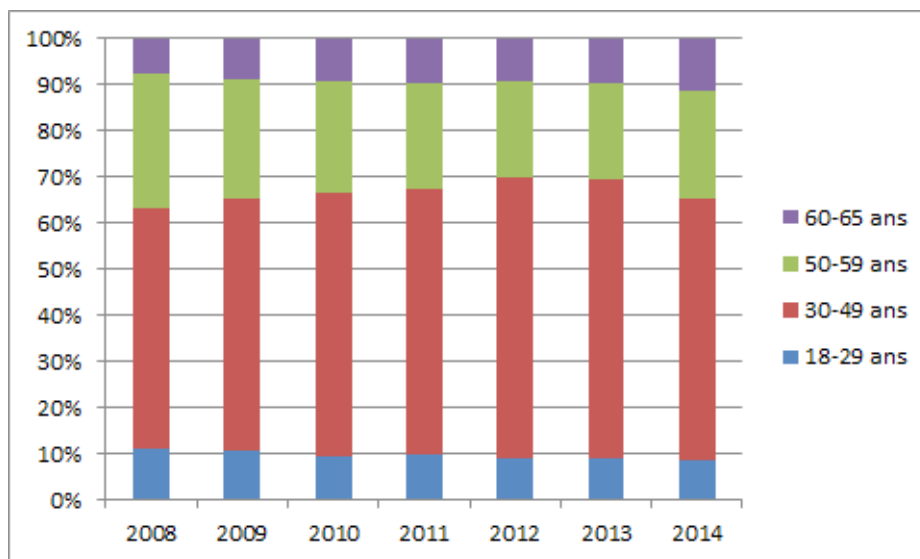


Figure 39: Le personnel de l'IRM au 31/12/2014 selon les catégories d'âge

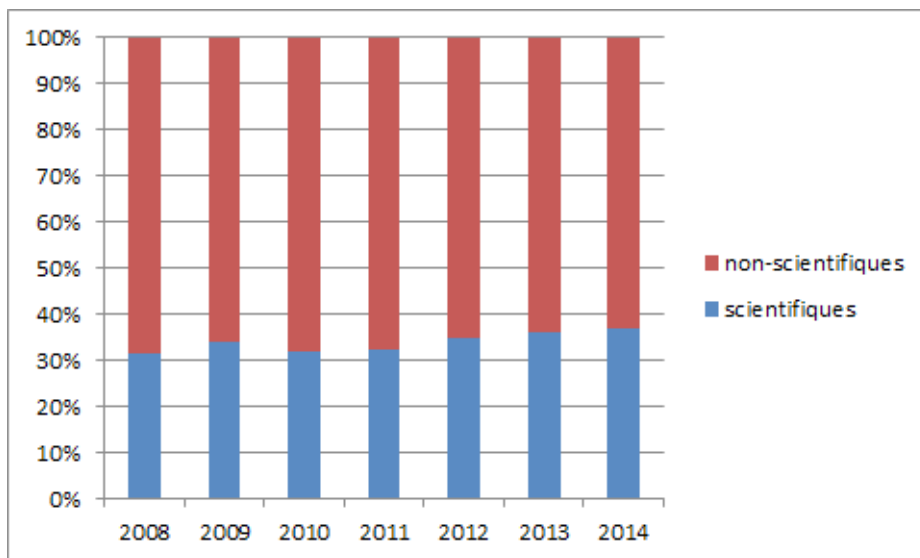


Figure 40: Le personnel de l'IRM au 31/12/2014, personnel scientifique versus non-scientifique

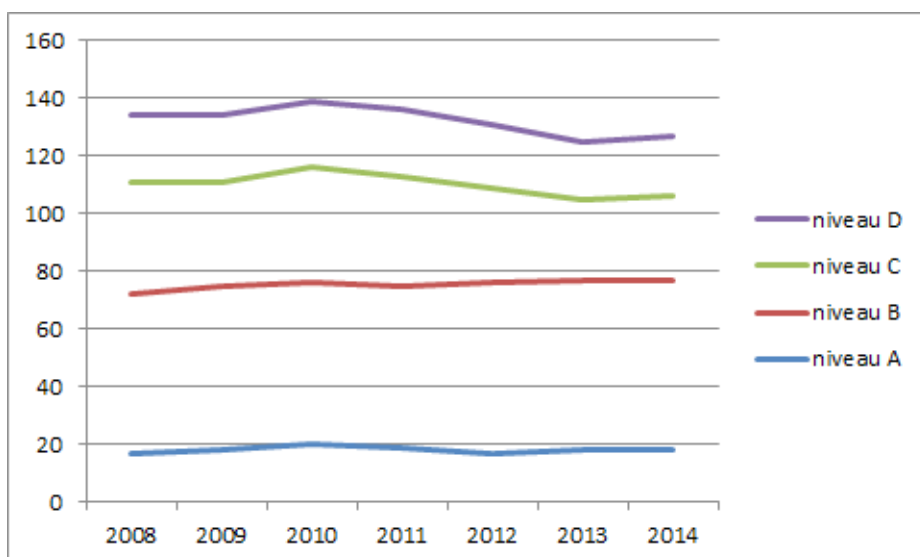


Figure 41: Le personnel non-scientifique de l'IRM au 31/12/2014 selon le niveau



10 PUBLICATIONS ET CONFÉRENCES SCIENTIFIQUES

PUBLICATIONS DANS DES REVUES INTERNATIONALES AVEC COMITÉ DE LECTURE

Da Silva, A.C., Whalen, M.T., Hladil, J., Koptikova, L., Chen, D., Boulvain, F., Spassov, S., Devleeschouwer, X.: Application of magnetic susceptibility as a paleoclimatic proxy on Paleozoic sedimentary rocks and characterization of the magnetic signal – IGCP-580 projects and events. *Episodes* 37/2, pp 87-95, 2014.

De Bock, V., De Backer, H., Van Malderen, R., Mangold, A., Delcloo, A.: Relations between erythemal UV dose, global solar radiation, total ozone column and aerosol optical depth at Uccle, Belgium, *Atmos. Chem. Phys.*, 14, 12251-12270, doi: 10.5194/acp-14-12251-2014, 2014.

Delcloo, A., Hamdi, R., Deckmyn, A., De Backer, H., Forêt, G., Termonia, P., Van Langenhove, H.: A One Year Evaluation of the CTM CHIMERE Using SURFEX/TEB Within the High Resolution NWP Models ALARO and ALADIN for Belgium, *Air Pollution Modeling and its Application XXIII, NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security 2014*, 495-498, DOI: 10.1007/978-3-319-04379-1_81, 2014.

Delcloo, A., Andersson, C., Forsberg, B., Nawrot, T., Valari, M. ACCEPTED: An Assessment of Changing Conditions, Environmental Policies, Time-Activities, Exposure and Disease, *Air Pollution Modeling and its Application XXIII, NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security 2014*, 55-59, DOI:10.1007/978-3-319-04379-1_9, 2014.

Delcloo, A., Hamdi, R., Deckmyn, A., Termonia, P., De Backer, H., Van Langenhove, H.: Influence of physical parameterization changes in the ALARO high resolution NWP model for Belgium on the CTM CHIMERE, *Air Pollution Modeling and its Application XXII, NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security 2014, Part V*, 369-373, DOI:10.1007/978-94-007-5577-2_62, 2014.

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. Discuss.*, 7, 7151-7196, DOI:10.5194/gmdd-7-7151-2014, 2014.

Ghilain, N., De Roo, F., Gellens-Meulenberghs, F.: Evapotranspiration monitoring with Meteosat Second Generation Satellites: improvement opportunities from moderate spatial resolution satellites for vegetation. *International Journal of Remote Sensing*, 35(7), 2654-2670, DOI: 10.1080/01431161.2014.883093, 2014.

Ghilain, N., Gellens-Meulenberghs, F.: Impact of land cover map resolution and geolocation accuracy on evapotranspiration simulations by a land surface model. *Rem. Sens. Letters*, 5(5), 491-499, 2014.

Hamdi, R., Deckmyn, A., Degrauwe, A., Delcloo, A., Termonia, P.: Coupling the Town Energy Balance Scheme to the High Resolution LAM ALADIN for Belgium, *Air Pollution Modeling and its Application XXII, NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security 2014, Part VII*, 661-664, DOI: 10.1007/978-94-007-5577-2_112, 2014.

Hamdi, R., Degrauwe, D., Duerinckx, A., Cedilnik, J., Costa, V., Dalkilic, T., Essaouini, K., Jerczynki, M., Kocaman, F., Kullmann, L., Mahfouf, J.-F., Meier, F., Sassi, M., Schneider, S., VaDa, F., Termonia, P.: Evaluating the performance of SURFEXv5 as a new land surface scheme for the ALADINcy36 and ALARO-0 models, *Geosci. Model Dev.*, 7, 23-39, 2014.

Hamdi, R., Van de Vyver, H., De Troch, R., Termonia, P.: Assessment of three dynamical urban climate downscaling methods: Brussels's future urban heat island under an A1B emission scenario. *International Journal of Climatology*, Volume 34, Issue 4, March 2014, Pages: 978-999, DOI: 10.1002/joc.3734, 2014.

Hamdi, R., Van de Vyver, H., De Troch, R., Termonia, P., Delcloo, A.: Assessment of Three Dynamical Urban Climate Downscaling Methods, *Air Pollution Modeling and its Application XXIII, NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security 2014*, 379-383, DOI:10.1007/978-3-319-04379-1_61, 2014.

Foresti, L., Seed, A.: The effect of flow and orography on the spatial distribution of the very short-term predictability of rainfall from composite radar images. *Hydrology and Earth System Sciences*, 18:4671-4686, 2014.

Gielen, C., Van Roozendaal, M., Hendrick, F., Pinardi, G., Vlemmix, T., De Bock, V., De Backer, H., Fayt, C., Hermans, C., Gillotay, D., and Wang, P.: A simple and versatile cloud-screening method for MAX-DOAS retrievals, *Atmos. Meas. Tech.*, 7, 3509-3527, doi:10.5194/amt-7-3509-2014, 2014.

10 PUBLICATIONS ET CONFÉRENCES SCIENTIFIQUES

Hamdi, R., Van de Vyver, H., De Troch, R., Termonia, P., Delcloo, A.: Assessment of Three Dynamical Urban Climate Downscaling Methods, Air Pollution Modeling and its Application XXIII, NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security 2014, 379-383, DOI:10.1007/978-3-319-04379-1_61, 2014.

Hamdi, R., Deckmyn, A., Degrauwe, D., Delcloo, A., Termonia, P.: Coupling the Town Energy Balance Scheme to the High Resolution LAM ALADIN for Belgium, Air Pollution Modeling and its Application XXII, NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security 2014, Part VII, 661-664, DOI: 10.1007/978-94-007-5577-2_112, 2014.

Lanckriet, S., Frankl, A., Adgo, E., Termonia, P. and Nyssen, J.: Droughts related to quasi-global oscillations: a diagnostic teleconnection analysis in North Ethiopia. *Int. J. Climatol.* doi: 10.1002/joc.4074, 2014.

Nicolis, C., Nicolis, G.: Dynamical responses to time-dependent control parameters in the presence of noise, *Phys. Rev. E* 89, 022903, 2014.

Ntegeka, V., Baguis, P., Roulin, E., Willems, P.: Developing tailored climate change scenarios for hydrological impact assessments, *Journal of Hydrology*, 508, 307-321, 2014.

Petkov B., Vitale, V., Tomasi, C., Siani, A. M., Seckmeyer, G., Webb, A. R., Smedley, A. R. D., Rocco Casale, G., Werner, R., Lanconelli, C., Mazzola, M., Lupi, A., Busetto, M., Diémoz, H., Goutail, F., Köhler, U., Mendeva, B. D., Josefsson, W., Moore, D., Bartolomé, M. L., Ramon Moreta González, J., Misage, O., Dahback, A., Tóth, Z., Vearghese, S., De Backer, H., Stübi, R., Vaníček, K.: Response of the ozone column over West Europe to the 2011 Arctic ozone depletion event according to ground-based observations and assessment of the consequent variations in surface UV irradiation, *Atmospheric Environment* 85, p 169-178, 2014.

Poelman D. R.: A 10-year study on the characteristics of thunderstorms in Belgium based on cloud-to-ground lightning data. *Mon. Wea. Rev.*, 142, 4839-4849, 2014.

Provata, A., Nicolis, C., Nicolis, G.: Complexity measures for the evolutionary categorization of organisms, *Comp. Biol. Chem.* 53, 5-14, 2014.

Provata, A., Nicolis, C., Nicolis, G.: DNA viewed as an out-of-equilibrium structure, *Phys. Rev. E* 89 052105, 2014.

Puca, S., Porcu, F., Rinollo, A., Vulpiani, G., Baguis, P., Balabanova, S., Campione, E., Ertürk, A., Gabellani, S., Iwanski, R., Jurašek, M., Kaďák, J., Kerényi, J., Koshinchanov, G., Kozinarova, G., Krahe, P., Lapeta, B., Lábó, E., Milani, L., Okon, L., Öztopal, A., Pagliara, P., Pignone, F., Rachimow, C., Reborá, N., Roulin, E., Sónmez, I., Toniazzo, A., Biron, D., Casella, D., Cattani, E., Dietrich, S., Di Paola, F., Laviola, S., Levizzani, V., Melfi, D., Mugnai, A., Panegrossi, G., Petracca, M., Sanò, P., Zauli, F., Rosci, P., De Leonibus, L., Agosta, E., Gattari, F.: The validation service of the hydrological SAF geostationary and polar satellite precipitation products. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. 14, 871-889, 2014.

Roulin, E., Vannitsem, S.: Post-processing of medium-range probabilistic hydrological forecasting: impact of forcing, initial conditions and model errors. *Hydrological Processes*, DOI:10.1002/hyp.10259, 2014.

Sepulcre-Canto, G., Vogt, J., Arboleda, A., Antofie, T.: Assessment of the EUMETSAT LSA-SAF evapotranspiration product for drought monitoring in Europe. *Int. J. Appl. Earth Obs. & Geoinformation*, 30, 190-202, 2014.

Sapundjiev, D., Nemry, M., Stankov, S. M., Jodogne J. - C.: Data reduction and correction algorithm for digital real-time processing of cosmic ray measurements: NM64 monitoring at Dourbes. *Advances in Space Research*, Vol.53, No.1, pp.71-76, 2014.

Shifrin, V. Y., Khorev, V. N., Rasyon, J., Park, P. G.: International comparisons to establish the traceability in the global network of geomagnetic observatories to SI units, *Metrologia* 51 01015 DOI:10.1088/0026-1394/51/1A/01015, 2014.

Valks, P., Hao, N., Gimeno Garcia, S., Loyola, D., Dameris, M., Jöckel, P., Delcloo, A.: Tropical tropospheric ozone column retrieval for GOME-2, *Atmos. Meas. Tech.*, 7, 2513-2530, 2014.

Van Malderen, R., Brenot, H., Pottiaux, E., Beirle, S., Hermans, C., De Mazière, M., Wagner, T., De Backer, H., and Bruyninx, C.: A multi-site intercomparison of integrated water vapour observations for climate change analysis, *Atmos. Meas. Tech.*, 7, 2487-2512, doi:10.5194/amt-7-2487-2014, 2014.

Van Malderen, R., De Backer, H., Delcloo, A., Allaart, M.: Identifying the Origin of Anomalous High Tropospheric Ozone in the Ozonesonde Data at Uccle by Comparison with Nearby De Bilt, *Atmosphere-Ocean, Ozone Special Issue*, doi: 10.1080/07055900.2014.886552, 2014.

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*, doi:10.1016/j.tvjl.2014.10.024, 2014.

Vannitsem, S.: Dynamics and predictability of a low-order wind-driven ocean – atmosphere coupled model. *Climate Dynamics*, 42, 1981-1998, 2014.

Vannitsem, S., De Cruz, L.: A 24-variable low-order coupled ocean-atmosphere model: OA-QG-WS v2. *Geoscientific Model Development*, 7, 649-662, 2014.

Vannitsem, S.: Stochastic modelling and predictability: Analysis of a low-order coupled ocean-atmosphere model. *Phil Trans Roy Soc*, A372, 20130282, 2014.

Van Schaeybroeck, B., Vannitsem, S.: Ensemble postprocessing using member-by-member approaches: theoretical aspects, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, DOI: 10.1002/qj.2397, 2014.

Van Weverberg, K., Goudenhoofd, E., Blahak, U., Brisson, E., Demuzere, M., Marbaix, P., van Ypersele, J.-P.: Comparison of one-moment and two-moment bulk microphysics for high-resolution climate simulations of intense precipitation, *Atmospheric Research*, 147, 145-161, 2014.

Verhulst, T., Stankov, S. M.: Evaluation of ionospheric profilers using topside sounding data. *Radio Science*, Vol.49, No.3, pp.181-195, 2014.

PUBLICATIONS DANS DES REVUES NATIONALES AVEC COMITÉ DE LECTURE

De Keyser, J., S. Stankov, T. Verhulst (2014): Earth's magnetosphere and ionosphere. *KBVE Review E Tijdschrift - Journal of the Royal Belgian Association of Electrical Engineers (KBVE)*, Vol.130, No.2, pp.1-6.

Ech-chakrouni, S., Hus, J., Henrard, D., Geeraerts, R., Spassov, S.: Investigation archéomagnétique de fours et aires brûlées du Moyen Âge dans le zoning industriel à Villers le Bouillet (Liège). *Chronique Archaeologia Mediaevalis* 37, pp 83-84, 2014.

Ech-chakrouni, S., Hus, J., Denis, M., Geeraerts, R.: Hainaut /Quaregnon: datation archéomagnétique d'une structure de combustion de la Grande Place. Dans: *Chronique de l'Archéologie Wallonne* 21, 99-102, 2014.

Hus, J., Geeraerts, R., Ech-chakrouni, S.: Archeomagnetisch onderzoek van stookplaats 1. In *Archeologie, Monumenten- en Landschapsonderzoek in Vlaanderen, Heritage Research in Flanders, Relicta* 11, pp. 263-269, 2014.

Verhulst, T., S. Stankov, J. Rasson (2014): The geomagnetic field - an actively changing global phenomenon. *KBVE Review E Tijdschrift - Journal of the Royal Belgian Association of Electrical Engineers (KBVE)*, Vol.130, No.2, pp.1-6.

PROCEEDINGS

Arboleda, A., Ghilain, N., Barrios, J.M., Gellens-Meulenberghs, F.: EUMETSAT's LSA-SAF evapotranspiration products focus on Africa region. Poster, 2014 EUMETSAT Meteorological Satellite Conference Proceedings, Geneva, 22 - 26 September 2014.

Hamdi, R.: Assessment of three dynamical urban climate downscaling methods: Application for Brussels and Paris. 3rd International Lund Regional-Scale Climate Modelling Workshop 21st Century Challenges in Regional Climate Modelling Lund, Sweden, 16-19 June 2014.

Hus J., Ech-chakrouni, S., Spassov, S.: Progress of archaeomagnetic dating in Western Europe: examples from sites in Belgium. pp. 49-56, In: *Proceedings of the 39th International Symposium for Archaeometry 2012*, Eds. Centre for Archaeological Sciences KU Leuven, 2014.

Gulyás, A., Kiss, I., Berta, I., Poelman, D.: Experimental analysis of preventive lightning protection methods, *International Conference on Lightning Protection (ICLP)*, Shanghai, China (proceeding), 2014.

Pardon, B., Vanneste, E., Poelman, D., Chiers, K., Deprez, P., Weyens, P.: Added value of lightning location data in the confirmation of lightning-related fatalities in livestock by the veterinary expert, IX Annual General Meeting of the European College of Bovine Health Management (AGM-ECBHM), Oviedo, Spain (proceeding), 2014.

Poelman, D.R., Pédeboy, S., Honoré, F., Anderson, G.: Comparing a Regional, Subcontinental and Long-range Lightning Location System over the Benelux and France, XV International Conference on Atmospheric Electricity (ICAE), Norman, Oklahoma, USA (proceeding), 2014.

Poelman, D. R., Schulz, W., Diendorfer, G., Bernardi, M.: European cloud-to-ground lightning characteristics, *International Conference on Lightning Protection (ICLP)*, Shanghai, China (proceeding), 2014.

10 PUBLICATIONS ET CONFÉRENCES SCIENTIFIQUES

Schulz, W., Poelman, D., Pédebois, S., Vergeiner, C., Pichler, H., Diendorfer, G., Pack, S.: Performance validation of the European Lightning Location System EUCLID, International Colloquium on Lightning and Power Systems (CIGRE), Lyon, France (proceeding), 2014.

Stankov, S.: On the local-time variations of the storm-time TEC at European middle latitudes. Proc. URSI General Assembly, 16-23 August 2014, Beijing, China, 2014.

Stankov, S.: On the local-time variations of the storm-time TEC at European middle latitudes. Proc. URSI General Assembly, 16-23 August 2014, Beijing, China, 2014.

Urbain, M., Journée, M., Baudrez, E., Bertrand, C.: Development of a 30 years-long gridded homogenized solar radiation dataset over the Benelux. In Proceedings of the Annual EUMETSAT Meteorological Satellite Conference, Geneva, Switzerland, 22-26 September, 2014.

RAPPORTS INTERNES ET EXTERNES SANS COMITÉ DE LECTURE

Barrios, J.M., Ghilain, N., Gellens-Meulenberghs, F.: Final report of the EVA3M project (Evapotranspiration: monitoring at high resolution at high resolution with MSG and moderate resolution satellites.), BELSPO project SR/34/163 of the research programme for Earth observation STEREO-II, 55 p., August 2014.

De Meutter, P., Gerard, L., Smet, G., Hamid, K., Hamdi, R., Degrauwe, D., Termonia, P.: Simulating downbursts with Alaro: a case study. ALADIN-HIRLAM Newsletter no 2, April 2014.

De Troch, R., Giot, O., Hamdi, R., Saeed, S., Tabari, H., Teferi Taye, M., Termonia, P., Van Lipzig, N., Willems, P.: Overview of a few regional climate models and climate scenarios for Belgium. Scientific and technical publication, 65, Editor: Royal Meteorological Institute of Belgium, Gellens, D., 2014.

Demarée, G.: Eloge de Jaromir NDmec; Mededelingen der Zittingen van de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen – Bulletin des Séances de l'Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer, 60, (2014-1), p. 83-86, 2014.

Ech-chakrouni, S.: Rapport final 2013. Convention SPW-DG04 – CPG de l'IRM, n° 12/48976, 2014.

Ech-chakrouni, S. Premier Rapport intermédiaire 2014, Convention SPW-DG04 – CPG de l'IRM, n° 13/18989, 2014.

Hamdi, R., Deckmyn, A.: ECORISK: A decision support tool to manage climate change risks to forest ecosystems. Scientific report for the period: 01/06/2012 to 31/05/2014. contract number SD/R1/06A, 2014.

Hamdi, R., Delcloo, A.: Assessment of changing conditions, environmental policies, time-activities, exposure and disease accepted. Annual scientific report for the period: 10/12/2012 au 09/12/2013. contract number sd/er/009, 2014.

Hamdi, R.: Modelling and Assessing Surface Change Impacts on Belgian and Western European climate. Annual Network Report for the period 01/01/2014 30/09/2014. Contract nr.: BR/121/A2/MASC, 2014.

Smet, G., Degrauwe, D.: Numerical precipitation forecasts for Belgium. Rapport in opdracht van Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) – afdeling operationeel waterbeheer, april 2014.

Smet, G., Van den Bergh, J.: Pre-alert/alert system for heavy precipitation. Rapport in opdracht van Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) – afdeling operationeel waterbeheer, april 2014.

RÉSUMÉS DE CONFÉRENCES ET POSTERS

Arboleda, A., Ghilain, N., Barrios, J.M., Gellens-Meulenberghs, F.: EUMETSAT's LSA-SAF evapotranspiration products focus on Africa region. Poster, 2014 EUMETSAT Meteorological Satellite Conference Proceedings, Geneva, 22 - 26 September 2014.

Arboleda, A.: 3 lectures (Introduction aux techniques de télédétection au Land SAF, Evapotranspiration – Concepts, Evaluation du ET par le LandSAF Produits) for the EUMETSAT "Cours sur l'utilisation des produits satellitaires aux applications agro météorologiques" in Agrhymet, Ouagadougou, Burkina Faso, 4-8 May 2014.

Barrios, J. M., Ghilain, N., Arboleda, A., Gellens-Meulenberghs, F.: Retrieving evapotranspiration in forests by combining geostationary and polar orbit satellite data. 2014 ForestSAT conference. Riva del Garda (TN), Italy, 4-7 November 2014.

Barrios, J.M., Ghilain, N., Arboleda, A., Gellens-Meulenberghs, F.: Combining MSG/SEVIRI and SPOT/Vegetation for the computation of evapotranspiration at moderate resolution, International Conference on Global Vegetation Monitoring and Modeling, Avignon, 3-7 February 2014.

Barrios, J.M., Ghilain, N., Arboleda, A., Gellens-Meulenberghs, F.: Towards high temporal and moderate spatial resolutions in the remote sensing retrieval of evapotranspiration by combining geostationary and polar orbit satellite data, EGU General Assembly 2014, Vienna, Austria, 27 April – 2 May 2014.

Barroso, C., Jacobs, T., Roujean, J.L., Trigo, I., Arboleda, A., Camacho-de-Coca, F., Carrer, D., DaCamara, C.C., García-Haro, J., Gellens-Meulenberghs, F., Ghilain, N., Goettsche, F., Olesen, F., Wooster, M.: The EUMETSAT SAF on Land Surface Analysis. 11th EUMETSAT User Forum in Africa, Johannesburg, South Africa, 8 – 12 September 2014.

Berckmans, J., Hamdi, R., François, L., Termonia, P.: The decadal projection of the Belgian and Western European climate under changing land cover, land use and socio-economic factors, Poster presentation, Swiss Summer School, Grindelwald, Switzerland, 31 August - 5 September 2014.

Berckmans, J.: Validation of the regional climate model ALARO using ground-based GNSS observations, poster presentation GNSS4SWEC summer school, Varna, Bulgaria, 8-13 September 2014.

De Troch, R., Van de Vyver, H., Giot, O., Hamdi, R., Termonia, P.: Assessment of subdaily precipitation from the ALARO-0 model at different spatial resolutions. Abstract from oral presentation at the European Geosciences Union General Assembly, Vienna, Austria, April 2014.

Delcloo, A., Hamdi, R.: Modelling of aerosols during current and future climate, using the CTM CHIMERE, coupled to the high resolution ALARO NWP model, 25th GLOREAM-EURASAP Workshop on Tropospheric Chemical Transport Modelling, Aveiro, Portugal, 6 – 7 November 2014.

Demarée, G.R., Mikami, T.: The extraordinary years 1783-1784: the climatic impact of the Laki volcanic eruptions vs. NAO-ENSO induced climatic conditions. Abstracts. LOTRED-SA, 3rd International Symposium, Climate Change and human impact in Central and South America over the last 2000 years – Observations and Models, p. 47. Medellín, Colombia, 9 – 11 July, 2014.

Delobbe, L., Goudenhoofd, E.: Polarimetric radar observations in Belgium, the 8th European Conference on Radar in Meteorology and Hydrology (ERAD2014), Garmisch-Partenkirchen, Germany, 2014.

Ech-chakrouni, S., Hus, J.: Comparison of archaeomagnetic and ¹⁴C datings of fireplaces in a cremation necropolis of funerary urns in Belgium. 14th Castle Meeting: New Trends on Paleo, Rock and Environmental Magnetism, Évora, Portugal, 31 August – 6 September 2014.

Foresti, L., Reyniers, M., Delobbe, L.: Implementation of the Short-Term Ensemble Prediction System (STEPS) in Belgium and verification of case studies. In European Geoscience Union, Vienna, Austria, 2014.

Foresti, L., Reyniers, M., Delobbe, L.: Probabilistic precipitation nowcasting with the Short Term Ensemble Prediction System in Belgium. In EUMETNET European nowcasting conference, 2014.

Foresti, L., Goudenhoofd, E., Reyniers, M., Delobbe, L., Seed, A.: Evaluation of a scale decomposition-based stochastic ensemble quantitative precipitation estimation scheme. In 8th European Conference on Radar in Meteorology and Hydrology, Garmisch-Partenkirchen, Germany, 2014.

Ghilain, N., Arboleda, A., Gellens-Meulenbergh, F.: Comparison of soil moisture products (ECMWF forecast, H-SAF SM-DAS-2 product and LSA-SAF LST_SM) and its impact on modelled LSA-SAF evapotranspiration, H-SAF User workshop, Reading, United Kingdom, 3-7 November 2014.

Ghilain, N.: Evapotranspiration monitoring with Meteosat Second Generation satellites: method, products and utility in drought detection, EUMeTrain Event week on drought, floods & landslides, 1-5 December 2014. (http://www.eumetrain.org/resources/df1_2014_s1a.html).

Gobin, A., Van de Vyver, H., Zamani, S., Curnel, Y., Planchon, V., Verspecht, A., Van Huylenbroeck, G.: The MERINOVA project: MEteorological Risks as drivers of environmental inNOvation in Agro-ecosystem management. EGU General Assembly 2014, Vienna, Austria, 27 April - 2 May, 2014.

Goudenhoofd, E., Delobbe, L.: Areal rainfall statistics based on a 10-year reanalysis of volumetric radar observations, International Symposium on Weather Radar and Hydrology, poster presentation at WRaH2014, Washington DC, USA, 7 - 10 April 2014.

Goudenhoofd, E., Delobbe, L.: Radar-based statistics of point and areal rainfall. 8th European Conf. on Radar in Meteorology and Hydrology, oral presentation at ERAD2014, Garmisch-Partenkirchen, Germany, 1 - 5 September 2014.

10 PUBLICATIONS ET CONFÉRENCES SCIENTIFIQUES

- Hamdi, R.: Coupling the Town Energy Balance Scheme to an operational NWP model. WWOSC, Montreal, 16 - 21 August 2014.
- Hamid, K.: Uitgewerkte gevalstudie van de windschade te Oosterzele op 5 februari 2013, publicatie 63, July 2014.
- Hamid, K.: Windschade in België door tornado's en andere windfenomenen, publicatie 64, July 2014.
- Korepanov, V., Hegymegi, L., Marusenkov, A., Rasson, J.: Perspectives of deploying modern high class observatory instrumentation under MAGNIO: Calibration, training and participation, XVI IAGA Observatory Workshop 2014, Hyderabad, India, October 2014.
- Lukach, M., Delobbe, L.: Generating a radar-based hail climatology for Belgium. 1st European Hail Workshop, University of Bern, Switzerland, 2014.
- Lukach, M., Delobbe, L.: Quality aspect related to radar-based hail detection. 8th European Conference on Radar in Meteorology and Hydrology (ERAD2014), Garmisch-Partenkirchen, Germany, 2014.
- Lukach, M., Reyniers, M., Salazar Celis, O., Cuyt, A.: An echo top estimation using vertical interval interpolation. 8th European Conference on Radar in Meteorology and Hydrology (ERAD2014), Garmisch-Partenkirchen, Germany, 2014.
- Rasson, J., Bracke, S., Gonsette, A., Humbled, F.: PEA: New Magnetic Observatory in East Antarctica near Utsteinen, Fifth Symposium on Polar Science, Tachikawa, Japan, National Institute of Polar Research, December 2014
- Rasson, J., Marin, J.-L., Humbled, F.: Testing of the TDJ6E-NM BOIF theodolite for use in a Dflux application by, XVI IAGA Observatory Workshop 2014, Hyderabad, India, October 2014.
- Rasson, J., Marin, J.-L.: Dourbes Participation in the APMP Comparison of Earth Level DC Magnetic Flux Density, XVI IAGA Observatory Workshop 2014, Hyderabad, India, October 2014.
- Rasson, J., Magnetic Observatories: Why, How and What for? Keynote presentation at the XVI IAGA Observatory Workshop 2014, Hyderabad, India, October 2014.
- Rasson, J., Hendrickx, O., Marin, J.-L.: WIDIF: A New Dflux Optimised For Field Use, XVI IAGA Observatory Workshop 2014, Hyderabad, India, DOI: 10.13140/2.1.4028.4964, October 2014.
- Reyniers M.: Overview and recent developments of the nowcasting system INCA in Belgium (INCA-BE)Poster "8th European Conference on Radar in Meteorology and Hydrology (ERAD)", Garmisch-Partenkirchen (Germany), 2014.
- Spasov, S., Nourgaliev, D. K.: Characterisation of viscous magnetisation with the induction coercivity meter. 14th Castle Meeting: New Trends on Paleo, Rock and Environmental Magnetism, Évora, Portugal, 31 August – 6 September 2014.
- Spasov, S., Nourgaliev, D. K.: Characterisation of viscous magnetisation with the induction coercivity meter. 14th Castle Meeting: New Trends on Paleo, Rock and Environmental Magnetism, Évora, Portugal, 31 August – 6 September 2014.
- Van den Bergh, J.: Verification of clustering methods applied to hydrological ensemble forecasts. Presentation at 10th Anniversary HEPEX Workshop, 24-26/6/2014, Maryland, USA. http://hepex.irstea.fr/wp-content/uploads/2014/05/D3_10y_Vandenbergh.pdf
- Vannitsem, S., De Cruz, L.: A new 24-variable low-order coupled ocean-atmosphere model as a tool for predictability analysis. Geophysical Research Abstracts, Vol. 16, EGU2014-12958, 2014.
- Vannitsem, S., De Cruz, L.: Dynamics and Predictability of a 24-variable Low-order Coupled Ocean-atmosphere Model, AS08-13-D1-PM1-ED-004, AOGS, Sapporo, Japan, 28 July-1 August 2014.
- Van Schaeybroeck, B., Vannitsem, S.: Are Our Model Biases Affected by Climate Changes?, poster at 11th Annual meeting of Asia Oceania Geosciences Society (AOGS), Sapporo, Japan, 28 July-1 August 2014.
- Van Schaeybroeck, B., Vannitsem, S.: Avoiding the ensemble decorrelation problem using member-by-member post-processing, poster at EGU General Assembly 2014, Vienna, Austria, 27 April- 2 May 2014.
- Van Schaeybroeck, B., Vannitsem, S.: Correction of model errors of climate runs based on post-processing techniques, presentation at EGU General Assembly 2014, Vienna, Austria, 27 April- 2 May 2014.

Van Schaeybroeck, B., Vannitsem, S.: Verification of the Forecast Errors Based on Ensemble Spread, poster at Fall Meeting of American Geophysical Union (AGU), San Francisco, USA, 15-19 December 2014.

Verhulst, T., D. Sapundjiev, S. Stankov (2014): The need for local, high resolution, multi instrument monitoring to study complex effects of space weather disturbances on the ionosphere: a study on the events in February 2014. Pres. COSPAR Scientific Assembly, Moscow, Russia, ABS No. COSPAR14-C13-16399, 2-10 August 2014.

Verhulst, T., Sapundjiev, D., Stankov, S.: The need for local, high resolution, multi instrument monitoring to study complex effects of space weather disturbances on the ionosphere: a study on the events in February 2014. Pres. COSPAR Scientific Assembly, Moscow, Russia, ABS No. COSPAR14-C13-16399, 02-10 August 2014.

CONFÉRENCES ET POSTERS SANS RÉSUMÉ

Barrios, J.M.: Combining MSG measurements and moderate resolution remote sensing for monitoring evapotranspiration. Presentation given at the RMI Uccle, Belgium. 17 September 2014.

Berckmans, J.: EGU 2014, Vienna, Austria, 2014.

Bertrand, C., Gonzalez Sotelino, L.: Quality control of 10-min soil temperatures data at RMI. 14th EMS Annual Meeting & 10th European Conference on Applied Climatology (ECAC), Prague, Czech Republic, 6-10 October 2014.

Bertrand, C.: Creation of a 30 years-long high resolution homogenized solar radiation data set over the Benelux. 8th Seminar for Homogenization and Quality Control in Climatological Databases & 3rd Conference on spatial interpolation techniques in climatology and meteorology, Budapest, Hungary, 12-16 May 2014.

Brenot, H., Pottiaux, E., Van Malderen, R.: Detection of blobs of water vapour and potential GNSS application for nowcasting, State of the art workshop of the COST action GNSS4SWEC, Munich, 26-28 February 2014.

Brenot, H., Errera, Q., Champollion, C., Verhoelst, T., Kumps, N., Van Malderen, R., Van Roozendael, M.: GNSS tomography and optimal geometrical setting to retrieve water vapour density of the neutral atmosphere, European Geosciences Union General Assembly 2014, Vienna, Austria, 27 April-2 May 2014.

De Bock, V., De Backer, H., Mangold, A.: Aerosol Optical Depth retrieval from Brewer spectrophotometers at Uccle, Belgium, Eubrewnet open congres/14th WMO-GAW Brewer Users Group Meeting, Tenerife, 24-28 March 2014.

De Bock, V.: AGACC-II: Advanced exploitation of Ground based measurements for Atmospheric Chemistry and Climate Applications - II: RMI project results, conference at RMI, Uccle, Belgium, 10 December 2014.

Delcloo, A., Tuinder, O.: Validation of GOME-2/OPERA ozone profiles on METOP-A and METOP-B, using balloon sounding data, Geneve, Switzerland, 22 - 26 September 2014.

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, Geneve, Switzerland, 22 - 26 September 2014.

Delcloo, A., Hurtmans, D., Coheur, P.-F., Clerbaux, C.: Validation of IASI ozone profiles, using balloon sounding data, EUMETSAT Meteorological Satellite Conference, Geneve, Switzerland, 22 - 26 September 2014.

Delcloo, A.: Validation of tropospheric ozone column and ozone profile products, using balloon sounding data, 2nd progress meeting ESA-CCI2, Payerne, Switzerland, 7 October 2014.

Delcloo, A., Hamdi, R.: Modelling of aerosols during current and future climate, using the CTM CHIMERE, coupled to the high resolution ALARO NWP model, 25th GLOREAM-EURASAP Workshop on Tropospheric Chemical Transport Modelling, Aveiro, Portugal, 6 - 7 November 2014.

Delvaux, C., Journée, M., Bertrand, C.: The FORBIO Climate data set for climate analyses. 14th EMS Annual Meeting & 10th European Conference on Applied Climatology (ECAC), Prague, Czech Republic, 6-10 October 2014.

10 PUBLICATIONS ET CONFÉRENCES SCIENTIFIQUES

De Meutter, P., Caluwaerts, S., Deckmyn, A., Duerinckx, A., Degrauwe, D., Smet, G., Berckmans, J., De Cruz, L., Gerard, L., Vanginderachter, M., Giot, O., Termonia, P., Hamdi, R., De Troch, R.: Forecast Experience in Belgium. 2014.

De Meutter, P.: ALADIN Forecasters meeting, Ankara, Turkey, 10-11 September 2014.

De Meutter, P., Caluwaerts, S., Deckmyn, A., Duerinckx, A., Degrauwe, D., Smet, G., Berckmans, J., De Cruz, L., Gerard, L., Vanginderachter, M., Giot, O., Termonia, P., Hamdi, R., De Troch, R.: ALARO-0 experience in Belgium. ALARO-1 working days, ZAMG, Vienna, Austria, 12-14 May 2014.

De Meutter, P., Gerard, L., Smet, G., Termonia, P.: The Belgian Pukkelpop case: a challenge for simulating deep convection. Presentation at the 24th joint ALADIN workshop / HIRLAM All-Staff Meeting 2014, Boucharest, Romania, 7-10 April 2014.

De Rudder, A., Lambert, J.-C., Scory, S., Nemry, M., Van Malderen, R., Delobbe, L.: Towards a Portal to Atmospheric and Marine Information Resources (PAMIR), INSPIRE Conference 2014, Aalborg, Denmark, 18-20 June 2014.

De Troch, R.: High resolution regional climate modelling. Part 1. Evaluation and projection for Belgium. Seminar at Royal Meteorological Institute of Belgium, Brussels, Belgium, 19 November 2014.

Ech-chakrouni, S.: Exemples de datation des sites archéologiques en Belgique. Institut National pour la Sauvegarde du Patrimoine Archéologique du Maroc (INSAP) Rabat, Maroc, 3 December 2014.

Gellens-Meulenberghs, F., Arboleda, A., Ghilain, N., Barrios, J.-M.: LSA-SAF: research on evapotranspiration and land surface fluxes - an activity of the research department. Presentation with poster and laptop & experiment on wind chill, RMI Open Doors, Brussels, Belgium, 11-12 October 2014.

Gerard, L.: Multi-scale behaviour of a deep convection parameterization using a perturbation approach. <ftp://ftp.zmaw.de/outgoing/lorenzo/greyzone/LGerard.pdf>, WGNE/GASS Workshop: The Grey Zone Project: Max Planck Institute for Meteorology, Hamburg, 1-3 December 2014.

Gerard, L.: Representing deep convection at high resolution, http://www.rclace.eu/File/ALARO/alaro1_wd14vi/alaro1wd_LG_HR_may14.pdf, ALARO-1 Working days 2014, ZAMG, Vienna, Austria, 12 - 14 May 2014.

Gerard, L.: The unsaturated downdraught in ALARO-1,

http://www.rclace.eu/File/ALARO/alaro1_wd14vi/alaro1wd_LG_DD_may14.pdf, ALARO-1 Working days 2014, ZAMG, Vienna, Austria, 12 - 14 May 2014.

Hamdi, R.: Brussels's climate for the 2050s under the A1B scenario. RMI, Brussels, 26 November 2014.

Hamdi, R.: High-resolution regional climate modeling at the RMI. FORBIO project, Belspo, Brussels, 7 November 2014.

Hamdi, R.: Impact des changements climatiques dans les villes: Contraste entre stress thermique urbain et rural. BELSPO-SPF Environnement, 26 March 2014.

Hamdi, R.: L'îlot de chaleur de Bruxelles: passé, présent, futur. CIVA, Brussels, 26 March 2014.

Hamdi, R.: Study of the Jacobian of an EKF for soil analysis in SURFEX. Joint 24th ALADIN Workshop & HIRLAM All Staff Meeting 2014, Romania, 7-11 April 2014.

Hamdi, R.: Urban climate modelling at the RMI. Barcelona Regional, Spain, 16 -17 October 2014.

Hubert, D., Verhoelst, T., Keppens, A., Granville, J., Lambert, J.-C., Allaart, M.A.F., Deshler, T., Johnson, B.J., Kivi, R., Schmidlin, F.J., Smit, H.G.J., Steinbrecht, W., Stübi, R., Tarasick, D.W., Thompson, A.M., Tully, M.B., Van Malderen, R., Von der Gathen, P.: The internal consistency of the ozone-sonde network data archive assessed through comparisons with satellite ozone profilers, EUMETSAT Meteorological Satellite Conference, Geneva, Switzerland, 22-26 September 2014.

Hus, J.: Introduction de l'archéomagnétisme et l'archéomagnétisme en Belgique. Institut National pour la Sauvegarde du Patrimoine Archéologique du Maroc (INSAP), Rabat, Maroc, 3 December 2014.

Journée, M.: Gridding of precipitation and air temperature observations in Belgium. 8Th Seminar for Homogenization and Quality Control in Climatological Databases & 3rd Conference on spatial interpolation techniques in climatology and meteorology, Budapest, Hungary, 12-16 May 2014.

Journée, M.: Climate maps of air temperature and precipitation in Belgium. 14th EMS Annual Meeting & 10th European Conference on Applied Climatology (ECAC), Prague, Czech Republic, 6-10 October 2014.

Laffineur, Q., Delcloo, A., De Backer, H., Adam, M., Klugmann, D.: Observation of an intercontinental smoke plume over Europe on June 2013: some ambiguity in the determination of the source, European Geosciences Union, General Assembly 2014, Vienna, 27 April-2 May 2014.

Laffineur, Q., Haefelin, M. (given by Haefelin, M.): Investigate fog prediction capabilities of ALC profiles, TOPROF meeting, Roskilde, Denmark, 19 November 2014.

Mangold, A., Van Malderen, R., De Backer, H., Delcloo, A., De Bock, V., Gorodetskaya, I., Wex, H., Hermans, C.: Observations of atmospheric composition, clouds and precipitation in Dronning Maud Land, East Antarctica, MOZAIK-IAGOS Scientific Symposium on Atmospheric Composition Observations by Commercial Aircraft: 20th Anniversary, Toulouse, 12-15 May 2014.

Mangold, A.: Atmospheric Aerosol in Antarctica – measurements under particular conditions, TSI Workshop ,Nanoparticles: Basics, Application and Measurement solutions, Best, Netherlands, 24 June 2014.

Mangold, A., Atmospheric composition at Princess Elisabeth – results of last seasons and outlook, Antarctica – The Next Generation conference, Brussels, Belgium, 17 September 2014.

Spasov, S.: RADIOMAG proposer team: RADIOMAG - Multifunctional nanoparticles for magnetic hyperthermia & indirect radiation therapy. COST-Office, Bruxelles, Belgique, 31 March 2014.

Spasov, S.: Caractérisation des environnements à l'aide des propriétés magnétique. Institut National des Sciences de l'Archéologie et du Patrimoine, Rabat, Maroc, 5 December 2014.

Spasov, S. & RADIOMAG proposer team: RADIOMAG - Multifunctional nanoparticles for magnetic hyperthermia & indirect radiation therapy. Bureau COST, Brussels, Belgium, 31 March 2014.

Spasov, S. Caractérisation des environnements à l'aide des propriétés magnétique. Institut National pour la Sauvegarde du Patrimoine Archéologique du Maroc (INSAP), Rabat, Maroc, 5 December 2014.

Stankov, S., D. Sapundjiev, T. Verhulst, A. Gonsette, J.C. Jodogne (2014): Long-Term Solar Changes - influence on geomagnetic, cosmic ray and ionospheric parameters. Pres. STCE Workshop on Long-Term Solar Changes, 19 May 2014, Brussels, Belgium.

Stankov, S., Sapundjiev, D., Verhulst, T., Gonsette, A., Jodogne, J.-C.: Long-Term Solar Changes - influence on geomagnetic, cosmic ray and ionospheric parameters. Pres. STCE Workshop on Long-Term Solar Changes, 19 May 2014, Brussels, Belgium, 2014.

Tuinder, O., Delcloo, A., GOME-2 degradation correction for vertical ozone profiles, EUMETSAT Meteorological Satellite conference, Geneva, Switzerland, 22 - 26 September 2014.

Van de Vyver, H.: Advances on rainfall IDF-relationships. Workshop "Precipitation variability at different time scales: from long term trends to flush flood events", Madrid, Spain, 12-13 June 2014.

Van Malderen, R.: A literature survey on Integrated Water Vapour (IWV) intercomparison studies, keynote presentation at the State of the art workshop of the COST action GNSS4SWEC, Munich, Germany, 26-28 February 2014.

Van Malderen, R. (given by Bock, O.): Inventory of IWV intercomparison sites and papers, COST action GNSS4SWEC WG meeting, Varna, Bulgaria, 11-12 September 2014.

Van Malderen, R., Pottiaux, E., Brenot, H., Beirle, S., Wagner, T., De Backer, H., Bruyninx, C. (given by Brenot, H.): An integrated water vapour trends analysis based on more than 15 years of world-wide GPS and GOME/SCHIAMACHY/GOME-2 retrievals, NORIS/NDACC/GAW meeting, Brussels, 5-7 November 2014.

Vannitsem, S.: Dynamics and predictability of a low-order wind-driven ocean - atmosphere coupled model, Seminar et the LMD, Paris, France, 12 February 2014.

Vannitsem S.: Dynamics and predictability of a low-order wind-driven ocean - atmosphere coupled model, Seminar at the Institute of Atmospheric Physics, Beijing, China, 17 March 2014.

10 PUBLICATIONS ET CONFÉRENCES SCIENTIFIQUES

Vannitsem, S.: The predictability problem: From practice to theory, Seminar at PLA Nanjing University, China, 20 March 2014.

Vannitsem, S.: What Can We Learn on the Predictability of Coupled Ocean-Atmosphere Systems from Low-Order Modelling? NG34A-02. AGU Fall Meeting, 14-19 December 2014.

Van Schaeybroeck, B., Vannitsem, S.: Are Our Model Biases Affected by Climate Changes?, poster at Workshop on advances in climate theory, Brussels, Belgium, 25-27 August 2014.

Van Schaeybroeck, B., Vannitsem, S.: Avoiding the ensemble decorrelation problem using member-by-member post-processing, poster at ECMWF Training course: Predictability and ocean-atmosphere ensemble forecasting, Reading, UK, 7-16 May 2014.

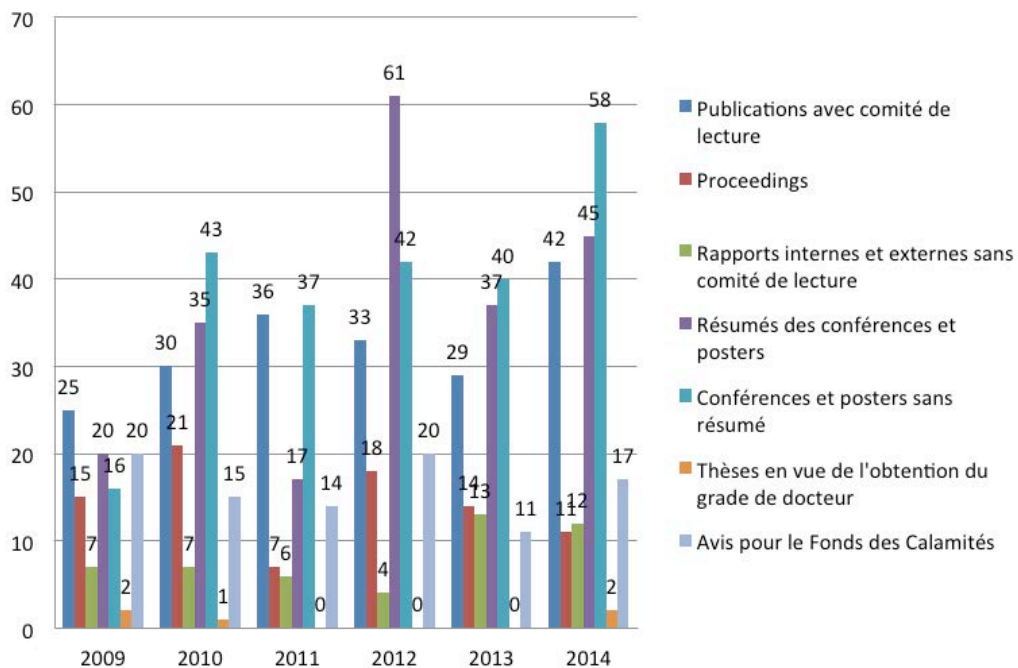
Van Schaeybroeck, B., Vannitsem, S.: Avoiding the ensemble decorrelation problem by member-by-member post-processing, presentation at MeteoClim, Antwerp, Belgium, 6 June 2014.

THÈSES EN VUE DE L'OBTENTION DU GRADE DE DOCTEUR

Ghilain, N.: Monitoring evapotranspiration at continental scale: enhanced contribution from geostationary satellites, PhD thesis, edited by Free University of Brussels, «VUB-HYDROLOGY» series Nr 78, promoteur: Prof. Dr Okke Batelaan, 198 p., 2014.

Roulin, E.: Medium-range probabilistic river streamflow predictions. Thèse présentée à l'Université Libre de Bruxelles le 30 juin 2014, promoteurs: Prof. Jean-Louis Tison et Dr Stéphane Vannitsem, 172 p., 2014.

Evolution des publications les 6 dernières années



AVIS POUR LE FONDS DES CALAMITÉS PROCURÉS EN 2014

Date de l'événement	Type d'événement	Provinces touchées
12/06/2012	Précipitations abondantes	Anvers (1 commune)
10/10/2013	Précipitations abondantes	Flandre occidentale (16 communes)
20/10/2013	Tourbillons de vent	Flandre occidentale (2 communes)
24/12/2013	Précipitations abondantes	Namur (6 communes)
03/01/2014	Précipitations abondantes	Anvers (3 communes)
03/01/2014	Tourbillons de vent et vents de tempête	Belgique
25/01/2014	Tourbillons de vent et vents de tempête avec orages	Belgique
07 - 09/06/2014	Précipitations abondantes	Brabant Flamand (8 communes), Brabant Wallon (11 communes), Anvers (4 communes), Région de Bruxelles Capitale (4 communes), Flandre occidentale (16 communes), Flandre orientale (3 communes), Hainaut (1 commune), Liège (13 communes), Luxembourg (12 communes), Namur (1 commune)
07 - 09/06/2014	Précipitations abondantes	Brabant Wallon (3 communes)
06/07/2014	Tourbillons de vent et grêle	Luxembourg (2 communes)
29/07/2014	Précipitations abondantes	Brabant Wallon (9 communes), Liège (4 communes), Luxembourg (1 commune), Namur (3 communes)
29/07/2014	Précipitations abondantes	Région de Bruxelles Capitale (2 communes)
27 - 29/07/2014	Précipitations abondantes	Brabant flamand (13 communes), Anvers (9 communes), Flandre occidentale (23 communes), Flandre orientale (4 communes), Limbourg (10 communes)
03/08/2014	Précipitations abondantes	Limbourg (1 commune)
08 & 10/08/2014	Tourbillons de vent	Namur (2 communes), Liège (2 communes)
20/09/2014	Précipitations abondantes	Hainaut (1 commune), Liège (5 communes), Luxembourg (1 commune), Namur (10 communes)
08/10/2014	Précipitations abondantes	Namur (4 communes)

11 LISTE DES ACRONYMES ET ABREVIATIONS

ALADIN:	Aire Limitée, Adaptation dynamique, Développement InterNational	INDRA:	INtegrated Rmi Alert system
ALARO:	version ALADIN pour haute résolution	INSAP:	Institut National pour la Sauvegarde du Patrimoine Archéologique du Maroc
BBR:	Breed Band Radiometer	IRM:	Institut Royal Météorologique
BELLS:	Belgian Lightning Location System	KU Leuven:	Katholieke Universiteit van Leuven
BELSP0:	Politique scientifique fédérale	LIDAR:	Light Detection And Ranging
CORDEX:	Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment	MDK:	Maritieme Dienstverlening en Kust
COST:	European Cooperation in Science and Technology	MPMS:	Magnetic Properties Measurement System
EBAF:	Energy BALanced and Filled	MSG:	Meteosat Second Generation
ECMWF:	European Centre for Medium-Range Weather Forecasts	NAO:	North Atlantic Oscillation
EMAS:	Eco-Management Audit Scheme	NASA:	National Aeronautics and Space Administration
ENSO:	El Niño-Southern Oscillation	ORB:	Observatoire royal de Belgique
EOT:	Empirical Orthogonal Teleconnection analysis	RAPSCA:	Réseau en Archéomagnétisme pour la Sauvegarde du Patrimoine Culturel en Afrique du Nord
ERC:	European Research Council	SAF:	Satellite Application Facilities
ERC ITOP:	Integrating theory and observation over the Pleistocene	SAFIR:	Système d'Alerte Foudre par Interferometry Radioélectrique
ESA:	European Spatial Agency	SIMBA:	Sun-Earth IMBALance
ESF:	Etablissements Scientifiques Fédéraux	SOHO:	Solar and Heliospheric Observatory
EUCLID:	European Cooperation for Lightning Detection	STCE:	Solar-Terrestrial Centre of Excellence
EUMETSAT:	EUropean METeorological SATellites	SQUID:	Superconducting Quantum Interference Device
GERB:	Geostationary Earth Radiation Budget	TROPOS:	Instituut voor Onderzoek in de Troposfeer (TROPOS) van Leipzig
GLAMEPS:	Grand Limited Area model Ensemble Prediction System	UNESCO:	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
HIRLAM:	High Resolution Limited Area Model	VAAC:	Volcanic Ash Advisory Center in Londen
IASB:	Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique	VSC:	Vlaams Supercomputer Centrum
IPF:	International Polar Foundation	WSL:	Zwitsers Federaal Instituut voor Bos-, Sneeuw- en Landschapsonderzoek
IFS:	Integrated Forecast System		
INCA-be:	Integrated Nowcasting through Comprehensive Analysis		



Politique scientifique fédérale



belspo

.be



IRM
Institut Royal Météorologique
Avenue Circulaire 3 – B-1180 Uccle