



RAPPORT ANNUEL

2018

INSTITUT ROYAL MÉTÉOROLOGIQUE DE BELGIQUE

TABLE DES MATIÈRES

1° 	Avant-propos	02
2° 	La vie à l'IRM	05
3° 	La météo en 2018	19
4° 	Le changement de climat	27
5° 	La recherche à l'IRM	39
6° 	IRM international	47
7° 	Communication de l'IRM	55
8° 	Quoi de prévu en 2019 ?	59
9° 	Publications scientifiques et conférences	61
10° 	Liste des abréviations et des acronymes	73

IRM - INSTITUT ROYAL MÉTÉOROLOGIQUE DE BELGIQUE

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

www.meteo.be

Éditeur responsable: Dr. D. Gellens | ISSN 2033-8554 | Coordination: Emilie Delhaye et Alex Dewalque
Crédit photos : IRM sauf mention contraire | Impression et réalisation: Fedopress

1° | Avant-propos



CHERS LECTEURS,

Une fois n'est pas coutume, ce rapport sera d'abord axé sur l'évolution du personnel de notre institution. L'année 2018 a été en effet marquée par un contraste net entre les succès remportés au niveau des projets auxquels il participe et des services fournis à des utilisateurs clés en Belgique comme à l'étranger, et la diminution de son personnel, aussi bien scientifique qu'administratif.

Depuis plusieurs années déjà, il faut constater que le nombre de nos collaborateurs tend à la baisse, que ce soit en raison de départs à la pension non remplacés ou suite à la réduction du financement imposée par le gouvernement et qui rend l'engagement de tout nouveau personnel difficile.

L'IRM entend se positionner comme Centre Climatique de la Belgique, grâce à son expertise en matière de recherche en modélisation météorologique et climatique. L'IRM veut participer activement à ce nouveau challenge planétaire et jouer ainsi pleinement son rôle d'institut météorologique national. Malgré la reconnaissance internationale, illustrée par le travail d'un de nos chercheurs pour le Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC), la création du centre est restée structurellement et financièrement sans réponse de la part du pouvoir politique.

Pour réellement développer ce Centre Climatique, l'IRM a besoin d'un financement assuré sur le long terme pour que des chercheurs et des collaborateurs opérationnels puissent soutenir ce service aux citoyens et aux décideurs. Aujourd'hui, 69 % de nos chercheurs sont financés par des projets de recherche nationaux ou internationaux à court ou moyen termes, n'apportant que peu de sécurité quant à une éventuelle stabilité de l'emploi.

Un autre élément capital pour le maintien du fonctionnement de l'IRM et la progression de la qualité du service qu'il offre à la population est l'adoption de l'Open Data gratuit par le gouvernement en 2016. L'Institut dépend pour près de 9 pourcent de son budget de la commercialisation de données et de services météorologiques et climatiques. Cette part est essentielle à notre fonctionnement. D'ici 2021, l'Open Data gratuit deviendra une obligation européenne et il est crucial de compenser cette perte sous peine de devoir réduire nos services.

Comme le montre ce rapport, l'IRM a pu en 2018 satisfaire à des demandes de produits et services météorologiques et climatiques de haute qualité, réalisés sur mesure et en provenance d'acteurs majeurs du transport et de l'énergie en Belgique.



Nous avons également revu notre système d'avertissements météorologiques et démarré un projet de récolte de données citoyennes et d'observations de phénomènes météo via les smartphones.

Vous retrouverez dans ces pages ce qui a fait la fierté de l'IRM en 2018, ses réalisations, le point sur les projets en cours ainsi que le lancement de nouvelles initiatives au niveau national et international.

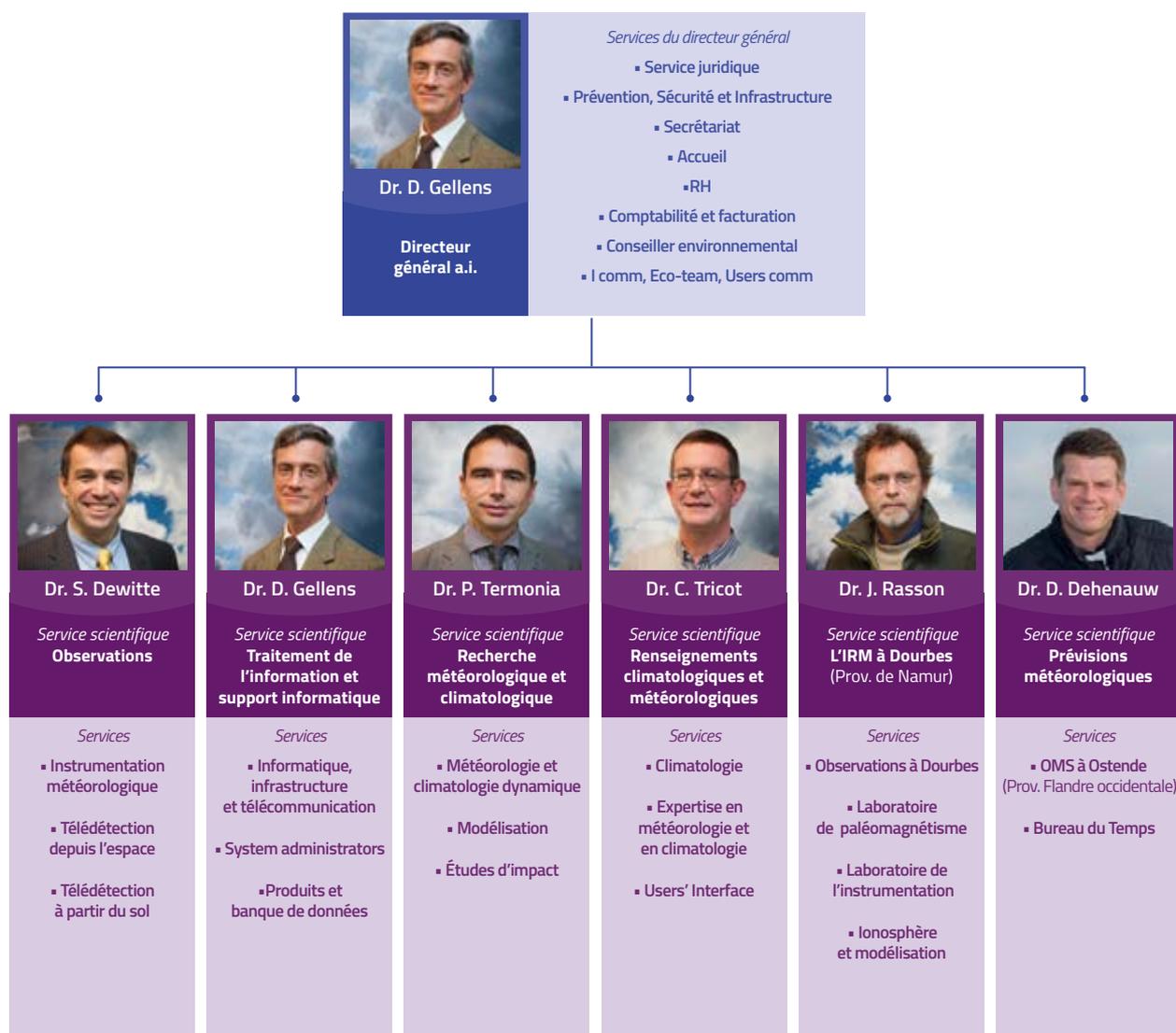
Bonne lecture à tous.



2° | La vie à l'IRM



1. STRUCTURE DE L'IRM



2° La vie à l'IRM

ORGANES DE GESTION

CONSEIL SCIENTIFIQUE

- **Président:**



Prof. Dr J. Cornelis

- **Chef de l'établissement:**

Dr. D. Gellens

- **Membres du personnel scientifique dirigeant de l'établissement**

Dr. J. Rasson
Dr. C. Tricot
Dr. P. Termonia
Dr. S. Dewitte
Dr. H. De Backer

- **Personnalités scientifiques choisies en dehors de l'établissement**

Prof. Dr. J-P. Van Ypersele
Prof. Dr. H. Dejonghe
Prof. Dr. Ch. De Mol
Prof. Dr. Ch. Maes

COMMISSION DE GESTION

- **Avec voix délibérative**

Monsieur F. Monteny, Président
Dr D. Gellens, Vice-Président
Dr R. Van der Linden, Vice-Président
Dr M. De Mazière, Vice-Présidente
Prof. Dr Ch. Bouquegneau
Monsieur E. Moeyaert
Monsieur M. Praet
Monsieur T. Mary

LE JURY

- **Président:**

Monsieur M. Beumier

- **Chef de l'établissement et membre d'office**
Dr. D. Gellens

- **Personnalités scientifiques choisies en dehors de l'établissement**

Prof. Dr H. Goose
Prof. Dr P. De Maeyer



2. LE PERSONNEL

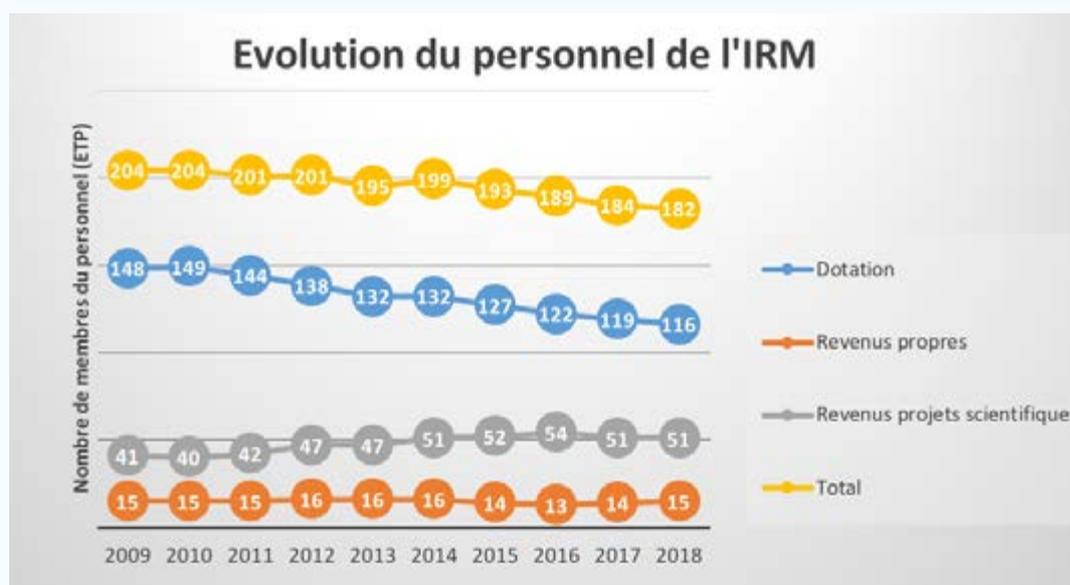
2.1. TOUJOURS MOINS DE PERSONNEL POUR SERVIR LE PUBLIC

A contrario d'autres autorités fédérales, l'IRM ainsi que d'autres institutions scientifiques fédérales, dispose non pas d'une mais de trois sources de revenus. L'IRM n'est pas financé uniquement par sa dotation mais aussi par ses propres revenus et les revenus de projets scientifiques (nationaux et internationaux).

Les revenus propres proviennent de services fournis aux autorités et à des entités commerciales et non-commerciales. Les revenus provenant des pro-

jets scientifiques (et surtout les projets européens) sont malheureusement de plus en plus mis sous pression, étant donné qu'en tant que relativement petit institut, nous n'avons pas toujours les moyens d'intégrer les plus grands d'entre eux. Ces projets sont souvent remportés par les plus grands pays comme la Grande-Bretagne, la France, l'Allemagne...

La figure ci-dessous donne une illustration de la répartition de notre personnel durant les 10 dernières années, répartis sur les trois sources de financement. Ceci montre bien l'impact de la diminution du personnel financé par la dotation.



Le nombre global de membres du personnel a diminué d'un peu plus de 10% depuis 2009. Ceci paraît encore raisonnable mais si l'on se concentre sur la baisse du quota de personnel payé par la dotation, il s'agit alors d'une diminution notable de presque 22%. Par contre, l'enveloppe du personnel engagé sur les revenus hors dotation a augmenté de 15%. Mais comme il a été expliqué ci-avant, ces deux flux de revenus sont variables et suivent une tendance négative.

L'IRM dispose proportionnellement de moins en moins de moyens en provenance de sa dotation et a toujours pu s'en sortir à l'aide de ses deux autres moyens de subsistance non-récurrents. Avec l'entrée en vigueur obligatoire de la politique d'open data, l'IRM disposera d'encore moins de revenus générés par la vente de produits. En plus de ceci, comme va être de plus en plus difficile d'intégrer des projets financés, nous allons dépendre de plus en plus de la dotation dans un futur proche (dotation qui ne sera

2° La vie à l'IRM

pas suffisante pour notre bon fonctionnement).

Pour conclure, l'IRM, en plus de la baisse de sa dotation, doit aussi faire face à la problématique d'un remplacement de personnel lent. Ceci est la conséquence de lourds processus de planning de personnel et l'obligation d'utilisation du canal d'embauche via le Selor, lors de l'engagement de personnel non-scientifique.



Veerle De Bock

3. LES COLLABORATEURS MIS EN VALEUR

3.1. PRIX

Pieter de Meutter de l'IRM/SCK-CEN/Université de Gand remporte un prix international

Dans un contexte de sécurité nucléaire, l'IRM a participé au workshop NERIS qui était organisé pour la 4^{ème} fois cette année. Le workshop a eu lieu à Dublin (Irlande) et était organisé par l'Environmental Protection Agency (EPA) irlandaise.

Ce workshop a pour but de rassembler les divers experts scientifiques qui travaillent de près au plan de sécurité nucléaire et radiologique européen afin qu'ils puissent partager leur expertise sur les récents développements de cette branche de recherches.

Cette année, et ce pour la première fois, une récompense pour un jeune scientifique « Young Scientist Award » était décernée. Ce prix a été remporté par Dr Pieter De Meutter pour sa présentation intitulée « Source localisation of the Ru-106 detected in autumn 2017 ». Les résultats de cette recherche ont déjà fait l'objet d'un article sur notre site web en décembre 2017 : Le SCK-CEN et l'IRM publient une étude sur la présence de ruthénium-106 radioactif.



Pieter De Meutter reçoit le prix des mains du Dr Wolfgang Raskob (KIT, à droite) et du Dr Thierry Schneider (CEPN, à gauche).

Ces résultats mettent en évidence la bonne collaboration entre l'IRM et le CEN (Centre d'Etudes Nucléaires) et confirment que la recherche autour de la détermination de la source est considérée comme étant un domaine « state-of-the-art » par la communauté scientifique.



Récompense prestigieuse pour un collaborateur de l'IRM !

L'International Committee on Space Research, COSPAR a remis un prix prestigieux à notre collègue Dr. Tobias Verhulst du Centre de Physique du Globe de l'IRM à Dourbes, pour sa publication intitulée "High-resolution ionospheric observations and modeling over Belgium during the solar eclipse of 20 March 2015 including first results of ionospheric tilt and plasma drift measurements".

Elle a été publiée dans *Advances in Space Research*, Vol.57, No.11, pp.2407-2419. Ce média est le journal scientifique officiel du COSPAR, qui couvre tous les aspects de la recherche spatiale dont les études de la surface de la Terre à partir de l'espace, la météorologie, le climat, les planètes et les petits corps célestes du système solaire, les hautes atmosphères, ionosphères et magnétosphères de la Terre et d'autres planètes, le plasma spatial, la météorologie spatiale, observations de phénomènes spatiaux, etc.

Cette récompense lui a été remise lors de l'Assemblée Générale du COSPAR qui s'est tenue à Pasadena, en Californie, du 14 au 22 juillet 2018, et a été publiée dans le bulletin d'information du COSPAR : *Space Research Today*.



3.2. DOCTORATS

La collaboratrice de l'IRM, **Julie Berckmans**, a obtenu son titre de doctorat en Sciences le 22 mars 2018 à l'Université d'Anvers. Elle a défendu avec succès sa thèse intitulée : "Modelling land-atmosphere interactions ; Impacts of near future land use and climate change over Western Europe".

Son travail de recherche était financé par BELSPO dans le cadre du projet MASC et avait pour but d'étudier en quelle mesure le modèle météorologique opérationnel de l'IRM (ALARO-0) peut restituer une meilleure image du climat régional, par une représentation plus détaillée du schéma de surface. Pour ce faire, le modèle « SURFEX » a été couplé à ALARO-0. Les conclusions et résultats obtenus par le Dr. Berck-

mans démontrent que le modèle ALARO-0, couplé à SURFEX, apporte effectivement une plus-value pour la modélisation climatique régionale de l'Europe de l'Ouest.

En incluant une représentation détaillée du schéma de surface dans les modèles, le Dr. Berckmans a démontré qu'il était possible d'analyser le comportement des températures et des précipitations dans les décennies à venir, et ceci à l'échelle locale. Elle en conclut que l'impact du changement climatique se fera sentir de manière beaucoup plus forte dans les environnements urbains que dans les zones campagnardes.

Le 12 Octobre 2018, **Veerle De Bock**, collaboratrice de l'IRM, a obtenu son doctorat à l'Université Libre de Bruxelles après avoir soutenu sa thèse intitulée : 'Analysis and Interpretation of Aerosol Optical Depth values retrieved from a Brewer spectrophotometer at Uccle, Belgium'.

La recherche de Veerle comportait deux parties. Dans une première partie, une nouvelle méthode a été développée permettant de déduire l'épaisseur optique des aérosols, en utilisant les mesures d'un spectrophotomètre Brewer. En même temps, une nouvelle méthode a été élaborée pour supprimer les observations influencées par les nuages. Cela a abouti à une série chronologique de l'épaisseur optique des aérosols à Uccle de 2006 à 2015

Dans la deuxième partie de la thèse, les séries à long terme du rayonnement UV, du rayonnement solaire total, de la colonne d'ozone totale et de l'épaisseur optique des aérosols ont été étudiés. Il a été établi entre autres, qu'à Uccle, il y avait une augmentation du rayonnement UV, du rayonnement solaire total et de la colonne d'ozone totale, tandis que l'épaisseur optique des aérosols avait diminué au cours de la même période. Il a aussi été vérifié si les changements du rayonnement UV pouvaient être expliqués et prédits sur la base des trois autres paramètres.

Le 8 novembre 2018, **Pieter De Meutter** a défendu sa thèse avec succès à l'Université de Gand. Son doctorat se faisait en étroite collaboration avec l'IRM

2° La vie à l'IRM

et le CEN (Centre d'Etude de l'énergie Nucléaire). Sa thèse était intitulée : "Uncertainty quantification in long-range Lagrangian atmospheric transport and dispersion modelling".

Le doctorat traite de la simulation du transport et de la dispersion de particules radioactives dans l'atmosphère sur de grandes distances. Ces modèles sont, entre autres, utilisés afin de vérifier la bonne application du traité sur l'interdiction complète des essais nucléaires. Les résultats dégagés dans cette thèse seront également utiles pour le plan d'urgence en cas d'incident nucléaire, ainsi que pour d'autres domaines de recherches faisant appel au transport atmosphérique et aux modèles de dispersion.

Pendant ce doctorat, Pieter a travaillé sur la détermination de l'incertitude dans les modèles de transport atmosphérique et de dispersion, en utilisant une méthode dite d'ensemble. Cet ensemble se compose de différents scénarios réalistes qui représentent la répartition possible des particules dans l'atmosphère. L'écart entre les différents scénarios sert donc de mesure pour déterminer le degré d'incertitude.

La première partie de la thèse traite du transport et de la dispersion de xénon radioactif émis par des sources civiles, et leur impact sur la vérification du respect du traité d'interdiction complète des essais nucléaires. La deuxième partie de la thèse traite de modélisation indirecte, où l'information quant à la source est calculée sur base de concentrations mesurées dans l'air. Cette méthode permet d'acquérir des informations sur la source éventuelle de l'émission et sur les particules.

La méthode a pu être appliquée lors des mesures récentes de ruthenium radioactif dans l'hémisphère nord en automne 2017.

Lors de la préparation de son doctorat, Pieter a également obtenu deux prix : lors du workshop **NERIS** et pendant la conférence ITM (International Technical Meeting on Air pollution and its applications).

Sur base de ses travaux de recherche à l'IRM, **Edouard Goudenhoofdt** a obtenu le 26 janvier 2018 son doctorat de l'Université de Leuven. La thèse qu'il

a défendue s'intitule "Estimation des précipitations à partir des mesures d'un radar météorologique : analyse statistique des orages et des extrêmes de pluie au sol".

La connaissance sur les précipitations est traditionnellement basée sur les mesures pluviométriques, mais leur représentativité spatiale peut être faible, particulièrement en été. Dans cette thèse, le potentiel d'une longue série de mesures radars 3D est démontré. Ce fut un challenge à cause des nombreuses sources d'erreurs associées aux mesures radars et des techniques informatiques nécessaires au traitement d'un grand nombre de données, d'une résolution de l'ordre du kilomètre.

Une analyse approfondie des caractéristiques des orages en Belgique a permis de déterminer que leur distribution suivait une loi de type "puissance". Par exemple, la durée de vie d'un orage est inférieure à 20 minutes une fois sur deux alors qu'elle ne dépasse 40 minutes qu'une fois sur dix. Si on s'intéresse à la hauteur d'un orage, il y a dix fois plus de chance de le voir atteindre 5 km que 8 km. Un autre résultat est que des orages sont observés, en un lieu précis, en moyenne 6 heures par an, et sans variations spatiales significatives en Belgique.

L'estimation de la pluie au sol est obtenue par un traitement sophistiqué des mesures radars et une combinaison avec les pluviomètres. Les algorithmes ont pu être vérifiés grâce à la comparaison avec des mesures pluviométriques indépendantes. Finalement, une nouvelle approche régionale pour étudier les pluies extrêmes a permis de reproduire les résultats de longues séries pluviométriques, tout en réduisant l'incertitude.

Parmi les nombreuses applications de cette thèse, on peut citer la vérification des modèles météorologiques, la surveillance du climat et la prévention des risques de crue.

Nous souhaitons à Julie, Veerle, Pieter et Edouard beaucoup de succès dans leur carrière scientifique.



3.3. RÉALISATIONS DU PERSONNEL

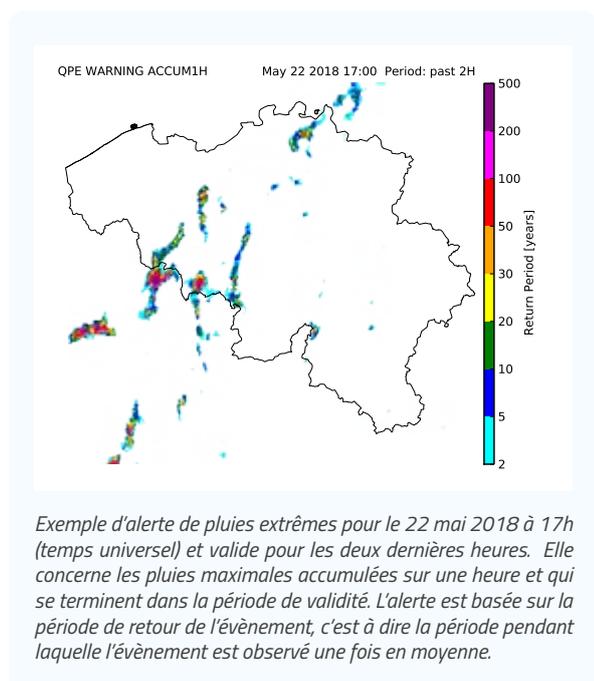
Avertissements pour les précipitations extrêmes sur base des observations radar

Un nouveau système (RADWARN) a été développé pour fournir des alertes de précipitations extrêmes à l'échelle du kilomètre carré. Il prend comme entrée la meilleure estimation de pluie, dérivée des radars météorologiques et des pluviomètres. Dans le but de résumer l'information, les événements les plus intenses qui se sont terminés dans les dernières 2 heures ou 24 heures sont considérés. On s'intéresse à des événements de durées variables, allant de 10 minutes, pour des crues éclairs, à 72 heures, pour des crues fluviales. Le système fournit aussi des alertes pour des événements se terminant dans les prochaines 2 heures. Pour cela, des images radars extrapolées, fournies par le système de nowcasting INCA-BE, sont également utilisées.

Alors que les alertes sont habituellement basées sur plusieurs seuils, le nouveau système tient compte de la fréquence de l'évènement. Celle-ci est définie par

la période "de retour", au cours de laquelle l'évènement se produit une fois, en moyenne. Les périodes de retour sont fournies par un modèle spatial de valeurs extrêmes, basé sur des séries pluviométriques de 40 ans. En chaque point de la Belgique, on fait l'hypothèse que les valeurs extrêmes dépendent des précipitations moyennes annuelles. Comme ces dernières ont tendance à augmenter avec l'altitude, un même évènement sera plus exceptionnel à la cote que dans les Ardennes. À côté du cumul de précipitations et de la période de retour correspondante, le moment où l'évènement se termine est également fourni.

Les alertes fournies par le système RADWARN sont utiles aux prévisionnistes de l'IRM tant pour le suivi en temps réel que pour la prévision à très court terme des pluies extrêmes. Ces alertes sont également transmises aux services régionaux pour aider à la gestion des crues.



2° La vie à l'IRM

Un gravimètre pour mesurer les précipitations

Le radar météorologique de Wideumont (Figure 1) et le gravimètre à supraconductivité de Membach (Figure 2) sont à l'origine d'une étude surprenante réalisée en collaboration avec l'Observatoire Royal de Belgique. Le gravimètre est installé à 48m de profondeur et mesure en continu depuis plus de 23 ans les variations de la gravité à l'aide d'une sphère métallique en lévitation dans un champ magnétique.



Figure 1 : Le radar météorologique de Wideumont



Figure 2: Le gravimètre à supraconductivité de Membach et un éclaté du capteur avec la sphère en lévitation.
Photo de gauche : E. Coveliers.

Les précipitations influencent la gravité car elles modifient la distribution de masse autour du gravimètre. La recherche qui a été menée vise à évaluer l'impact des précipitations très intenses, de pluie ou de grêle, produites en quelques minutes par de violents orages. A cette fin, les mesures du gravimètre ont été comparées à celles du radar.

La figure 3 montre l'évolution de la pesanteur mesurée par le gravimètre et l'intensité des précipitations estimées par le radar au cours de la journée 24 juillet 2017. Un orage violent passe au-dessus du gravimètre entre 13 h et 14 h. Le pic de précipitations s'accompagne d'une diminution rapide de la gravité. Les précipitations qui s'accumulent à la surface augmentent la masse au-dessus du gravimètre ce qui a pour effet de réduire la gravité.

Plus de 500 épisodes de précipitations intenses ont été analysés. Les résultats montrent que le gravimètre est précieux pour estimer les quantités de précipitations cumulées sur une grande surface. En effet, tel un gigantesque pluviomètre, il capte les précipitations dans un rayon de 400 m. Cet instrument est donc une nouvelle source d'observations in-situ intéressante pour valider les observations de précipitations provenant d'instruments de télédétection tels que les radars et les satellites météorologiques.

Référence : Delobbe, L., Watlet, A., Wilfert, S., Van Camp, M., Exploring the use of underground gravity monitoring to evaluate radar estimates of heavy rainfall, *Hydrology and Earth System Sciences* vol. 23 pp. 93-105 (2019). 10.5194/hess-23-93-2019.

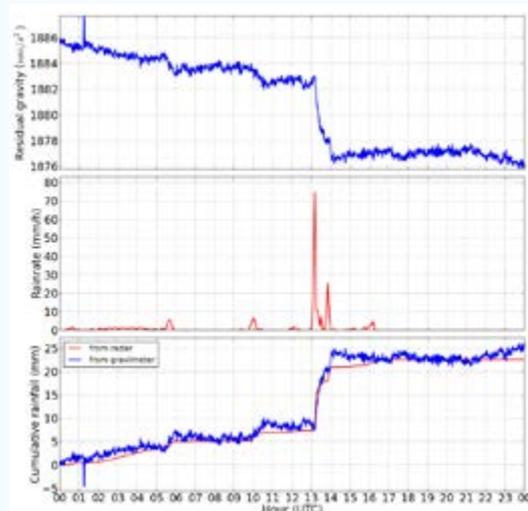


Figure 3 : Évolution de la gravité mesurée à Membach (en haut), de l'intensité des précipitations estimées par le radar (au milieu) et de la quantité de précipitations cumulée (en bas) au cours de la journée du 24 juillet 2017. Les précipitations cumulées estimées à partir du gravimètre et du radar apparaissent respectivement en bleu et en rouge.



Les stations automatiques de l'IRM : de l'innovation dans la continuité.

Le réseau des stations automatiques de l'IRM fournit aux usagers des données essentielles. Que ce soit à destination des modèles de prévision ou des études climatologiques, leur disponibilité et leur qualité sont primordiales. Ces dernières années, une rénovation du réseau a été entamée pour répondre au mieux aux besoins des usagers et aux recommandations internationales de l'OMM.

Cette année, les stations de Sint-Katelijne-Waver, Buzenol et notre station climatologique d'Uccle ont été rénovées. Ces rénovations sont une opportunité de basculer la gestion des stations rénovées vers notre nouvelle base de données AIS.

Cette base de données permet de gérer aussi bien les informations scientifiques des stations par une automatisation accrue que les informations techniques permettant des interventions rapides en cas de problèmes. Elle permet également de sauvegarder les informations utiles à l'interprétation des mesures météorologiques appelées méta-données.

Ces méta-données sont un point essentiel des recommandations de l'OMM pour la pérennité des mesures. Couplée à une interface web, la base de données fournit, de manière conviviale, les informations pertinentes aux différents usagers des mesures météorologiques de nos stations automatiques et centralise la gestion du matériel pour les différents acteurs du réseau de mesures.

Cet aspect opérationnel est également épaulé par des projets plus ponctuels afin d'évaluer les évolutions futures du réseau. Dans ce cadre, un nouveau type d'abri thermométrique a été comparé à notre abri standard. Une étude a également été réalisée pour la création d'un prototype de centrale d'acquisition sur base de l'électronique grand public à bas coût. Les résultats de ces projets ont été présentés lors de conférences internationales.



Site de test des différents abris de l'IRM.

2° La vie à l'IRM

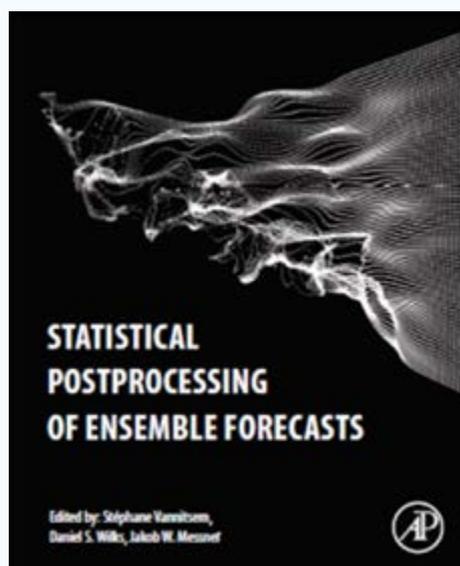
Publication d'un livre sur le post-traitement des prévisions probabilistes

La prévision du temps perd en qualité plus l'échéance est lointaine. Cette caractéristique est associée à la présence d'erreurs sur la situation atmosphérique utilisée initialement par le modèle de prévision, ainsi que par les incertitudes présentes dans la description des équations d'évolution de l'atmosphère. Ces deux types d'erreurs croissent au cours du temps en raison de l'instabilité naturelle des solutions générées par les équations d'évolution de l'atmosphère.

Pour tenir compte de cette dégradation progressive de la qualité des prévisions du temps et pour mesurer le degré d'incertitude induit par cette instabilité naturelle, une approche généralement adoptée est d'effectuer plusieurs prévisions en parallèle partant de conditions initiales légèrement différentes et d'introduire des modifications aléatoires des équations d'évolution pour tenir compte des incertitudes liées à la modélisation. Cette approche est qualifiée de prévision d'ensemble et permet de fournir des prévisions probabilistes de l'évolution des variables usuelles telles que la température ou les précipitations en un lieu donné.

Mais l'expérience nous apprend que l'amplitude de l'incertitude fournie par la prévision d'ensemble est généralement trop faible. On parle alors d'ensemble sous-dispersif. Pour pallier à ce problème, les météorologues ont développé depuis une vingtaine d'années des techniques statistiques de correction des prévisions d'ensemble (ou probabiliste). Ces techniques de post-traitement statistique sont absolument nécessaires et le nombre d'approches proposées actuellement explose littéralement, avec un intérêt croissant de différentes communautés scientifiques liés à la prévision météorologique, à la prévision climatique et à l'utilisation en aval de celles-ci.

Ces constatations nous ont conduit à éditer un livre sur ces techniques, fruit d'une collaboration entre Professeur Dan S. Wilks de l'université Cornell aux Etats-Unis, Dr J.W. Messner de l'université technique du Danemark et Dr Stéphane Vannitsem de l'Institut Royal Météorologique. Ce livre, paru en 2018 chez Elsevier, porte le titre « Statistical Postprocessing of Ensemble Forecast » et compile onze chapitres écrits par des chercheurs reconnus mondialement dans ce domaine.



Page de couverture du livre « Statistical Postprocessing of Ensemble Forecasts », edited by S. Vannitsem, D. S. Wilks et J. W. Messner, Elsevier, 346 pp. ISBN: 978-0-12-812372-0, 2018.



Reconstitutions de longues séries climatiques homogènes

Analyser les évolutions climatiques à partir de mesures météorologiques exige de disposer de séries climatiques suffisamment longues et dont les valeurs soient comparables dans le temps. L'utilisation des données instrumentales pose néanmoins un certain nombre de problèmes spécifiques. Premièrement, les séries d'observations peuvent contenir des valeurs erronées. Ensuite, les conditions de mesures dans lesquelles les données météorologiques sont collectées ont pu changer au fil du temps, engendrant des modifications artificielles dans les séries de mesures.

Un ensemble de longues séries d'observations thermométriques et pluviométriques, validées et homogénéisées, ont été établies sur l'ensemble du territoire belge. Pour ce faire, les techniques modernes de contrôle de qualité des données d'observations,

ainsi que les méthodes les plus récentes d'homogénéisation, ont été utilisées. Vu que le nombre de stations du réseau climatologique belge présentant une période d'observation suffisamment longue et continue est limité, les longues séries d'observations ont été constituées en fusionnant les relevés climatiques de stations voisines selon des critères stricts.

Au final, 61 longues séries de température (minimum et maximum journaliers) validées et homogénéisées sur base mensuelle et journalières ont été établies pour la période 1954-2015. Parmi celles-ci, 16 séries historiques débutent avant 1931 et 8 de ces séries couvrent même la période 1880-2015. La Figure 1 présente la répartition géographique des séries thermométriques disponibles. Pour les précipitations (cumul journalier), 149 séries ont été établies pour la période 1951-2015, ainsi que 23 séries centenaires. Ces nouvelles séries de référence vont permettre d'établir des diagnostics sur l'évolution du climat en Belgique, tant au niveau national que régional.

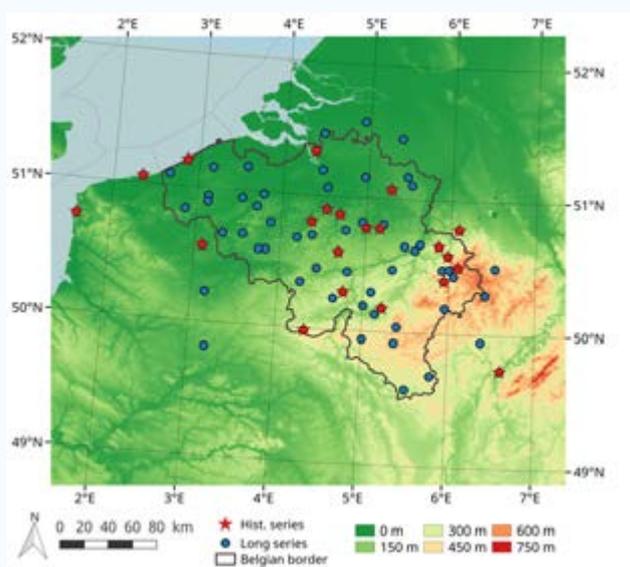


Figure 1: Localisation des longues séries de températures disponibles sur le territoire belge. Les séries étrangères prises en compte dans le processus d'homogénéisation des séries belges sont également représentées.

2° La vie à l'IRM

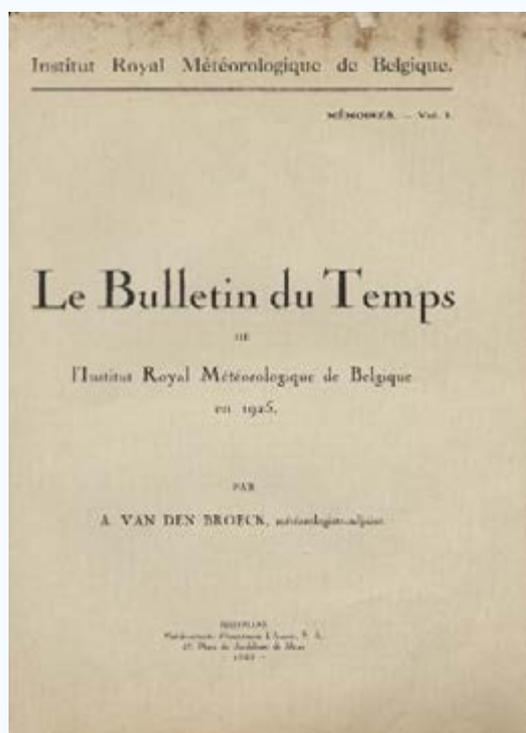
La numérisation du patrimoine scientifique de l'IRM

Ces dernières années, l'IRM a entamé la numérisation de son patrimoine scientifique disponible jusqu'alors uniquement sous formes manuscrite ou imprimée. Cela a été rendu possible grâce au soutien du programme de numérisation du patrimoine scientifique et culturel des établissements scientifiques fédéraux mis en place depuis 2014 par BELSPO. Le volet DIGIT-03 de ce programme s'est clôturé fin 2018 et une nouvelle phase lui a succédé (DIGIT-04).

Jusqu'ici, une vingtaine de collections disponibles dans les archives de l'IRM ont été numérisées. Elles comprennent notamment les publications scientifiques des chercheurs de l'IRM qui ont été éditées au fil du temps par l'Institut et dont les plus anciennes remontent aux années 1920. Des données manuscrites ont également été numérisées, comme les

relevés d'observations de la station d'Uccle depuis la fin du 19e siècle ou ceux des stations du réseau climatologique belge entre 1881 et 1900. Citons encore, par exemple, des cartes météorologiques synoptiques et des bulletins de prévisions couvrant la période 1952 à 2004.

Ce travail de numérisation permet en premier lieu la sauvegarde à long-terme de documents scientifiques souvent originaux et précieux. Il donne également au personnel de l'IRM un accès simple et direct au contenu des documents sans devoir se déplacer dans les salles d'archives. Après numérisation, le transfert des collections papier vers les Archives du Royaume assurera aussi de meilleures conditions de stockage pour ces collections et un gain de place bienvenu pour l'IRM. Signalons enfin que la valorisation vers le public de certaines collections informatisées va être envisagée.



Première publication parue en 1925 dans la collection Mémoires éditée par l'IRM. C'est la plus ancienne publication IRM numérisée récemment.



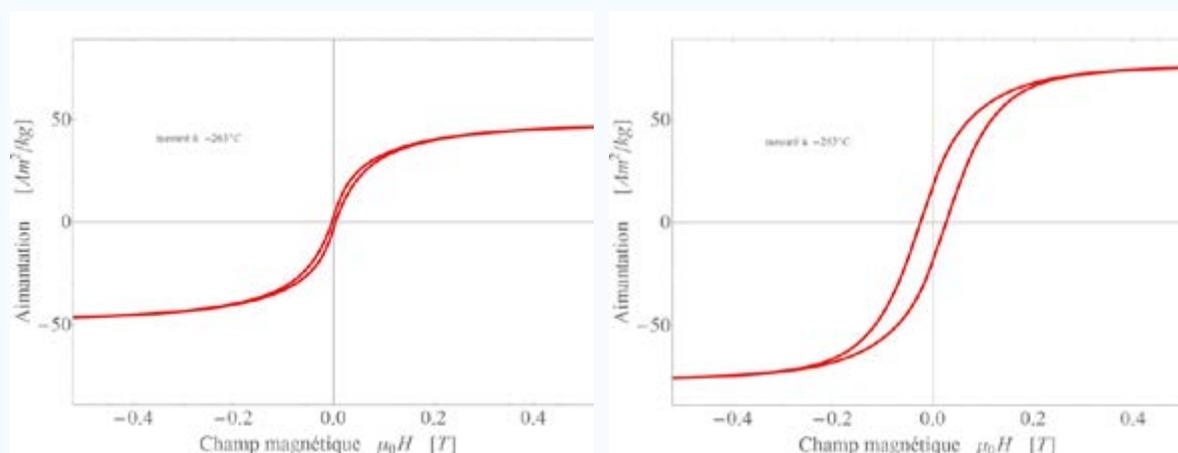
Nanoparticules magnétiques

Les nanoparticules magnétiques sont de minuscules particules artificielles constituées d'un noyau cristallin, souvent en d'oxydes de fer. La taille de ces nanoparticules se situe dans la plage du nanomètre, c.-à-d. quelques milliardièmes de mètre, ou en d'autres termes, elles sont environ 600 à 6000 fois plus petites qu'un cheveu d'un adulte humain. Les noyaux cristallins étant magnétiques, ils ont tendance à se «coller» ensemble lorsqu'ils sont exposés à un champ magnétique. Pour éviter cela, les noyaux cristallins sont enrobés des agents chimiques tensioactifs, dit surfactant.

L'un des objectifs du projet européen de mise en réseau COST RADIOMAG (voir l'article RADIOMAG à la page 51) était d'étudier les propriétés magnétiques des nanoparticules en fonction du surfactant utilisé. Une candidate au doctorat de l'Université de Bialystok (Pologne) s'est rendue au Laboratoire de magnétisme environnemental de l'IRM afin de mesurer les propriétés magnétiques des nanoparticules d'oxyde de fer qu'elle avait préparées à l'avance.

Dans l'une des expériences, une concentration différente du même surfactant a été ajoutée lors de la fabrication des nanoparticules. Les images prises au microscope électronique montrent que les particules de l'échantillon B, où deux fois plus de surfactant ont été ajoutées par rapport à l'échantillon A, sont beaucoup plus petites. Les propriétés magnétiques devraient également être différentes en raison de la taille différente des grains. Cela a été confirmé par la mesure des courbes d'hystérésis magnétique à -263°C .

En conclusion, une augmentation de la concentration en surfactant n'augmente pas l'épaisseur du surfactant autour de chaque particule, mais entraîne plutôt la formation de particules plus petites. Donc, la concentration en surfactant peut être utilisée en tant que paramètre contrôlant la taille des nanoparticules magnétiques, afin de répondre aux exigences spécifiques à leur application finale.







1. APERÇU 2018 DU BUREAU DU TEMPS

1.1. LE CONTRÔLE DE QUALITÉ DE NOS AVERTISSEMENTS

Une des tâches du bureau du temps de l'IRM est l'émission d'avertissements en cas de phénomènes météorologiques à risque tels que orages, vent, précipitations, conditions glissantes et brouillard. Sur base de l'interprétation des différents modèles météorologiques et après discussions entre collègues, il sera décidé d'émettre un avertissement ou non. S'il est décidé d'émettre un avertissement, le niveau d'alerte (jaune, orange ou rouge), le timing et la localisation (provinces) seront déterminés à l'aide d'un tableau de critères. Nous utilisons différentes méthodes afin de suivre et d'éventuellement adapter nos avertissements.

Tout d'abord, une première indication est donnée par les prévisionnistes de service. Lorsque l'avertissement est arrivé à expiration, un bref rapport est rédigé, contenant toutes sortes d'observations (radar, satellite, le système de détection de la foudre BELLS ...) ainsi que les résultats des modèles de prévisions qui ont motivé le lancement de l'avertissement. On évalue alors si l'avertissement était correct (sur base des premières observations) et si, éventuellement, il y a eu une mauvaise estimation (par exemple de l'intensité, du timing ou de l'endroit).

Ensuite, les avertissements sont analysés plus en profondeur à des moments précis, sur base des radars, des stations synoptiques et automatiques et des observations de la foudre. Un relevé des dégâts signalés dans la presse fait aussi partie de cette analyse.

Il en résulte des scores statistiques par phénomène et par niveau d'alerte (jaune, orange ou rouge). Le but de cet exercice est de nous aider à évaluer nos avertissements et ainsi de réduire le nombre de fausses alarmes ou d'erreurs dans celles-ci.

1.2. DES AVERTISSEMENTS TRANSPARENTS

Si les critères sont rencontrés, l'IRM lance plusieurs fois par jours des avertissements en cas de phénomènes dangereux de vent, précipitations, orages, conditions glissantes, etc., par province belge et qui sont valables pendant une certaine période et en accord avec des principes généraux. Le code vert ne donne pas lieu au lancement d'un avertissement. Le code jaune sera appliqué maximum 48 heures au préalable (et parfois encore moins, en fonction de l'incertitude). Il faut un minimum de 65% de certitude que les critères soient rencontrés. Le code orange pourra être lancé maximum 24 heures à l'avance (et parfois encore moins, en fonction de l'incertitude), si, de nouveau, il existe au moins 65% de certitude que les critères soient rencontrés. Soyez prêts et suivez les conseils des autorités compétentes. Le code rouge sera quant à lui donné au plus tôt 12 heures à l'avance (voire encore moins en fonction de l'incertitude) s'il existe au moins 65% de chance que les critères soient rencontrés. Prenez des mesures afin d'assurer votre sécurité ainsi que celle des autres, et, si possible, protéger vos biens personnels. Suivez scrupuleusement les conseils des autorités compétentes.

L'estimation de probabilité d'atteindre les valeurs seuil des critères doit donc être d'au moins 65% au-dessus d'une région couvrant au minimum un quart d'une province et atteignant le même niveau d'alerte. Si l'estimation de probabilité ne couvre pas une telle région, code d'alerte inférieur est alors donné (rouge->orange, orange->jaune, jaune->vert). En pratique, l'IRM donnera généralement un niveau d'alerte plus faible 48/24h avant le phénomène que 24/12h avant l'occurrence de celui-ci. En effet, certains phénomènes sont très locaux et de ce fait presque impossible à estimer avec précision. C'est pour cette raison que ceux-ci ne sont pas déterminants pour le choix du code de couleur de l'avertissement.

En ce qui concerne les avertissements pour chaleur et froid, nous insistons sur le fait qu'ils ne correspondent pas nécessairement aux notions de vagues de chaleur et de froid, qui portent sur de plus lon-

gues périodes, alors qu'il est aussi possible d'avertir en cas d'épisodes intenses mais courts de froid ou de chaleur. De plus, les critères d'une vague de chaleur portent uniquement sur les températures maximales, alors que lors d'un avertissement chaleur, il est également tenu compte des températures minimales car il semble que des températures minimales élevées ont une influence à la hausse sur les chiffres de mortalité (surtout pour les personnes âgées).

L'IRM émet aussi des avertissements en cas de risque d'intoxication au CO (sans codes de couleur) lorsque les conditions atmosphériques empêchent ou diminuent la dispersion normale des gazes de combustion des installations de chauffage (importantes inversions de températures par temps calme). Ceci dépend entre autres du système de chauffage même et de l'espace dans lequel il se situe.

Bien qu'il y ait souvent un lien entre météo difficile et dégâts ou inondations, nous insistons sur le fait que l'IRM prévoit le temps et non le type ni l'ampleur des dégâts qui peuvent parfois être également les conséquences de facteurs locaux que nous ignorons et qui sortent de notre domaine de d'expertise ou de nos compétences fédérales (par exemple, les systèmes locaux d'égouttage, l'état des bâtiments et leur comportement face à de fortes rafales de vent ou à des impacts de foudre, si les routes ont été sablées/dégagées ou non...). L'impact de ces phénomènes peut aussi être différemment vécu par certaines personnes, groupes de personnes, certains secteurs ou entreprises (des festivals, événements extérieurs, etc.).

1.3. LA VOITURE SOLAIRE (AUSTRALIE ET CHILI)

Le 25 octobre 2018, une automobile solaire belge produite par un groupe d'étudiants de l'Université catholique de Louvain (KUL) franchissait la première ligne d'arrivée de la Carrera Solar Atacama 2018, ceci après cinq jours de course et avec une avance confortable sur ses concurrents. Cette course internationale pour véhicules solaires a la réputation d'être la plus extrême au monde. Le parcours de plus de 2500 kilomètres, au cœur même du désert d'Atacama au Chili, constitue un défi majeur à plusieurs égards. En plus du soleil très intense, du climat désertique et des vents forts, le véhicule a dû affronter des variations d'altitude extrêmes : grimper plus de 3400 mètres en une journée n'est pas une sinécure pour une voiture qui avait été conçue pour les routes plates australiennes du Bridgestone World Solar Challenge 2017, une course où la même voiture s'était classée troisième sur douze dans sa catégorie. Forts de leur victoire de 2018, les étudiants de la Punch Powertrain Solar Team doivent, en 15 mois, concevoir et construire une nouvelle automobile solaire qui participera au prochain championnat du monde, le Bridgestone World Solar Challenge 2019. Afin d'optimiser la stratégie, il est crucial d'anticiper de manière aussi précise que possible le rayonnement solaire, la température et la densité de l'air ainsi que la vitesse et la direction du vent le long du parcours. Depuis plusieurs années, le service des prévisions du temps de l'IRM contribue au succès de l'équipe de la KUL en lui fournissant l'assistance météorologique requise sous forme de prévisions automatisées et d'expertise humaine.



2. BILAN CLIMATOLOGIQUE DE 2018

2.1. BILAN CLIMATOLOGIQUE DE 2018

2018 est une année climatologique remarquable, particulièrement chaude, sèche et ensoleillée (cf. figure 1). Plusieurs records annuels ont été battus à Uccle.

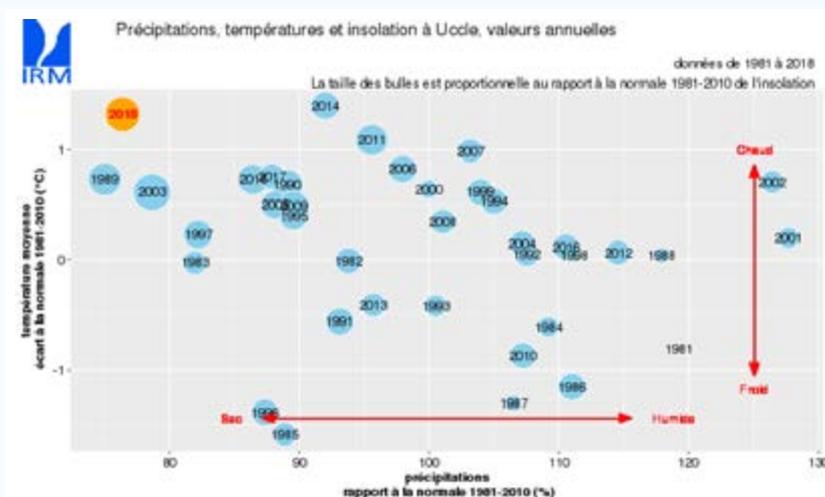


Figure 1 : Position de l'année 2018 pour la température moyenne, la quantité de précipitations et la durée d'insolation observées à Uccle (depuis 1981).

Des températures remarquables

A Uccle, la température moyenne en 2018 fut de 11,9°C (normale : 10,5°C), soit une valeur exceptionnellement élevée qui égale le record de 2014

(cf. figure 2). Notons qu'à l'échelle planétaire, l'Organisation météorologique mondiale place 2018 en quatrième position parmi les années les plus chaudes depuis les années 1860.

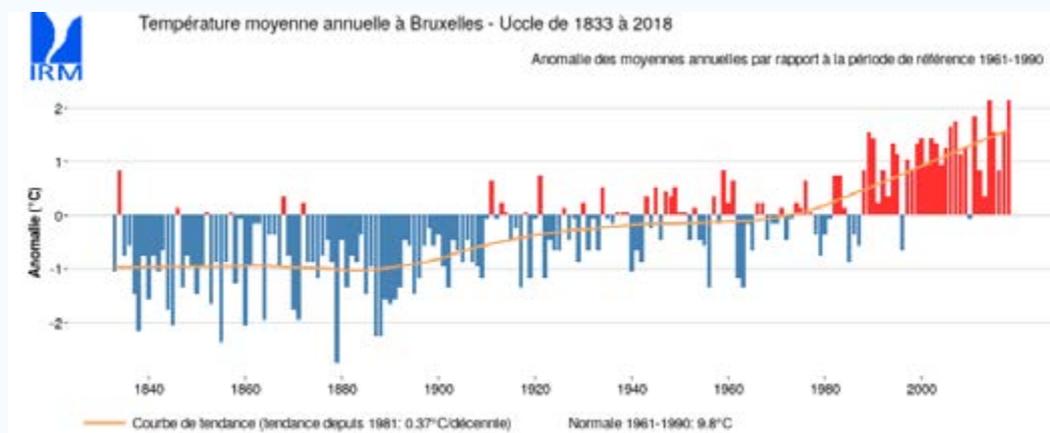


Figure 2: Evolution de la température moyenne annuelle à Bruxelles-Uccle de 1833 à 2018. Les températures sont données par leur écart à la température annuelle moyennée sur la période 1961-1990 (9,8°C).

Bien qu'aucun record de température mensuelle n'ait été atteint au cours de l'année, la température moyenne s'est située presque chaque mois au-dessus de la valeur normale. Seul février furent plus

froids que la normale (cf. figure 3). **Nous avons, par contre, battu un record saisonnier : l'été fut le plus chaud à Bruxelles-Uccle depuis le début des mesures en 1833.**

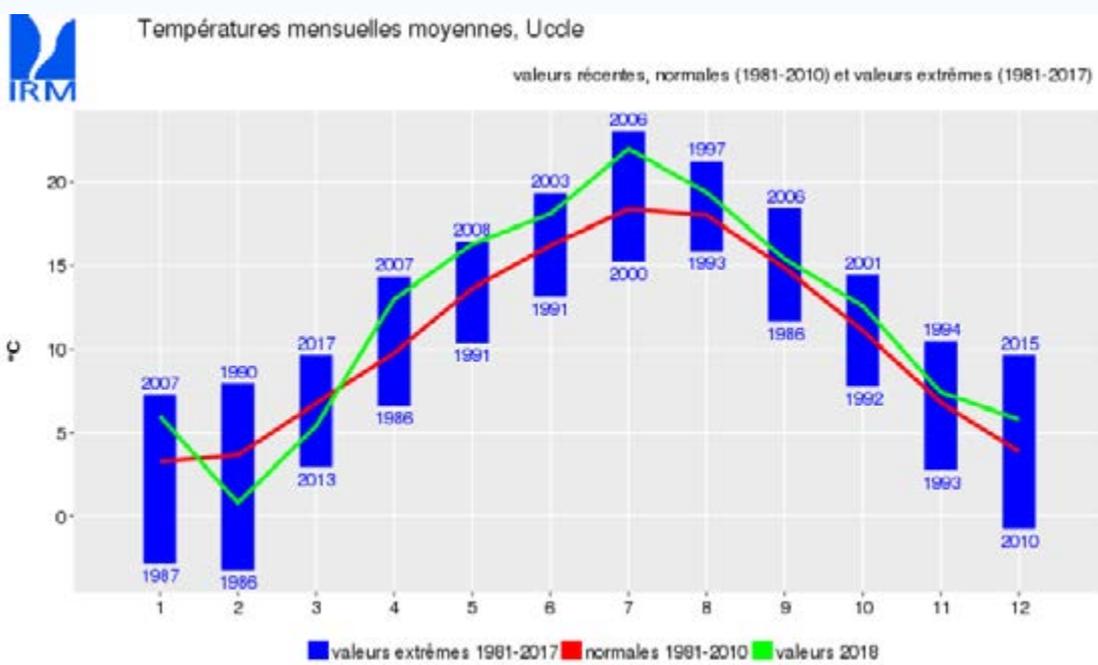


Figure 3 : Températures moyennes mensuelles en 2018 par rapport aux valeurs normales (moyennes sur la période 1981-2010) et aux extrêmes mensuels respectifs depuis 1981.

La température maximale atteint un nouveau record annuel absolu. Avec une valeur exceptionnellement élevée de 16,0°C (norm.: 14,2°C), le record précédent de 2011 (15,8°C) est battu.

Deux autres valeurs exceptionnellement élevées sont à noter : nous avons enregistré en 2018 **132 jours de printemps** [température maximale $\geq 20^\circ\text{C}$], alors que la normale est de 88,5 jours. **C'est un nouveau record depuis 1901**, après les 131 jours observés en 1959. Il y eut aussi **61 jours d'été** [température maximale $\geq 25^\circ\text{C}$], alors que la normale est de 27,9 jours. La valeur 2018 vient en deuxième position, après le record de 1947 (66 jours).

Dans le pays, la température la plus basse au cours de l'année fut mesurée à Neidingen (Saint-Vith). Le 28 février, le mercure est descendu jusqu'à $-18,2^\circ\text{C}$. La température maximale la plus élevée fut mesurée le 27 juillet à Hechtel-Eksel, lorsque le mercure est grimpé jusqu'à $38,8^\circ\text{C}$. Cette valeur égale le record national de chaleur observé précédemment à Liège en juillet 2015.



Une année sèche

Sur l'année, il n'est tombé à Uccle qu'un total de précipitations de 650,2 mm, soit environ 25% de moins que la normale (852,4 mm). C'est la deuxième année la plus sèche depuis 1981, après 1989 (639,5 mm). Si l'on considère les cumuls annuels à Bruxelles-Uccle depuis 1833, 2018 se situe cependant bien loin derrière le déficit record de 1921 (406,4 mm).

Il est tombé moins de précipitations que la normale durant la plupart des mois et nous avons atteint à Uccle des nouveaux records de sécheresse en mai et en juin. De plus, février fut également fort sec. Les autres mois ont connu un total de précipitations que l'on qualifie de normal. Seuls janvier, mars, avril et décembre comptent des totaux un peu supérieurs aux valeurs normales (cf. figure 4).

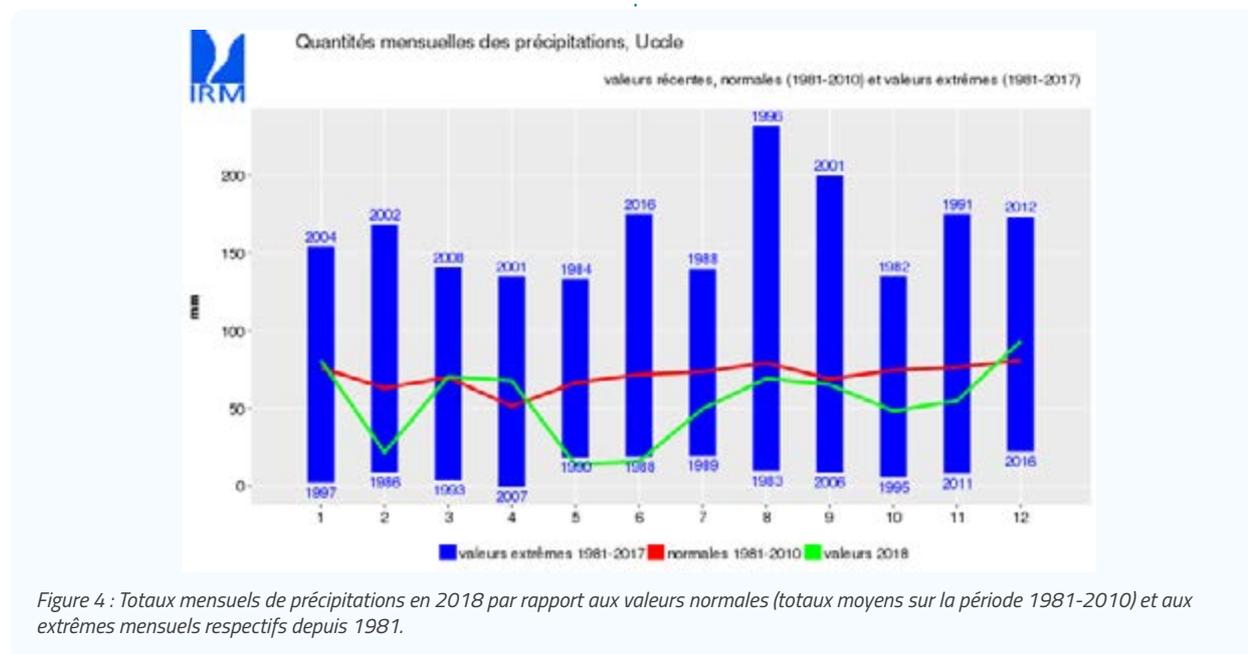


Figure 4 : Totaux mensuels de précipitations en 2018 par rapport aux valeurs normales (totaux moyens sur la période 1981-2010) et aux extrêmes mensuels respectifs depuis 1981.

Le cumul annuel est tombé en un **nombre de jours de précipitations exceptionnellement faible à Uccle. L'année n'a compté que 142 jours avec précipitations** (normale : 198,7 jours). **C'est un nouveau record** depuis 1833, largement inférieur à la valeur record précédente (153 jours en 1921).

Un bel ensoleillement

2018 a commencé de manière fort sombre, avec un record de faible durée d'insolation en janvier, mais ensuite la tendance s'est inversée et les records mensuels de durée d'insolation furent même battus en février et en octobre. Mai, juillet, septembre et no-

vembre furent également bien ensoleillés. La durée totale d'insolation annuelle monte à 1898h 37min (normale : 1544h 35min), ce qui place **2018 en deuxième position parmi les années les plus ensoleillées à Uccle depuis 1981.**

2018 ne compte que 49 jours avec ciel couvert (normale : 69,9 jours), **ce qui est une valeur exceptionnellement faible. C'est un nouveau record depuis 1931** (le précédent record datait de 2014, avec 50 jours). Seuls janvier et mars totalisent un nombre de jours avec ciel couvert tout juste supérieur à leur normale respective, alors qu'en juillet, août et septembre, le compteur est resté à zéro.

Quelques autres faits remarquables en 2018

- Deux vagues de chaleur ont touché le pays, en juillet et début août, séparées par un seul jour calendrier : respectivement du 13 au 27 juillet et du 29 juillet au 7 août.
- Entre début juin et début août, tout le pays a connu une sécheresse extrême (voir ci-après).
- La quantité journalière de précipitations la plus élevée dans le pays est tombée le 5 septembre. Il a été enregistré à cette date un total de 83,4 mm à Louveigné (Sprimont).
- Le 18 mars, la température maximale mesurée à Uccle n'était que de $-0,1^{\circ}\text{C}$, soit le jour d'hiver [température maximale $<0^{\circ}\text{C}$] le plus tardif depuis le début des mesures en 1901 (record précédent : le 12 mars en 2013, avec $-1,3^{\circ}\text{C}$).
- La température maximale moyenne du mois de mai atteignit $21,7^{\circ}\text{C}$ à Bruxelles-Uccle, soit un nouveau record depuis 1833. Le record précédent était de $21,3^{\circ}\text{C}$ (en 1989 et 2008).
- Dans le pays, les températures maximales des 26 et 27 juillet furent partout supérieures à 30°C . On mesura entre $30,5^{\circ}\text{C}$ au Mont-Rigi (Waimes) et $38,8^{\circ}\text{C}$ à Hechtel-Eksel.
- Une tornade a été enregistrée le 29 avril à Waulsort (Hastière).

2.2. UNE SÉCHERESSE REMARQUABLE EN 2018

Entre avril et novembre 2018, les précipitations ont généralement été faibles dans le pays. Des zones de haute pression se sont fréquemment situées au-dessus de l'océan atlantique, jusqu'en Grande-Bretagne et en Scandinavie, tandis que le sud et l'est de l'Europe connaissaient peu de variations de pression. Cette configuration a régulièrement dirigé sur nos contrées un flux d'air continental sec en provenance du nord et de l'est et le pays s'est régulièrement trouvé dans des situations de blocage persistantes, empêchant les zones de précipitations en provenance de l'Atlantique de nous atteindre.

Entre deux épisodes de blocage, des fronts ont néanmoins pu atteindre notre pays, mais souvent de manière affaiblie. Des masses d'air instables se sont parfois déplacées du centre et du sud de l'Europe vers nos régions plus au nord, ce qui a provoqué des averses orageuses parfois intenses mais généralement très locales, notamment en mai et au tout début du mois de juin.

En moyenne sur le pays, les mois de février et de mai à novembre présentent tous des quantités de précipitations inférieures aux valeurs normales (cf. figure 5). Juillet est le mois le plus sec, comptabilisant seulement un peu moins de 20% de la valeur normale. Les mois de février et juin ont connu des déficits de plus de 50% et ceux d'octobre et novembre entre 45% et 50%.

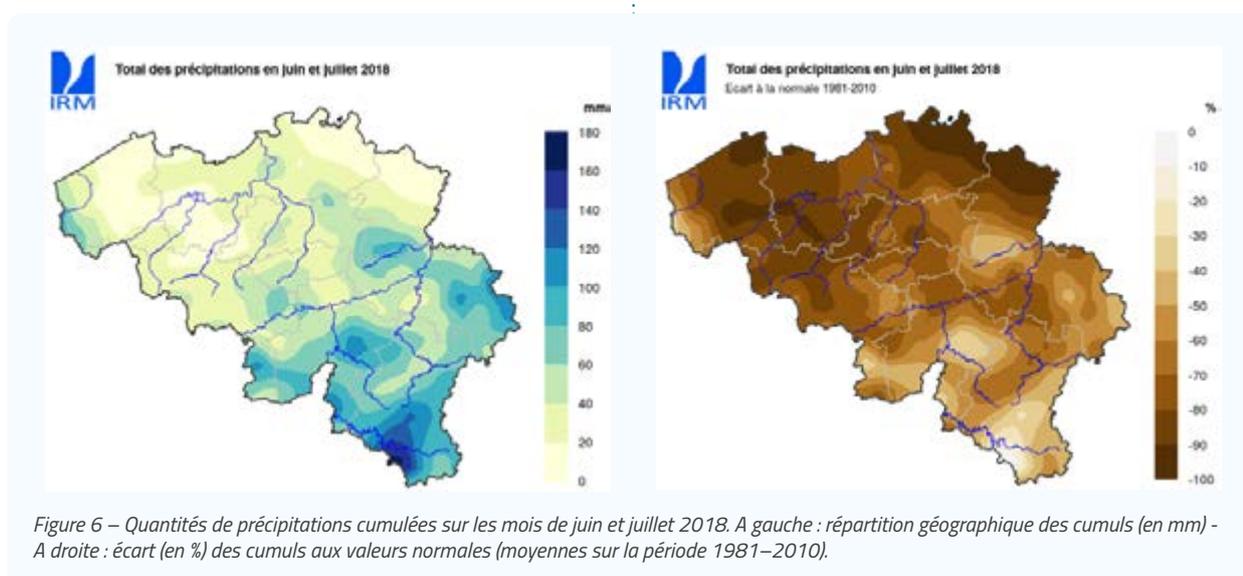


Figure 5 – Evolution de la moyenne sur l'ensemble du pays des quantités de précipitations mensuelles entre novembre 2017 et décembre 2018. Les valeurs sont exprimées sous forme d'écart (en %) par rapport aux valeurs mensuelles normales (moyennes sur la période 1981-2010).



C'est surtout entre le début du mois de juin et le début du mois d'août qu'une sécheresse remarquable a touché l'ensemble du pays. Les cumuls sur ces deux mois n'atteignirent, généralement, qu'entre 10% et 30% des valeurs normales dans le nord du pays et

qu'entre 30% et 50% dans le sud du pays (cf. figure 6). Dans une grande partie de cette dernière région, le mois d'août fut également largement déficitaire en précipitations.



Cette sécheresse a eu des conséquences dans différents secteurs. Les autorités publiques ont assuré un suivi permanent de la situation durant l'été et des mesures ont été prises pour atténuer l'effet de la sécheresse, notamment dans le domaine de l'approvisionnement et de l'utilisation en eau.

A cause des risques d'incendie, l'accès à certaines zones naturelles a été restreint ou interdit. Certaines cultures agricoles ont subi une baisse de rendement importante. Dans ce domaine, à la suite d'analyses statistiques de l'IRM, la sécheresse de l'été a été rapidement reconnue par les autorités régionales comme calamité agricole pour toutes les communes flamandes et wallonnes.

Les déficits de précipitations ont également impacté les débits et les hauteurs des rivières. Ainsi, en Wallonie, les cours d'eau ont été en étiage sévère à partir de la mi-juin. Cet étiage avait débuté doucement en avril et s'est généralement terminé début décembre, avec une remontée plus lente dans le bassin de l'Escaut que dans celui de la Meuse.



1. L'IRM RÉALISE DES ÉTUDES QUANT AUX IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC) a produit un rapport important en octobre 2018 qui décrit les impacts d'une augmentation de 1.5°C par rapport à une augmentation de 2°C. Le Rapport « 1.5°C » de 400 pages et qui a fait l'objet de plus de 40.000 commentaires écrits, est le produit final de la collaboration de 91 auteurs et éditeurs-réviseurs, et de 133 collaborateurs issus de 40 pays.

C'est le premier rapport qui a été établi sous la direction scientifique des trois groupes de travail du GIEC: Groupe de travail I ; chargé des éléments scientifiques des changements climatiques, Groupe de travail II ; des incidences, de l'adaptation et de la vulnérabilité et Groupe de travail III ; de l'atténuation des changements climatiques.

Parmi les questions que le rapport a traitées : Peut-on faire la différence entre les impacts à 1.5°C et ceux à 2°C ? Quelles conséquences pour l'adaptation ? Quelles sont les réductions d'émissions qui permettraient de rester « sous 1.5°C » et comment les réaliser ? Quels liens avec le développement durable ?

Le rapport stipule que les activités humaines ont provoqué un réchauffement de la planète d'environ 1.0°C supérieur aux niveaux préindustriels (1850-1900). Ce réchauffement se poursuit actuellement à un rythme d'environ 0.2°C par décennie.

Les simulations futures réalisées à l'aide de modèles climatiques montrent qu'il y a des différences significatives dans les caractéristiques climatiques régionales, entre autre pour les chaleurs extrêmes et les précipitations intenses, entre les conditions actuelles et un réchauffement de 1.5°C, et entre 1.5°C et 2°C.

Les chercheurs de l'IRM sont impliqués dans différents projets nationaux et internationaux dans lesquels les impacts du changement climatique sur plusieurs phénomènes météorologiques extrêmes sont étudiés.

2. CONSÉQUENCES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR L'AGRICULTURE ET LA SYLVICULTURE EN ASIE CENTRALE : LE PROJET AFTER



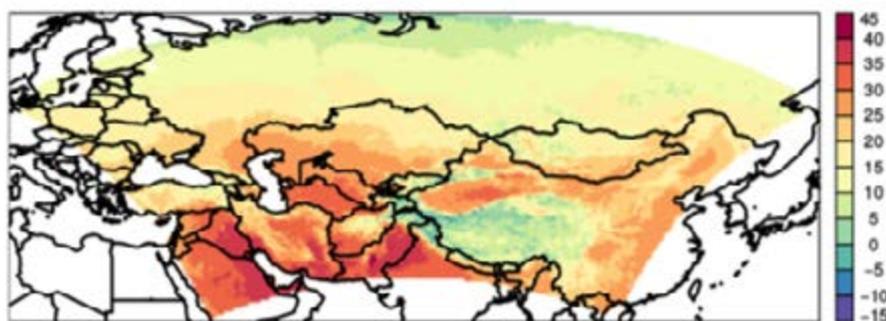
En 2018, différents instituts de Belgique, d'Allemagne, de Lettonie, de Russie et de Turquie se sont réunis afin de démarrer le projet AFTER (Impacts of climate change and climate extremes on Agriculture and Forestry in the Europe-Russia-Turkey Region). Ce projet de recherche interdisciplinaire étudie les impacts du changement climatique sur l'agriculture et la sylviculture sur une région qui s'étend sur l'Europe, la Russie et la Turquie, comme représenté dans la figure suivante. Il est possible d'estimer l'influence du changement climatique sur certaines cultures agricoles et forestières en Eurasie dans le futur, à l'aide de projections climatiques. Ce genre d'informations est particulièrement rare pour la région étudiée, c'est pourquoi les scientifiques de l'IRM et de l'UGent utilisent le modèle climatique ALARO développé par l'IRM afin de calculer différents scénarios à haute résolution spatiale, sur le domaine d'Asie centrale de CORDEX (voir figure suivante). Après validation du modèle climatique ALARO à l'aide d'observations en provenance des différentes régions étudiées, des chercheurs du VITO (Vlaams Instituut voor Technologisch Onderzoek) vont utiliser ces informations climatiques afin de cartographier ces impacts au niveau de l'agriculture et de la sylviculture. Par exemple, la qualité et la quantité de certaines récoltes pourraient être influencées par des périodes de sécheresse ou des averses orageuses plus fréquentes, des changements dans la période de croissance, etc. Il est important de mettre en parallèle la situation actuelle avec les possibles scénarios futurs afin de pouvoir

4°

Le changement de climat

prendre les mesures nécessaires dans les domaines agricoles et sylvicoles. Le travail s'effectue donc aussi en étroite collaboration avec des acteurs de ces régions.

Pour de plus amples informations :
<https://www.projectafter.net>



Température estivale moyenne sur la région étudiée avec le climat actuel, comme calculé par le modèle climatique ALARO.



Les chercheurs présents pour l'événement de lancement du projet AFTER à Gand, en juin 2018.



3. L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES VAGUES DE CHALEUR ET L'EFFET D'ÎLOT DE CHALEUR URBAINE DANS LES VILLES EUROPÉENNES : LE PROJET URCLIM

Pour étudier l'évolution des épisodes de vagues de chaleurs et d'îlot de chaleur urbain dans différentes villes européennes avec le changement climatique, le modèle de surface SURFEX est utilisé à l'IRM pour descendre à une échelle de 1 km de résolution à partir de données de modèles régionaux dans le cadre du projet URCLIM. Une vague de chaleur est définie par le service public de la santé comme une période de 3 jours consécutifs au minimum où la température minimale moyenne est supérieure à 18°C et la température maximale moyenne est supérieure à 30°C.

Le graphe ci-dessous montre le changement relatif du nombre d'événements de vagues de chaleur projetées avec le scénario le plus pessimiste pour le futur plus ou moins proche (2040-2064 et 2075-2099)

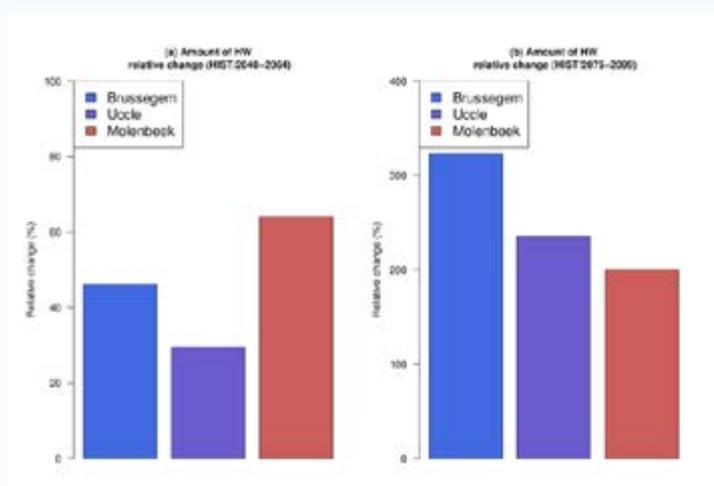
par rapport au passé (1981-2005) dans trois zones de Bruxelles : une rurale (Brussegem en bleu), une suburbaine (Uccle en violet) et une purement urbaine (Molenbeek en rouge). On observe que le nombre d'épisodes augmente avec l'augmentation de la température projetée si nous ne réduisons pas les gaz à effet de serre. Il augmente jusqu'à 60% dans le centre ville en 2060 et jusqu'à 200% en 2100. Remarquons que le nombre de vagues de chaleur en centre-ville à la fin du siècle reste supérieur à celui de la campagne malgré la forte augmentation de celle-ci.

En résumé, avec ce scénario, pour le centre de Bruxelles et à l'horizon 2100 :

- le nombre de vagues de chaleur aura triplé
- l'intensité des vagues aura doublé
- la durée des vagues augmentera de 50%

En zone rurale, les effets seront moins intenses de moitié en moyenne concernant les intensités et durées des vagues.

Pour de plus amples informations:
<http://urclim.prod.lamp.cnrs.fr/a-propos-de>



Changement relatif du nombre d'événements de vagues de chaleur projetées avec le scénario le plus pessimiste pour le futur plus ou moins proche (2040-2064 et 2075-2099) par rapport au passé (1981-2005) dans trois zones de Bruxelles : une rurale (Brussegem en bleu), une suburbaine (Uccle en violet) et une purement urbaine (Molenbeek en rouge).

4. L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES PRÉCIPITATIONS EXTRÊMES EN BELGIQUE : LE PROJET CORDEX.BE

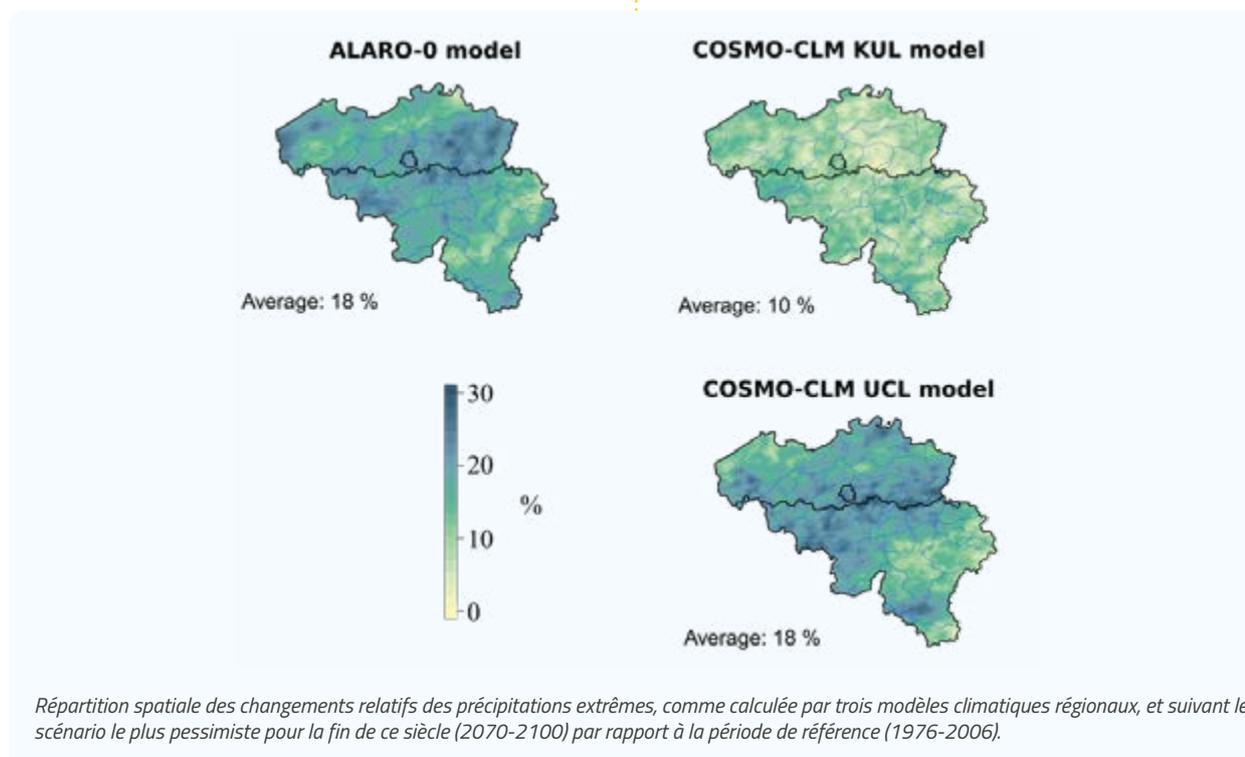
Afin d'étudier les changements climatiques au niveau de la Belgique, les modèles climatiques régionaux de l'IRM (ALARO-0), de la KULeuven et de l'UCL (COSMO-CLM pour les deux) ont été utilisés avec une résolution élevée de 4 km, dans le cadre du projet CORDEX.be.

En partant du scénario climatique le plus pessimiste, les modèles montrent pour la Belgique une augmentation moyenne de la température de 2.6 °C à 3.5 °C pour 2100. Les résultats des modèles montrent aussi pour notre pays que vers la fin de ce siècle, les hivers seront plus humides et les étés seront plus chauds et secs.

Une atmosphère plus chaude peut contenir plus d'humidité, ce qui aura un impact sur les schémas de précipitations. Pour le scénario le plus pessimiste, les prévisions des modèles montrent des modifications dans les précipitations extrêmes pour la fin de ce siècle comme :

- L'intensité des précipitations qui se produisent une fois tous les 10 ans pourrait doubler
- La quantité moyenne de précipitations en hiver pourrait augmenter de 20 %
- Les quantités des précipitations extrêmes (minimum 22 mm par jour) augmenterait de plus de 10% (voir figure).

Pour plus d'informations : <http://cordex.meteo.be>.





5. L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LA SÉCHÈRESSE : LE PROJET INDECIS

La sécheresse est définie comme une période de longue durée avec un déficit naturel de précipitations et est considérée à travers le monde comme une catastrophe naturelle ayant un impact sur les écosystèmes et sur les activités humaines. Au moins 11% de la population européenne et 17% du territoire sont affectés par la sécheresse. Le total des pertes engendrées par la sécheresse en Europe durant ces trente dernières années a été estimée à environ 100 milliards d'Euros. L'agriculture en particulier, est un secteur sensible à la sécheresse.

La quantité de précipitations sur une longue période (càd 3 mois, 6 mois voire plus) est le facteur le plus important afin de déterminer l'importance d'un épisode de sécheresse. La durée d'ensoleillement, beaucoup de vent et des températures élevées sont aussi déterminants, car ils peuvent provoquer une augmentation de l'évaporation, aggravant le manque d'eau.

Il n'existe pas qu'une définition de la notion de sécheresse. L'on peut rapidement distinguer trois types de sécheresses : la sécheresse météorologique, la sécheresse hydrologique et la sécheresse agricole. La sécheresse météorologique est la plus facile à déterminer, car elle ne fait appel qu'au totaux de précipitations. La sécheresse hydrologique fait, quant à elle, appel aux ressources en eau, pour lesquels il faut prendre en compte non seulement les quantités de précipitations, mais aussi l'évaporation. On parle de sécheresse agricole, lorsque les cultures subissent des dégâts. Afin de pouvoir déterminer les cas de sécheresse agricole, l'évapotranspiration de certaines espèces entre aussi en jeu. En fait, l'évapotranspiration sert d'indicateur de la croissance et de la récolte.

L'importance de la sécheresse est mesurée par un indice de sécheresse. Dans le cadre du projet INDECIS, des chercheurs de l'IRM ont collaboré au développement de nouveaux indices de sécheresse.

Pour plus d'informations :
<http://www.indecis.eu>

6. L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LE CLIMAT URBAIN EN FLANDRE : LE PROJET VLINDER

La température de la saison estivale dernière peut être considérée comme un record, et dans les villes, les températures nocturnes furent particulièrement élevées. Cet îlot de chaleur urbaine prend ses origines dans plusieurs phénomènes physiques (comme par exemple, la bétonisation des villes, la géométrie de l'environnement urbain, l'activité humaine...). L'IRM s'est créé une certaine expertise dans la prise en compte de ces phénomènes urbains pour la modélisation météorologique et climatique. Les chercheurs de l'IRM peuvent donc étudier l'effet d'îlot de chaleur urbaine dans les villes belges, en utilisant le modèle numérique ALARO en haute résolution, couplé au schéma SURFEX, qui décrit en détail les interactions entre la surface l'atmosphère.



Une station automatique comme celles qui seront installées en divers lieux en Flandre et à Bruxelles.

Il est important de disposer d'observations fiables, afin de pouvoir valider ces études de modèles. Il est rare de disposer de mesures en milieu urbain et de manière plus générale, hors campagne. Afin de pallier à ce manque, le projet VLINDER (VLaanderen IN DE weeR (ou Flandre active, mais "vlinder" veut aussi dire "papillon"), financé par le Vlaamse Departement EWI (Economie-Wetenschappen-Innovatie), a été lancé en 2018. Le projet, dont l'IRM est partenaire et dirigé par l'Université de Gand (UGent), fait appel aux écoles secondaires en Flandre et à Bruxelles afin de réaliser des observations dans des environnements les plus diversifiés possibles. Concrètement, une cinquantaine de stations automatiques seront installées en ville, dans les bois, les dunes, en zone industrielle, etc. Les données météorologiques pourront être consultées via la plateforme WOW-BE (Weather Observations Website – Belgique) de l'IRM. En tant que partenaire, l'IRM disposera des données afin de valider les estimations des modèles à haute résolution. Les données obtenues serviront également à pouvoir estimer à quel point les observations qui ne répondent pas aux normes de l'OMM, peuvent être utilisées pour la modélisation atmosphérique numérique.

Plus d'informations :
www.vlinder.ugent.be.

7. L'IRM PREND PART À DEUX PROJETS BELGES POUR LE DÉVELOPPEMENT DE MODÈLES DE PLANIFICATION D'UN FUTUR ÉNERGÉTIQUE EFFICACE ET RENOUVELABLE POUR LE PAYS

Sur recommandation de la Ministre de l'Énergie, de l'Environnement et du Développement durable Marie-Christine Marghem, et du Conseil des Ministres, le Fonds pour la Transition Énergétique va financer un certain nombre de projets scientifiques qui auront pour but le développement de modèles permettant de tracer la voie de la politique énergétique de la Belgique pour les décennies à venir.

L'IRM participera aux projets BREGILAB et EPOC 2030-2050. Ces projets réuniront l'expertise de 14 institutions scientifiques belges autour des énergies renouvelables, et seront coordonnés par Energyville.

Ces projets mettront en relation tous les aspects de la production d'énergie, en allant de la manière la plus efficace de diminuer l'émission de gaz à effet de serre, à une garantie de livraison énergétique constante tout en permettant un contrôle de leur facture par les utilisateurs. Des scénarios de développements technologiques futurs seront imaginés à l'aide de ces modèles, tels que les évolutions dans le stockage de l'énergie dans des batteries.

L'IRM fera part de son expertise en climatologie qui permettra une prise de décision optimale dans le domaine de l'énergie durable. La contribution de l'IRM à ces projets est le reflet de sa politique environnementale et de son système de management.

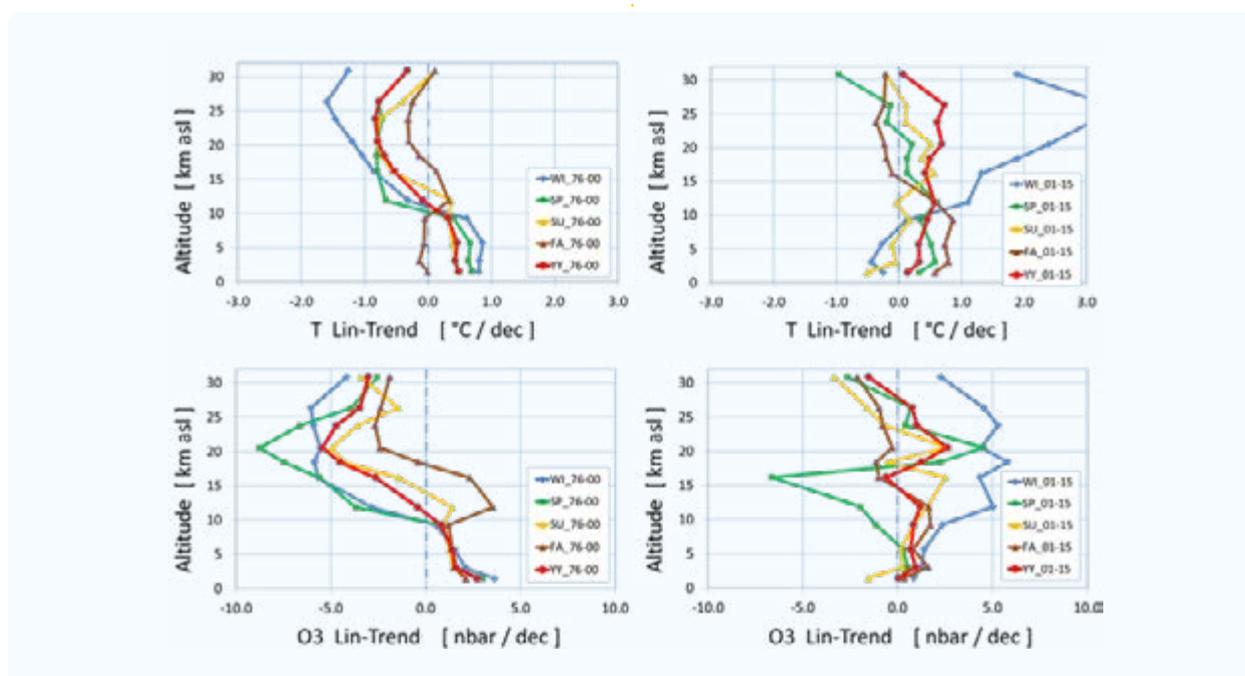
La basse atmosphère est-elle en train de se réchauffer après des décennies de refroidissement ?

Les radiosondages par ballons météorologiques et les observations satellitaires montrent que depuis le milieu du siècle dernier, les basses couches de l'atmosphère (la troposphère) se réchauffent, tandis



que les basses couches de l'atmosphère (la stratosphère, supérieure à environ 10 km) se refroidissent. Ces changements sont imputables à l'augmentation des concentrations en gaz à effet de serre et à l'amincissement de la couche d'ozone. Les modèles climatiques prévoient que ces changements de températures vont se poursuivre lors des prochaines décennies. De plus, une analyse des mesures de températures par radiosondes montre une augmentation des températures entre 15 et 30 km d'altitude, au-dessus de la plupart des continents depuis le début de ce siècle (2000). On peut donc remarquer

dans la figure suivante que cette inversion dans le fil des températures depuis les années 2000, suit particulièrement bien le schéma des diminutions en ozone pour la période 1976-2000 vers une augmentation en ozone, surtout entre 15 et 25 km, depuis 2001¹. Ceci est tout-à-fait logique, puisque la couche d'ozone absorbe le (dangereux) rayonnement UV du soleil, et de par ce fait, réchauffe son environnement (la stratosphère donc). Ce réchauffement de la basse stratosphère n'est pas (encore) détecté par les observations satellitaires.



Tendances annuelle et saisonnière des températures (graphes du dessus) et des concentrations d'ozone (graphes du bas) en fonction de l'altitude pour les périodes 1976-2000 (gauche) et 2001-2015 (droite). Les données sont issues des 3 stations de mesures d'ozone de Payerne (Suisse), Hohenpeissenberg (Allemagne) et Uccle. Les différentes courbes de couleur représentent les tendances en hiver (bleu), le printemps (vert), l'été (jaune) et l'automne (brun), avec en rouge, la tendance annuelle.

Plus d'infos à ce sujet ?

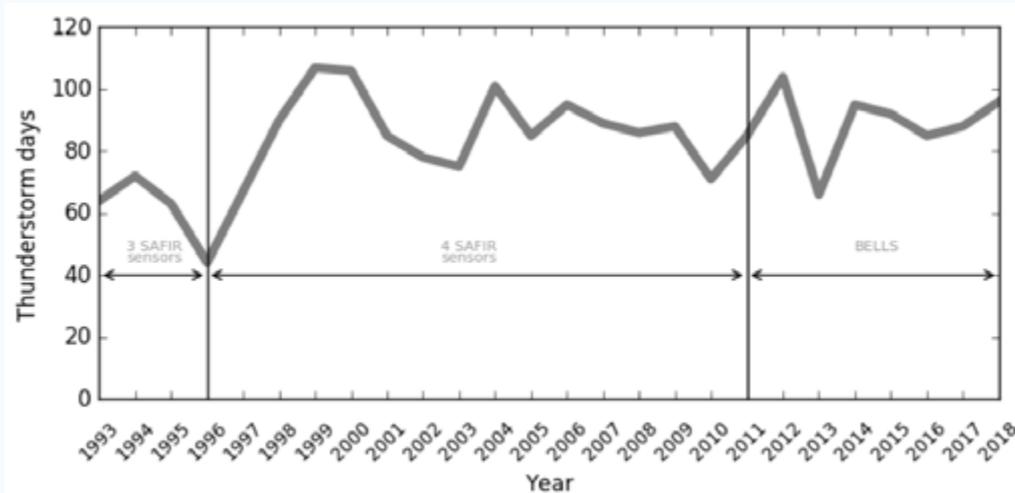
Philipona, R., Mears, C., Fujiwara, M., Jeannot, P., Thorne, P., Bodeker, G., Haimberger, L., Hervo, M., Popp, C., Romanens, G., Steinbrecht, W., Stübi, R., and Van Malderen, R. (2018). Radiosondes show that after decades of cooling, the lower stratosphere is now warming. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 123, 12,509–12,522. <https://doi.org/10.1029/2018JD028901>

1. Cet épaissement de la couche d'ozone est due à l'interdiction de l'utilisation des gaz destructeurs d'ozone dans l'industrie.

8. EVOLUTION DU NOMBRE DE JOURS D'ORAGE À TRAVERS LES ANNÉES

L'IRM dispose depuis 1993 d'un système de localisation des décharges de foudre. Grâce à ceci, nous pouvons enregistrer les décharges vers le sol, mais aussi les plus fréquentes décharges dans les nuages mêmes. A l'origine, ce réseau était constitué de trois capteurs de type SAFIR, complété par un quatrième en 1996. Depuis 2011, le réseau a été étendu grâce à 5 nouveaux senseurs de type LS7002, en plus des données de 9 senseurs identiques installés dans les pays limitrophes. Dans sa configuration actuelle, notre réseau s'appelle le "BElgian Lightning Location System" (BELLS).

A l'aide des archives d'observations, il nous a été possible d'étudier l'évolution du nombre de jours d'orage. Un « jour d'orage » est défini comme étant une journée durant laquelle au moins une décharge de foudre est enregistrée sur le territoire belge. Le nombre de jours d'orage entre 1993 et 2018 est représenté dans la figure suivante. Ce nombre varie d'année en année avec un minimum de 44 jours en 1996 et un maximum de 106 jours en 2000. Le nombre de jours d'orage comptabilisés est au plus bas entre 1993 et 1996 et est le reflet du petit nombre de senseurs opérationnels pendant cette période. Après 1996, aucune tendance nette à la hausse ou à la baisse n'est observable. Aussi, de par la modernisation du réseau en 2011 et donc la courte période d'observations disponible, il n'est pas possible de tirer de conclusions quant à une éventuelle tendance climatologique de ce paramètre.

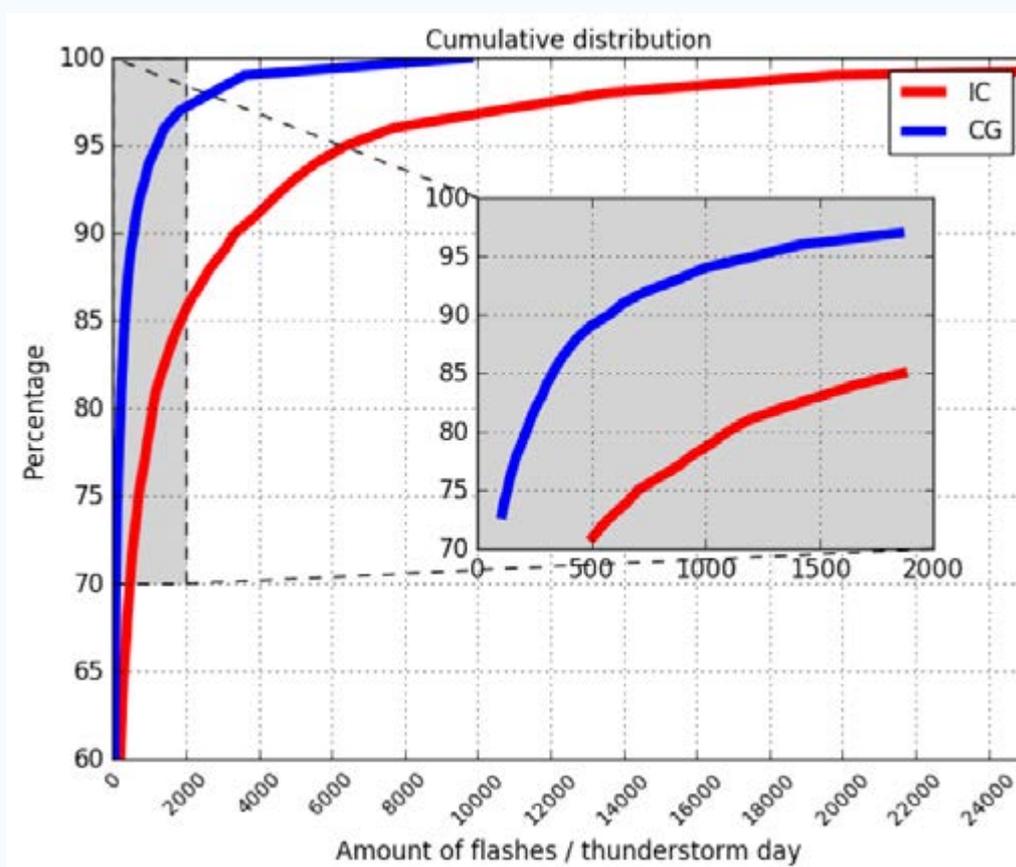


Evolution du nombre de jours d'orage en Belgique, comme observés par le système de détection de la foudre de l'IRM.



Une répartition cumulative du nombre de décharges de foudre permet cependant d'estimer le pourcentage du nombre de jours d'orage pendant lesquels un nombre maximum déterminé d'impacts a été enregistré. On peut alors en déduire sur la deuxième

figure que 90% des jours d'orages observés comptabilisent moins de 500 impacts au sol (courbe bleue) et que le nombre de décharges intra-nuage (courbe rouge) est bien plus élevé que celui des impacts au sol.



Répartition cumulative du nombre de décharges de foudre observées par jour d'orage. Nous faisons la distinction entre décharges au sol (cloud-to-ground ou "CG") et décharges intra-nuage (intracloud ou "IC").

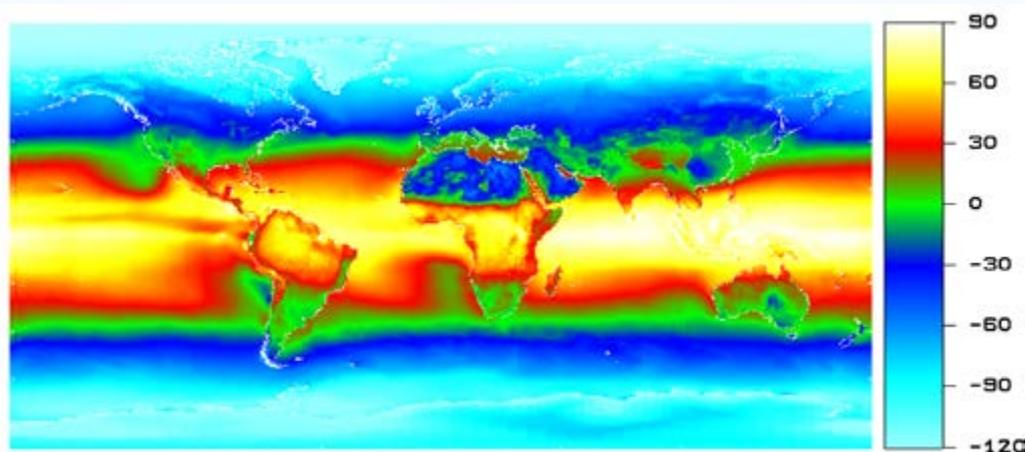
9. L'IRM LIVRE DES SERVICES COPERNICUS POUR LE CHANGEMENT DE CLIMAT (C3S)

Le bilan énergétique de la Terre qui quantifie la quantité d'énergie reçue en provenance du Soleil et la quantité d'énergie que la Terre perd dans l'Espace, est d'une importance fondamentale pour l'étude du changement climatique. L'IRM bénéficie d'une forte expertise de par une longue tradition dans la mesure de ce bilan énergétique. Les activités de l'IRM en la matière ont débuté en 1983, grâce au projet SOLCON/Spacelab mesurant l'énergie solaire reçue

par la Terre, et en 2003 grâce au projet Gerb/MSG mesurant l'énergie émise par la Terre.

L'expertise de l'IRM est à présent reconnue au niveau européen car nous avons été désignés comme responsable de la livraison des données satellitaires liées au bilan énergétique terrestre, dans le cadre des Services Copernicus pour le Changement de Climat (Copernicus Climate Change Services ou C3S). Copernicus est un programme de surveillance de l'atmosphère géré par l'ECMWF et financé par l'Union Européenne.

L'IRM livre ces services C3S en tant que membre d'un consortium européen dirigé par le Deutsche Wetter Dienst (DWD, le service météorologique allemand).



Rayonnement solaire net moyen pluriannuel reçu par la Terre, en W/m^2

4°

LE CHANGEMENT
DE CLIMAT







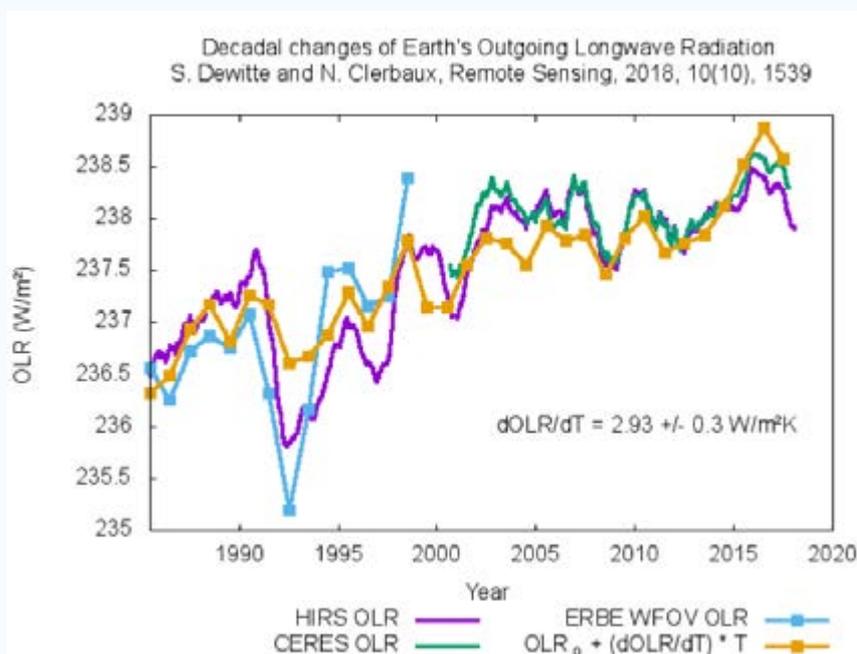
1. VARIATION DU RAYONNEMENT INFRAROUGE ÉMIS PAR LA TERRE, SUR LA PÉRIODE 1985-2018

Il est maintenant reconnu de manière générale que le climat terrestre change à cause de l'augmentation des gaz à effet de serre engendrés par l'espèce humaine, et en particulier le dioxyde de carbone. De fortes incertitudes persistent cependant quant à fournir une prévision précise du niveau d'augmentation des températures en fonction des quantités de gaz à effet de serres. Lorsque la température terrestre s'élève à cause de l'augmentation des concentrations en dioxyde de carbone, cela provoque des modifications de l'atmosphère, comme l'augmentation du taux de vapeur d'eau, par exemple. Etant

donné que la vapeur d'eau est également un gaz à effet de serre, son augmentation va conduire à un réchauffement supplémentaire, et donc à un renforcement du réchauffement initial.

Les prévisions théoriques des futurs changements climatiques sont basées sur la modélisation des modifications dans les composants sortant du bilan énergétique terrestre, en fonction de la température. A des fins de vérification de ces prévisions, nous avons étudié le lien existant entre la température en fonction du rayonnement infrarouge sortant, sur la période 1985 – 2018 (voir la figure ci-après). Nous avons alors trouvé une valeur mesurée $dOLR/dT$ (voir ci-dessous) de $2,93 \pm 0,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Cette valeur mesurée est inférieure à la valeur théorique proposée par la majorité des modèles climatiques.

Ce texte est un bref résumé de l'article « Decadal changes of Earth's Outgoing Longwave Radiation » [Dewitte & Clerbaux, 2018].



Variation du rayonnement global annuel émis par la Terre, sur la période 1985-2018. Les différentes courbes de couleur illustrent les observations du rayonnement sortant mesuré par trois instruments différents (bleu : HIRS, mauve : ERBE, vert : CERES). La courbe orange représente le rayonnement sortant calculé sur base de la température globale.

2. LE PROGRAMME SEAMLESS PREDICTION : DES PRÉVISIONS PROBABILISTES INNOVATRICES

L'IRM fournit des prévisions de qualité pour le grand public, basées sur des modèles numériques sophistiqués qui sont interprétés par des prévisionnistes expérimentés. De plus, le modèle INCA-BE fournit des prévisions à court terme toutes les 10 minutes, que tout le monde peut déjà retrouver dans l'application pour smartphones de l'IRM, par exemple.

L'IRM investit constamment dans l'innovation, c'est pourquoi le programme Seamless Prediction a été lancé en 2018. L'IRM a, de ce fait, emboîté le pas de la tendance internationale à livrer des prévisions homogènes de quelques minutes à plusieurs jours d'échéance.

Trois facteurs sont importants dans la mise en place d'un système de prévisions homogène : il sera basé sur des observations, exigera une modélisation avancée de la physique de l'atmosphère, et donnera des informations quant à la certitude ou l'incertitude des prévisions.

Ces dernières années, l'IRM a enrichi son réseau d'observations de sources de données à plus haute résolution et fréquence, comme les radars de précipitations et les stations au sol, combinés aux données prises par avion et aux satellites.

En plus de ces nouveaux apports, les modèles numériques de prévisions bénéficient d'une meilleure description de l'atmosphère et de son interaction avec la surface du sol, si bien que des phénomènes tels que les orages peuvent être prévus de manière plus précise. L'augmentation de la puissance de calcul nous permet de simuler l'état de l'atmosphère à une plus haute résolution (1.3 km au lieu de 4 km). Mais ceci exige d'obtenir plus d'observations afin d'initialiser le modèle. Grâce à l'assimilation des données, le modèle peut être alimenté par un état de l'atmosphère le plus détaillé possible, allant des observations elles-mêmes, aux lois de la physique.

Le troisième aspect est plus subtil, mais non moins important. À côté des prévisions mêmes, il existe un intérêt croissant au sujet de l'incertitude ou de la marge d'erreur de la prévision. Les prévisions probabilistes apportent une réponse à cette question. Au lieu d'une seule et unique prévision, plusieurs scénarios possibles sont calculés : ce que l'on appelle un ensemble de prévisions. Sur base de cet ensemble, nous pouvons estimer l'occurrence de tel ou tel phénomène de manière plus certaine, ce qui aide fortement le prévisionniste lorsqu'il doit émettre des avertissements.



3. LE PROJET IMA

La première phase du programme de Seamless Prediction consiste au développement d'une prévision d'ensemble pour les prochaines 24h, basée sur les observations, avec une fréquence de mise à jour rapide. Ce projet a été dénommé IMA, en référence au terme japonais pour maintenant/immédiatement.

Le projet IMA utilisera le système STEPS-BE ayant récemment soutenu certaines notions scientifiques quant aux propriétés statistiques des précipitations. Ce système, sur base des images radar, peut générer différents scénarios de précipitations pour les heures à venir. Ces extrapolations sont alors graduellement combinées avec un ensemble de modèles de prévisions qui assimile des données à haute résolution.

Pour le grand public, ceci signifie par exemple que les probabilités d'avoir des précipitations extrêmes pourront être calculées de manière plus précise. Pour des applications plus spécialisées comme la modélisation des inondations, ces prévisions d'ensemble seront également d'une aide inestimable.

4. LES CALCULS DE TRANSPORT ATMOSPHÉRIQUE FACILITENT LA LOCALISATION DES ESSAIS NUCLÉAIRES

En 1996, la Belgique a signé le traité d'interdiction totale des essais nucléaires. Ce traité interdit la réalisation d'essais nucléaires dans l'atmosphère, sous l'eau ou dans le sol. Ce dernier type d'essais relève du défi scientifique en ce qui concerne sa détection. Des scientifiques du Centre d'Etude pour l'Energie Nucléaire, de l'Université de Gand et de l'IRM ont collaboré et développé une nouvelle technique afin de pouvoir mieux traquer les essais clandestins en faisant usage des modèles de transport atmosphérique. Ces modèles utilisent les données météorologique afin de simuler les déplacements des particules fines, comme les gaz et les aérosols, sur de grandes distances dans notre atmosphère. Lorsque des traces de radioactivité sont détectées quelque part dans le monde, ces modèles de transport aident à retracer l'origine des émissions radioactives. La composition de l'air est surveillée en permanence en certains endroits du globe, afin de détecter la présence de fines particules radioactives spécifiquement dégagées lors d'un essai nucléaire. Cette surveillance est assurée par le CTBTO (Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organisation), l'organisation qui a été mise en place afin d'assurer le respect du traité d'interdiction des essais nucléaires.

Quelques semaines après l'essai nucléaire annoncé par la Corée du Nord en avril 2013, des traces de radioactivité ont été détectées par les stations de surveillance les plus proches. Sur base des calculs des modèles, les particules radioactives sont très probablement issues de la zone de tests nucléaires nord-coréens. (Figure 1).

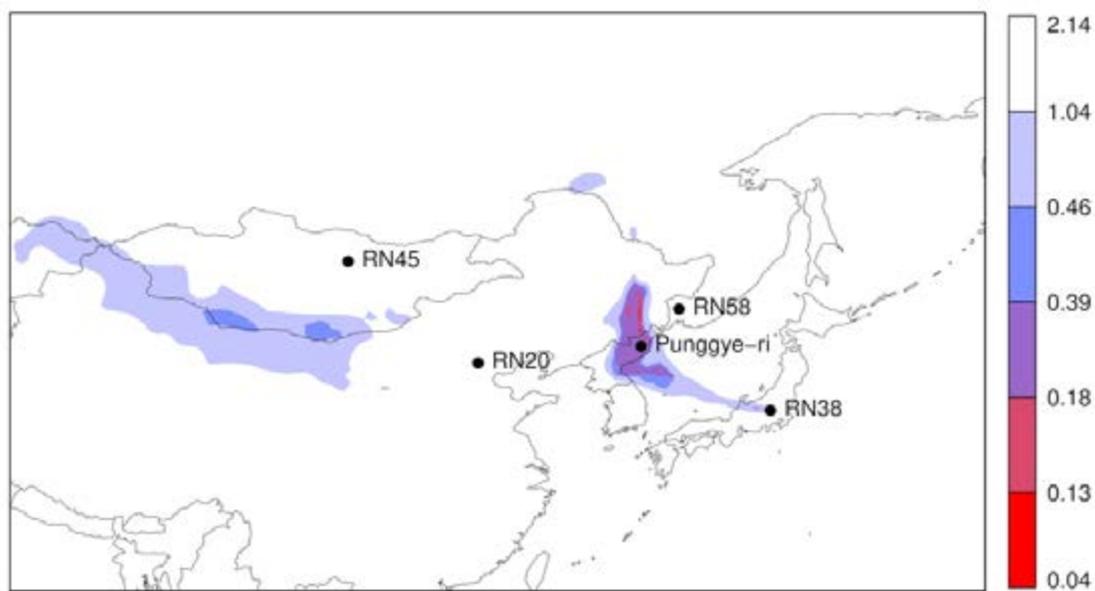


Figure 1: Localisations possibles d'origine des traces radioactives mesurées (au plus la couleur tend vers le rouge, au plus les chances sont grandes que l'émission provienne de cette zone). Le site d'essais nucléaires nord-coréen est indiqué sur la carte (Punggye-ri), en plus des endroits où se trouvent les stations de surveillance qui ont été utilisées (RN20, RN38, RN45 en RN58).



5. LES RAYONS COSMIQUES PERTURBENT DES INSTRUMENTS ÉLECTRONIQUES

Les rayons cosmiques sont maintenant connus et étudiés de manière intensive depuis plus d'un siècle. Cependant, avec les récents progrès technologiques vers des instruments et des applications plus sophistiqués et automatisés, la compréhension et la surveillance de l'activité des rayons cosmiques revêtent une importance cruciale en raison de leurs effets potentiellement dangereux, tant sur les instruments que sur la santé publique.

Imaginons les rayons cosmiques comme étant des balles de tennis lancées de manière aléatoire contre un mur, avec l'interrupteur lumineux allumé. Les probabilités de de toucher un interrupteur dépendent du nombre de balles lancées (intensité du flux), et du nombre d'interrupteurs sur le mur (unité par surface). L'intensité du flux est fortement influencée par l'activité solaire, et en particulier par les particules solaires très énergisées qui se propagent vers la Terre

lors d'événement solaires majeurs. Ainsi, une hausse sensible de l'intensité des neutrons au niveau du sol (ce que nous appelons le Ground Level Enhancement, GLE) augmentera les probabilités de déranger le fonctionnement d'un instrument électronique voire de l'endommager physiquement.

Les probabilités de dérangement ou de dégâts vont de pair avec la constante miniaturisation des instruments électroniques. Ainsi, pour pouvoir atténuer les effets des rayons cosmiques, l'objectif est de déterminer le nombre de défaillances dans le temps (Fails In Time - FIT) dues aux neutrons des rayons cosmiques. Les FITs dépendent du flux de neutrons calculé à partir des mesures du moniteur à neutrons et de la densité des commutateurs dans le dispositif électronique en question.

Dans le but de les étudier et d'aider à en atténuer les effets, l'intensité des neutrons est constamment surveillée dans le monde entier au moyen d'instruments spécialement conçus, appelés «Moniteurs de Neutrons», comme celui de Dourbes. (Figure 1).

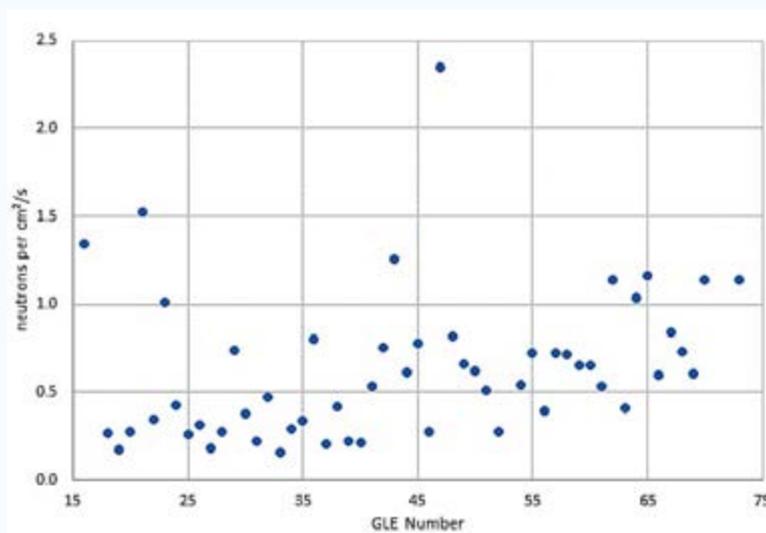


Figure 1 : Les flux de neutrons mesurés durant tous les événements GLE, enregistrés par le Moniteur de Neutrons de l'IRM à Dourbes (<http://neutronmonitor.meteo.be/>). Les défaillances dans le temps (FIT) d'un instrument électronique dépendent directement du flux de neutrons des rayons cosmiques ainsi que des propriétés de l'instrument même.

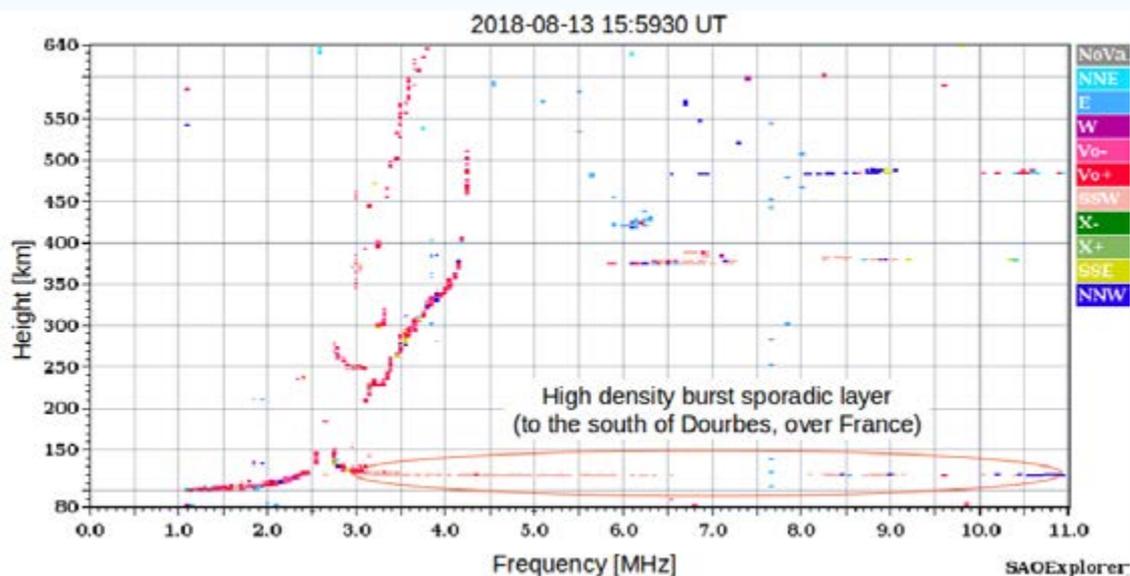
6. OBSERVATIONS IONOSPHERIQUES DE MÉTÉORES

La couche sporadique E est une mince couche d'ions, épaisse de quelques kilomètres seulement, que l'on peut parfois observer à des altitudes comprises entre 80 et 150 km. Lorsqu'elle apparaît, cette couche peut avoir une densité d'électrons et d'ions plusieurs fois supérieure à la densité de fond à ces hauteurs. La théorie standard expliquant ce phénomène décrit comment les ions, toujours présents à des concentrations plus faibles, sont compactés par le cisaillement du vent entre différentes couches de la thermosphère neutre. Les ions impliqués sont principalement des ions métalliques à vie longue, provenant de météores.

Des observations spécifiques par ionosondes à haute résolution temporelle au cours de 2018, ont révélé un type différent de couches sporadiques qui ne peut pas être expliqué par ce mécanisme standard.

La formation d'une couche sporadique typique prend un certain temps, car il faut accumuler suffisamment d'ions pour produire une couche observable. Cependant, nous avons observé des couches sporadiques apparaissant en quelques dizaines de secondes et disparaissant rapidement après quelques minutes tout au plus. Ces courtes couches «éclatées» sont très probablement la signature de l'ionisation directe par les météorites, qui se désintègrent généralement à ces altitudes.

Étant donné que l'ionosonde peut distinguer les échos provenant de différentes directions, nous pourrions également détecter la région générale sur laquelle cette explosion d'ionisation est apparue. En utilisant des observations simultanées de collègues allemands, tchèques et hongrois, nous avons également pu suivre quelques événements de plus longue durée pendant leur passage au-dessus de l'Europe. D'autres campagnes d'observations similaires sont en cours lors de diverses pluies de météores annuelles.



Un ionogramme, pris par la digisonde de Dourbes le 13/08/2018 à 16h00, montrant une couche sporadique de forte de densité.



7. CONVENTION DE COOPÉRATION AWAP-CPG DE L'IRM : DÉVELOPPEMENT DE LA RECHERCHE ARCHÉOMA- GNÉTIQUE EN WALLONIE

Dans le cadre des conventions conclues depuis 2009 entre le CPG de l'IRM et le DG04-SPW (Direction générale opérationnelle de l'Aménagement du Territoire, du Logement, du Patrimoine et de l'Énergie du service public wallon), renommé récemment AWaP (Agence Wallonne pour le Patrimoine), le Centre de Physique du Globe par son service magnétisme environnemental assure la continuité des prélèvements, mesures, études et datations archéomagnétiques des structures brûlées et des terres cuites mises au jour dans des sites archéologiques en Wallonie et détient une collection importante d'échantillons prélevés dans ces sites.

L'accord de coopération « public – public » approuvé par le Gouvernement wallon le 20 décembre 2018 et signé par son ministre de l'agriculture, de la nature, de la ruralité, du tourisme, du Patrimoine et Délégué à la Grande Région René Collin, le 28 décembre 2018 pour une période de 5 ans, permettra à L'AWaP et à l'IRM (le CPG) d'unir leurs forces, compétences tant fédérales que régionales et ressources spécifiquement en ce qui concerne l'objectif commun d'étudier, interpréter et diffuser les résultats des études archéomagnétiques et des fouilles archéologiques sur le territoire de la Wallonie, de faire progresser leurs connaissances, de valoriser le patrimoine archéologique et de diffuser les résultats de ces recherches au grand public.

La collaboration établie par cet accord correspond à des besoins scientifiques qu'il convient de prendre en compte dans le cadre d'une mission d'intérêt général, chaque partie apportant compétences et plus-value dans le cadre de sa mission. L'Agence Wallonne du Patrimoine assure l'organisation et la gestion de la recherche archéologique pour l'ensemble du territoire Wallon et le CPG de l'IRM dispose par ailleurs du personnel spécialisé dans le domaine de l'archéomagnétisme et de l'équipement de pointe garantit le développement de la recherche archéomagnétique pour la région wallonne.

8. NOUVELLES SOURCES DE DONNÉES MÉTÉO

La prévision de phénomènes très locaux, tels que les rafales de vent, le brouillard, la grêle ou l'épaisseur d'une couche de neige, sont et restent un défi en météorologie. Bien que nous aillions fortement fait progresser les modèles de prévisions numériques, il est toujours souvent très difficile de prévoir où ces phénomènes vont précisément se produire. De plus, la vérification de ces prévisions est rendue difficile par le manque d'observations. Dans de nombreux cas, nous ne disposons d'informations partielles sur ces phénomènes que via le réseau d'observateurs de l'IRM, ou via les médias conventionnels ou sociaux.

Afin de palier à ce manque, l'IRM a lancé un certain nombre de projets dans le but de collecter ces informations très locales. La mise en place de la plateforme WOW-BE en 2017 fut le premier dans cette direction, mais d'autres projets sont encore en maturation. Une mise à jour de l'application de l'IRM sera lancée courant 2019, via laquelle les utilisateurs pourront envoyer leurs propres observations directement à l'IRM. Cette nouvelle source d'informations « crowdsourcées » deviendra un outil très important pour affiner nos avertissements et ainsi valider nos prévisions. L'IRM est également partenaire d'un autre projet unique en son genre, qui vise à l'amélioration de la sécurité sur les routes. Ce projet utilisera les données des senseurs présents à bord des véhicules afin d'émettre des avertissements en temps réel pour des phénomènes très locaux (ex. mauvaise visibilité, grêle...) ou pour une situation dangereuse sur la route (ex. routes glissantes, neige). Ce projet a pour nom Secure and Accurate Road Weather Services (SARWS) et est soutenu par un consortium de partenaires scientifiques et privés. Les partenaires dirigeants que sont IDLab (un groupe de recherche sur la microélectronique et les composants (IMEC) de l'Université d'Anvers) et Verhaert, sont soutenus par les partenaires Be-Mobile, Inuits, BPost et l'IRM, qui contribuent chacun, avec leurs propres compétences, à l'aboutissement de la solution finale.





1. RÉUNIONS INTERNATIONALES

1.1. DES SÉRIES TEMPORELLES POUR L'ÉTUDE DU CLIMAT

La 4^e réunion du groupe de guidance du Climate Monitoring SAF (CM SAF) s'est tenue à l'IRM les 3 et 4 décembre 2018.

"SAF" signifie Satellite Application Facility et ils sont financés par Eumetsat, l'organisation européenne pour les satellites météorologiques. Le consortium CM SAF est constitué par les services météorologiques nationaux de l'Allemagne, la Belgique, la Finlande, l'Angleterre, les Pays-Bas, la Suède, la Suisse, le CNRS et EUMETSAT. Le CM SAF construit, à l'aide d'observations (globales) de différents satellites, des séries temporelles utiles à l'étude du climat, et qui remontent au début de l'ère satellitaire.



Photo du groupe de guidance présent lors de la CM SAF à Uccle

1.2. RÉUNIONS SPÉCIALES STAC ET PFAC À BRUXELLES

Les 20 et 21 février, deux réunions extraordinaires ont été organisées à Bruxelles afin de préparer la nouvelle convention et des nouveaux programmes d'EUMETNET.

1.3. SIGNATURE DE LA NOUVELLE CONVENTION ET DES NOUVEAUX PROGRAMMES D'EUMETNET POUR LES 5 PROCHAINES ANNÉES

EUMETNET est un consortium de 31 services météorologiques nationaux qui propose un cadre aux programmes de collaborations de ses membres dans les divers domaines élémentaires de la météorologie. Ces domaines comprennent les systèmes d'observations, le traitement des données, les produits de prévisions de base, la recherche & développement ainsi que la formation.

Lors de l'assemblée générale d'EUMETNET à Zagreb, en automne 2018, la nouvelle ainsi que les nouveaux programmes de collaboration ont été validés et signés pour les 5 prochaines années (1919-1923).

L'IRM prendra la tête du programme sur le postprocessing.



1.4. VISITE D'AMBASSADEURS DES NATIONS UNIES AU PLATEAU D'UCCLE

Le mardi 23 janvier 2018, en marge d'une conférence sur le domaine spatial, le Pôle Espace d'Uccle composé de l'Observatoire royal de Belgique, de l'IRM et de l'Institut belge d'Aéronomie spatiale, a reçu la visite d'ambassadeurs permanents des Nations Unies à New York. L'Argentine, le Bhoutan, le Brésil, l'Équateur, le Kenya, le Kiribati, le Palau, la Papouasie Nouvelle-Guinée, le Sud-Soudan, le Sri Lanka, la Tanzanie et l'Ouganda ont été les pays qui ayant marqué leur intérêt pour cette visite.



2. RÉALISATIONS INTERNATIONALES

2.1. INSTALLATION DE L'APPAREIL GYRODIF DANS LA BASE JUAN CARLOS 1^{ER} ÎLE LIVINGSTON, ANTARCTIQUE

L'IRM a installé en février 2018 un de ses GYRODIF dans l'île Livingston, péninsule Antarctique, suite à l'achat d'un exemplaire par l'Observatoire de l'Ebre, Espagne, opérateur d'un observatoire magnétique là-bas.

La base Espagnole a désiré s'équiper de ce type d'instrument pour assurer les observations absolues du champ magnétique durant les périodes d'hiver austral, lorsque la base est inhabitée.

Le GYRODIF est actuellement le seul instrument capable d'effectuer ce type de mesure automatiquement, sans requérir la présence d'un opérateur humain (Figure 1). Il est construit entièrement dans les laboratoires de l'IRM. Nos techniques très pointues sont utilisées afin de produire un appareil robotisé mais qui ne perturbe pas le champ magnétique qu'il doit mesurer. Les principaux capteurs sont un gyroscope à fibre optique et un magnétomètre fluxgate.



Figure 1 : Le GYRODIF qui a été installé en Antarctique. L'appareil mesure automatiquement : la direction du Nord géographique, la direction du Nord magnétique et l'inclinaison magnétique



Le GYRODIF a été installé dans un radôme spécialement construit pour lui, bien à l'écart de l'activité de la base (Figure 2).



Figure 2 : L'observatoire magnétique de l'île Livingston. Le GYRODIF a été installé dans le radôme au premier plan.

L'installation a été effectuée par l'lr. Alex Gonsette qui a acheminé l'appareil via Ushuaia en Argentine. Il a ensuite été embarqué sur le navire océanographique Hespérides de la marine Espagnole (Figure 3) pour traverser le passage de Drake et atteindre l'île de Livingston.



Figure 3 : Le navire océanographique Hesperides à l'ancre devant la base Juan Carlos 1^{er}, île Livingston, Antarctique.

2.2. DE QUELLE MANIÈRE LES PARTICULES D'AÉROSOL ET LES NUAGES INFLUENCENT-ILS LE CLIMAT DE L'EST DE L'ANTARCTIQUE

L'antarctique joue un rôle important dans le climat terrestre. En tant qu'endroit le plus froid de la planète, l'Antarctique envoie les modèles de circulation vers les océans et l'atmosphère, et décide donc de la répartition de l'énergie sur la Terre. Les particules fines ont un effet important sur la lumière du soleil, car elles l'absorbent, la perturbent et l'affaiblissent. De plus, elles exercent une grande influence sur la formation ainsi que la durée de vie des nuages et donc sur les précipitations. Les précipitations sont la seule source d'approvisionnement en masse pour la calotte glaciaire. De par ce fait, il est essentiel d'en apprendre plus sur les interactions entre les particules d'aérosols, les nuages, les précipitations et le bilan radiatif de la Terre.

L'IRM effectue des recherches à ce sujet à la base polaire belge Princesse Elisabeth, en collaboration avec l'Institut Royal d'Aéronomie Spatiale de Belgique et l'Université Catholique de Louvain (KULeuven). Un observatoire atmosphérique à usage permanent y est entretenu depuis 2009 par les trois instituts. Cet observatoire se compose de 15 instruments qui mesurent (i) les propriétés physiques des particules fines atmosphériques, (ii) l'altitude et le type de nuages ainsi que les précipitations, (iii) le rayonnement solaire total au niveau de la surface et les rayonnements UV-A et UV-B entrants, (iv) la quantité totale d'ozone présent dans la colonne atmosphérique de mesures. Une station météorologique automatique mesure des paramètres tels que la température, l'humidité de l'air et le vent. Depuis janvier 2014, des ballons météorologiques sont lancés durant l'été antarctique (décembre - février) afin de mesurer les profils verticaux de température, d'humidité et de vent, jusqu'à une altitude de 30 km.

Plusieurs publications scientifiques ont montré, entre autres, que les tempêtes plus longues et de plus grande ampleur sont les plus efficaces pour une accumulation permanente de neige. Les mesures des aérosols ont montré que l'océan Austral, en particulier

les régions proches de la côte, couvertes de plaques de glace et de banquises, sont des sources de particules qui favorisent la formation de nuages.

Articles liés :

Herenz, P. H. Wex, A. Mangold, Q. Laffineur, Gorodetskaya, I. V., Z. Fleming, M. Panagi and F. Stratmann, CCN measurements at the Princess Elisabeth Antarctica Research station during three austral summers, Atmos. Chem. Phys. 19, 275-294, doi.org/10.5194/acp-19-275-2019, 2019

Souwerijns, N., A. Gossart, I. V. Gorodetskaya, S. Lhermitte, A. Mangold, Q. Laffineur, A. Delcloo and N. P. M. Van Lipzig, How does the ice sheet surface mass balance relate to snowfall? Insights from a ground-based precipitation radar in East Antarctica, The Cryosphere 12, 1987-2003, 2018



La base polaire belge Princesse Elisabeth. La carte incluse montre la localisation de la base belge ainsi que celle des autres bases scientifiques présentes en Antarctique.



Nuages déversant des précipitations à proximité de la base polaire belge.

2.3. ACCORD DE COOPÉRATION AVEC L'AGENCE MÉTÉOROLOGIQUE CHINOISE POUR LA VALIDATION DE PRODUITS DE MONITORING DU CHANGEMENT DE CLIMAT

Afin de pouvoir surveiller les changements climatiques, la mesure du rayonnement solaire entrant et du rayonnement terrestre sortant est d'une importance capitale. Pour le moment, ces mesures sont principalement effectuées par la NASA, avec l'IRM collabore depuis longtemps dans le cadre des projets DIARAD, CERES et GERB. En principe, les instruments présents sur les satellites polaires chinois de la série Feng Yung 3, peuvent livrer une importante contribution aux mesures existantes. La validation des données chinoises est cependant rendue difficile par l'absence de collaboration directe entre les Etats-Unis et la Chine.

Au cours de l'année 2018, l'IRM et la VUB ont négocié et signé un accord de coopération avec la Chinese Meteorological Administration (CMA), responsable des satellites Feng Yung. Nous aurons un accès privilégié aux données satellitaires chinoises, en échange de notre aide pour la validation de leurs données. A terme, cet accord pourra mener à une meilleure collaboration internationale pour le monitoring des changements climatiques à partir de l'Espace.



Visite du Dr. Steven Dewitte de l'IRM à l'institution chinoise CMA.



2.4. APPLICATIONS DE L'ARCHÉOMAGNÉTISME POUR LA SAUVEGARDE DE L'HÉRITAGE CULTUREL EN AFRIQUE

La rapidité de l'extension économique que connaissent plusieurs régions africaines mène inévitablement à la perte de l'héritage culturel de l'humanité. Les sites archéologiques sont souvent détruits au profit des projets de construction et des conflits idéologiques, impliquant la perte des informations irremplaçables sur les civilisations anciennes. Lors des fouilles archéologiques, souvent des matériaux cuits comme la céramique et des structures brûlées comme des fours et foyers, sont mis à jour. Ils sont d'une utilité importante pour l'étude du comportement du champ magnétique terrestre dans le passé et éventuellement pour la datation des sites archéologiques par la méthode archéomagnétique. L'archéomagnétisme est donc d'une grande importance en archéologie ou la dimension du temps est essentielle. Les événements, les faits et les actions humaines observées et enregistrées par l'archéologue ne prennent de sens historique qu'une fois situés dans le temps.

L'application de l'archéomagnétisme comme méthode de datation est pratiquée par plusieurs laboratoires de géophysique en Europe. Mais, en Afrique, il y a un manque d'unités de recherche en archéomagnétisme, malgré que certains pays comme le Maroc possèdent un important potentiel en sites archéologiques. Les applications archéomagnétiques joueront un rôle dans la valorisation et la sauvegarde du patrimoine culturel en Afrique.

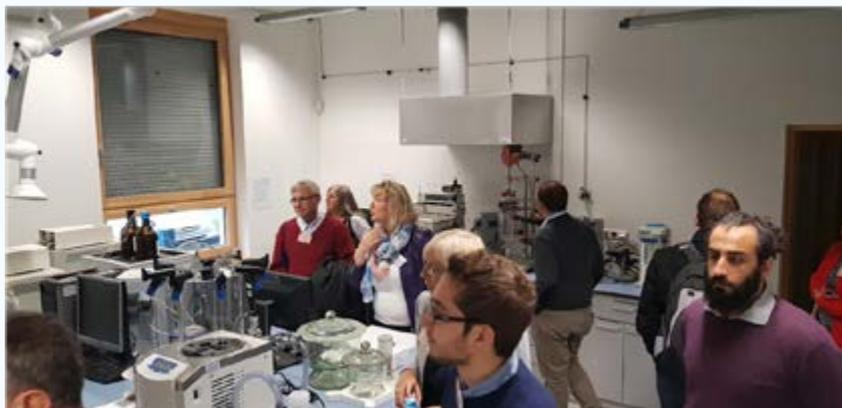


2.5. COLLABORATION EUROPÉENNE POUR LA LUTTE CONTRE LE CANCER

Le cancer est l'une des principales causes de décès en Belgique et même la plus fréquente chez les hommes (base de données Eurostat 2014). Par conséquent, la recherche sur le cancer ne peut pas attendre, et de nouvelles approches sont nécessaires de toute urgence. Le projet européen de mise en réseau RADIOMAG initié et coordonné par le Laboratoire magnétisme environnemental, visait à associer des scientifiques jeunes et expérimentés issus de différentes disciplines afin de permettre la mise au point de nouvelles recherches sur l'efficacité de la radiothérapie et son association synergétique avec l'hyperthermie magnétique. Cette dernière exploite la chaleur générée par des particules magnétiques de taille nanométrique lorsqu'ils sont soumis à des champs magnétiques alternatifs afin de tuer ou d'endommager les cellules cancéreuses.

Le réseautage étendu a permis la publication de 32 articles conjoints et la soumission de cinq projets de recherche conjoints qui ont été financés. En outre, des recommandations ont été établies pour les tests *in vitro* / *in vivo* de la radiothérapie et de l'hyperthermie magnétique combinés ou pour tester la performance des nanoparticules magnétiques en termes d'émission de chaleur. Une préoccupation particulière de RADIOMAG était la transmission des savoirs en termes de techniques expérimentales les plus récentes à des jeunes scientifiques, mise en œuvre par un grand nombre de courtes missions scientifiques entre les laboratoires du réseau et d'un parcours d'entraînement théorique et pratique.

RADIOMAG a créé un impact sociétal, scientifique et technologique. En ce qui concerne ces deux dernières, RADIOMAG a ouvert la voie à la normalisation ISO des propriétés des suspensions magnétiques de nanoparticules et à leur mesure. Cette norme servira de base à la fabrication en grand série des suspensions de nanoparticules magnétiques et créera ainsi la confiance nécessaire des consommateurs dans le contrôle de la qualité des produits et applications utilisant des nanoparticules magnétiques.



Les participants de RADIOMAG visitent un laboratoire de chimie pour la fabrication de nanoparticules magnétiques lors d'une réunion scientifique à Bialystok (Pologne).

2.6. PREMIER OBSERVATOIRE MAGNÉTIQUE AUTO-CALIBRÉ FOND DE MER

En 2018, l'IRM a conclu un accord avec Ocean Networks Canada afin d'installer un observatoire magnétique à 2600m de profondeur dans l'océan Pacifique. Ce sera la première fois qu'un observatoire magnétique autonome et auto-calibré sera installé sur les fonds marins. Cette innovation est le résultat des développements en instrumentation géomagnétique menés au Centre de Physique de l'IRM depuis de nombreuses années.

Actuellement, nous observons des changements majeurs du champ magnétique terrestre, tels l'accélération de la dérive du pôle nord magnétique et l'extension de l'anomalie magnétique de l'Atlantique sud. Plus que jamais nous devons poursuivre les mesures géomagnétiques et délivrer des séries temporelles fiables. Une couverture globale aussi homogène que possible des observatoires magnétiques reste l'un des plus grands défis de la communauté scientifique internationale. En 1994, la communauté internationale des observatoires magnétiques soulignait la nécessité de pouvoir effectuer des mesures géomagnétiques en mer. En effet, la majeure partie de la Terre étant couverte par des océans, ce rapport

estimait qu'au minimum 8 observatoires doivent être installés sur les fonds océaniques. Or l'observatoire magnétique « complet » n'existait pas jusqu'à présent, et ce besoin reste 25 ans plus tard toujours d'actualité. Grâce à l'instrument Gyrodif (réalisant des mesures calibrant déclinaison et inclinaison magnétique), développé à l'IRM, ce premier observatoire magnétique complet va pouvoir être mis en œuvre. Celui-ci sera composé d'un variomètre, d'un magnétomètre scalaire et du Gyrodif MKIII (version terrestre du Gyrodif adaptée au caisson d'étanchéité et pourvue d'un système non magnétique automatisé de nivellement de haute précision).

Le développement de cet observatoire doit être finalisé fin 2019, et le déploiement sur les fonds océaniques du réseau canadien Neptune est prévu en 2020. Neptune, le plus vaste réseau scientifique océanique câblé au monde, assurera l'alimentation électrique de l'observatoire magnétique ainsi que la transmission des données en temps réel. L'observatoire sera installé par un véhicule sous-marin téléguidé, sur la plaque tectonique Juan de Fuca, un site qui présente de plus un grand intérêt pour l'étude des tremblements de terre et des tsunamis.

6°
IRM
INTERNATIONAL







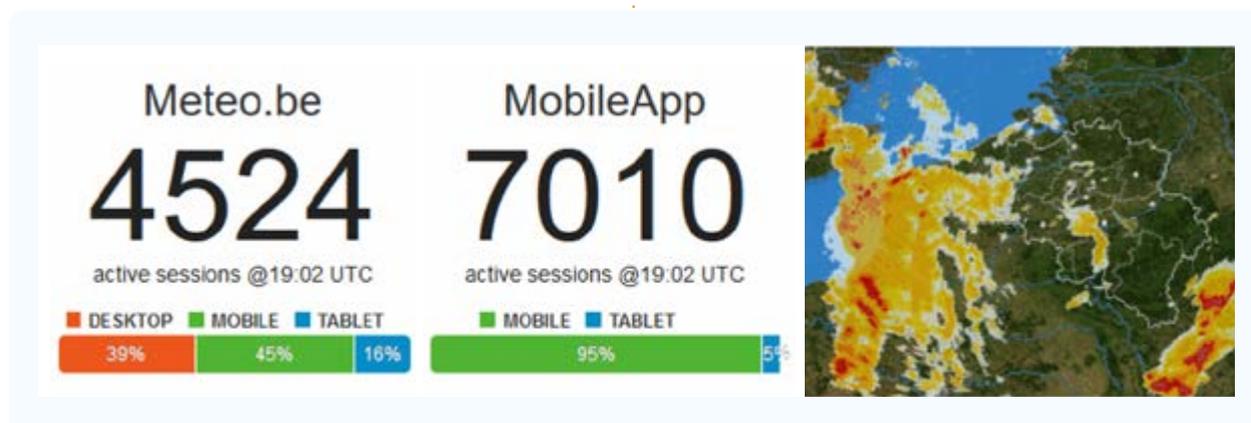
1. SITE WEB ET APPLICATION MOBILE

Notre application mobile a vu son succès continuer de grandir en 2018 : augmentation du nombre de sessions de 53% en comparaison de l'année précédente. (2017: 149590 sessions par jour - 2018 228864 sessions par jour).

Le site web www.meteo.be reste stable en terme de fréquentation: en moyenne 180000 visites/sessions par jour.

Faits marquants :

- Entre mars et décembre 2018, notre application mobile est devenue durablement plus populaire que notre site web : il y a désormais plus de personnes qui consultent nos informations directes sur appareil mobile que sur ordinateur fixe/portable.
- Le 7 août 2018, suite à de violents orages, énormément de belges se sont tournés vers nos moyens de communication publics afin de s'informer de l'évolution des intempéries. Au total, site web plus application mobile, 1 370k sessions ont été enregistrées en 24 heures et l'on totalisait jusqu'à 11 500 personnes en même temps sur les médias de l'IRM. Il s'agit là d'un nouveau record de visibilité.



2. PORTES OUVERTES DU PÔLE ESPACE ET EXPO « ÉMERVEILLEMENT »

Le samedi 29 et le dimanche 30 septembre 2018, le Pôle Espace, comprenant l'IRM, l'Observatoire royal de Belgique et l'Institut royal d'Aéronomie spatiale de Belgique, a ouvert ses portes au grand public sur le plateau d'Uccle. Le programme comprenait des activités pour tous : les visites de stands scientifiques, Bureau du Temps, Centre climatique, expériences en direct, conférences thématiques, visite des télescopes... ainsi que des animations pour enfants. Ces portes ouvertes ont de nouveau eu un succès phénoménal avec pas moins de 8.000 visiteurs !

Du 22 juillet au 02 septembre 2018 s'est tenue l'exposition intitulée « Émerveillement » au Palais Royal, dans le cadre de l'événement annuel Science et Culture au Palais Royal. En collaboration avec la Chancellerie du Premier Ministre, les dix Établissements scientifiques fédéraux, l'Institut géographique national et le War Heritage Institute, cette exposition propose au public belge et international une vision originale de l'art et de la science, par une découverte stupéfiante d'œuvres d'art ou objets de recherche issus du patrimoine culturel et scientifique fédéral. L'IRM y a présenté des pièces anciennes et emblématiques de certaines de ses activités de recherche.

3. MANAGEMENT ENVIRONNEMENTAL

L'année 2018 fut une année de réenregistrement de notre système de management environnemental (EMAS) auprès de Bruxelles environnement. En juin 2018, la vérification a validé le fonctionnement de celui-ci pour une nouvelle période de trois ans.

Il s'agit d'un satisfecit des résultats atteints après les premières trois années de fonctionnement :

- Une diminution de 27% de la consommation de papier,
- Une réduction de 5,36% de notre consommation de mazout normalisée càd nettoyée des impacts climatiques,
- Au niveau de la consommation électrique, la diminution est de 6,7% globalement en sachant que nous faisons usage d'un super ordinateur assez énergivore pour faire tourner les modèles prévisionnels et des recherches scientifiques
- La consommation d'eau est tombée à 7 m³ par équivalent temps plein par an soit une diminution de 49% mais en 2015, année de référence, nous avons détecté une grosse fuite.

C'est une série de 12 indicateurs liés à nos impacts environnementaux directs qui sont suivis. Les données détaillées de ces derniers sont publiées chaque année dans la déclaration environnementale qui se trouve sur le site de l'IRM tout autant que la politique environnementale. C'est aussi une reconnaissance de notre engagement réelle car en ce début de 2^{ème} cycle, l'IRM continuera à travailler sur ses impacts environnementaux directs mais plus important, consciente de l'importance de la qualité de l'information comme contribution indirecte à la réduction des impacts environnementaux, l'IRM a décidé de compléter son système de management environnemental par un système de management de la qualité. Ce système permettra de consolider la modeste contribution de notre Institut au développement durable en Belgique. Cette dernière se jouera à deux niveaux. D'abord, les prévisions à court et moyen termes permettent à d'autres acteurs de limiter leurs impacts,



ensuite à plus long terme, le développement de scénarios climatiques ainsi qu'une meilleure compréhension des phénomènes climatiques offrira des balises aux autorités et aux secteurs économiques climato-sensibles. Cette approche d'amélioration continue s'intègre parfaitement dans une vision stratégique plus globale et à long terme où l'IRM joue le rôle de centre climat pour la Belgique.



4. JOURNÉE PORTES OUVERTES AU RADAR DE WIDEUMONT

À la demande de l'office du Tourisme de la commune de Libramont, une journée Portes Ouvertes a été organisée au radar météorologique de Wideumont. Les visiteurs ont eu l'occasion d'escalader les 250 marches qui mènent au sommet de la tour radar, d'y découvrir les installations et d'y profiter d'une vue époustouflante sur la région. Ils ont également pu faire connaissance avec les experts de l'IRM et leur poser de nombreuses questions sur la technologie radar et sur l'exploitation opérationnelle et scientifique des observations.

Le radar de Wideumont est exploité par l'IRM depuis 2001. Il forme avec les radars de Jabekke (IRM), Zaventem (Skeyes) et Helchteren (VMM) le réseau belge de radars météorologiques. Il fait également partie du réseau Européen (Eumetnet/OPERA) qui compte près de 200 radars météorologiques.





Quoi de prévu en 2019 ?



- Nous lancerons un tout nouveau site web début 2019, qui offrira de toutes nouvelles possibilités aux utilisateurs.
- Nous fêterons les 50 ans des mesures d'ozone à Uccle
- De nouveaux services pour les secteurs de l'énergie et du transport
- Notre application mobile vous permettra de nous envoyer vos propres observations météo !
- Un projet de Smart Mobility débutera en collaboration avec un autre service public
- Un nouveau partenariat public/privé
- ...





1. PUBLICATIONS DANS DES REVUES INTERNATIONALES AVEC COMITÉ DE LECTURE

Barrios, J. M., Ghilain, N., Arboleda, A., Sachs, T., Gellens-Meulenberghs, F.: Daily evapotranspiration at sub-kilometre spatial resolution by combining observations from geostationary and polar-orbit satellites. *International Journal of Remote Sensing*, vol. 39, N° 23, p.8984-9003, 2018.

Bauwens, M., Stavrakou, T., Müller, J.F., Van Schaeybroeck, B., De Cruz, L., De Troch, R., Giot, O., Hamdi, R., Termonia, P., Laffineur, Q., Amelynck, C., Schoon, N., Heinesch, B., Holst, T., Arneeth, A., Ceulemans, R., Sanchez-Lorenzo, A., Guenther, A.: Recent past (1979-2014) and future (2070-2099) isoprene fluxes over Europe simulated with the MEGAN-MOHYCAN model. *Biogeosciences* vol. 06, n° 15 (12), p. 3673-3690, 2018.

Berckmans, J., Van Malderen, R., Pottiaux, E., Pacione, R., Hamdi, R.: Validating the water vapour content from a reanalysis product and a regional climate model over Europe based on GNSS observations. *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 2018.

Bertrand, C., Housmans, C., Leloux, J., Journée, M.: Solar irradiation from the energy production of residential PV systems. *Renewable Energy*, n° 125, p. 306-318, 2018.

Damodaran, V., Allan, R., Ogilvie, A.E.J., Demarée, G.R., Gergis, J., Mikami, T., Mikhail, A., Nicolson, S., Norrgård, S., Hamilton, J.: The 1780s: Global Climate Anomalies, Floods, Droughts, and Famines., *The Palgrave History of Climate History*. London, Chapter 34, p. 517-550, 2018.

De Cruz, L., Schubert, S., Demaeyer, J., Lucarini, V., Vannitsem, S.: Exploring the Lyapunov instability properties of high-dimensional atmospheric and climate models. *Nonlinear Processes in Geophysics*, n° 25, p. 387-412, 2018.

De Frenne, P., Van Langenhove, L., Van Driessche, A., Bertrand, C., Verheyden, K., Vangansbeke, P. : Using archived television video footage to quantify phenology responses to climate change. *Methods in Ecology and Evolution*, n° 9(8), p.1874-1882,2018.

De Meutter, P., Camps, J., Delcloo, A., Deconninck, B., Termonia, P.: Time Resolution Requirements for Civilian Radioxenon Emission Data for the CTBT Verification Regime. *Journal of Environmental Radioactivity* n° 182, p. 117-127,2018.

De Meutter, P., Camps, J., Delcloo, A., Deconninck, B., Termonia, P.: Time resolution requirements for civilian radioxenon emission data for the CTBT verification regime. *Journal of Environmental Radioactivity*, n° 182, p. 117-127, 2018.

De Meutter, P., Camps, J., Delcloo, A., Termonia, P.: Source Localisation and Its Uncertainty Quantification After the Third DPRK Nuclear Test. *Scientific Reports* 8.

De Meutter, P., Camps, J., Delcloo, A., Termonia, P.: Source localisation and its uncertainty quantification after the third DPRK nuclear test. *SCIENTIFIC REPORTS*, n° 8, 2018.

Demayer, J., Vannitsem, S.: A comparison of stochastic parameterizations in the framework of a coupled ocean-atmosphere model. *Nonlinear Processes in Geophysics*, n° 25, p. 605-631, 2018.

Demarée, G.R., Mailier, P., Beilleval, P., Mikami, T., Zaiki, M., Tsukahara, T., Tagami, Y., Hirano, J.: The Atmospheric Pressure Observations 1856-1858 by Father Louis Furet, at Naha, Japan. *Journal of Geography*, Vol. 127, No. 4, p. 503-511,2018.

Demarée, G.R., Ogilvie, A.E.J., Kusman, D.: Historical records of earthquakes for Greenland and Labrador in Moravian Missionary journals. *Journal of Seismology* 2018.

De Meutter, P., Delcloo, A., Camps, J., Termonia, P.: Using NWP Ensembles in Nuclear Test Verification. *Ecmwf Newsletter*. Reading, UK, 2018.

Fountoulakis I., Zerefos, C.S., Bais, A. F., Kapsomenakis, J., Koukoulis, M.-E., Ohkawara, N., Fioletov, V., De Backer, H., Kakkala, K., , T., Webb, A. R.: Twenty-five years of spectral UV-B measurements over Canada, Europe and Japan : Trends and effects from changes in ozone, aerosols, clouds and surface reflectivity. *Comptes Rendus Geoscience*, n° 350, p. 393-402, 2018.

Gross, M., Wan, H., Rasch, P., Caldwell, P., Williamson, D., Klocke, D., Jablonowski, C., Thatcher, D., Wood, N., Cullen, M., Beare, B., Willett, M., Lemarié, F., Blayo, E., Malardel, S., Termonia, P., Gassmann, A., Lauritzen, P., Johansen, H., Zarzycki, C., Sakaguchi, K., Leung, R.: Physics-dynamics coupling in weather, climate and earth system models: challenges and recent progress. *Monthly Weather Review* vol.146, n° 11, p. 3505-3544,2018.

Klekotka, U., Satuła, D., Spassov, S., Kalska-Szostko, B.: Surfactant dependence on physicochemical properties of magnetite nanoparticles. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 537, p. 452-459,2018.

Kotova, L. , Aniskevich, S., Bobylev, L., Caluwaerts, S., De Cruz, L., De Troch, R., Gnatiuk, N., Gobin, A., Hamdi, R., Sakalli, A., Sirin, A., Termonia, P., Top, S., Van Schaeybroeck, B., Viksna, A.: A new Project AFTER investigates the impacts of climate change in the Europe-Russia-Turkey region. *Climate Services* n° 12, p. 64-66, 2018.

Liechti, F., Aschwanden, J., Blew, J., Boos, M., Brabant, R., Dokter, A. M., Kosarev, V., Lukach, M., Maruri, M., Reyniers, M., Schekler, I., Schmaljohann, H., Schmid, B., Weisshaupt, N., Sapir, N.: Cross calibration of different radar systems for monitoring nocturnal bird migration across Europe and the Near East. *Ecography*, 2018.

López-Solano, J., Redondas, A., Carlund, T., Rodríguez-Franco, J. J., Diémoz, H., León-Luis, S. F., Hernández-Cruz, B., Guirado-Fuentes, C., Kouremeti, N., Gröbner, J., Kazadzis, S., Carreño, V., Berjón, A., Santana-Díaz, D., Rodríguez-Valido, M., De Bock, V., Moreta, J. R., Rimmer, J., Smedley, A. R. D., Boulkelia, L., Jepsen, N., Eriksen, P., Bais, A. F., Shiroto, V., Vilaplana, J. M., Wilson, K. M., Karpinen,



Publications scientifiques et conférences

T.: Aerosol optical depth in the European Brewer Network. *Atmos. Chem. Phys.*, n° 18, p. 3885-3902, 2018.

Lukach, M., Quibus, L., Vanhoenacker Janvier, D., Delobbe, L.: Rain attenuation statistics at Ka band estimated from weather radar observations in Belgium. *Int J Satell Commun Network.*, n° 36, p. 528-541, 2018.

Maurer, C., Eslinger, P., Baré, J., Kusmierczyk-Michulec, J., Seibert, P., Orr, B., Philipp, A., Ross, O., Generoso, S., Achim, P., Schoepfner, M., Malo, A., Ringbom, A., Saunier, O., Quelo, D., Mathieu, A., Kijima, Y., Crawford, A., Stein, A., Chai, T., Ngan, F., Leadbetter, S., De Meutter, P., Delclocq, A., Britton, R., Davies, A., Glascoe, L., Lucas, D., Simpson, M., Vogt, P., Kalinowski, M., Bowyer, T.: International challenge to model the long-range transport of radionuclides released from medical isotope production to six Comprehensive Nuclear Test-Ban Treaty monitoring stations. *Journal of Environmental Radioactivity*, 2018.

Nicolis, C.: Climatic responses to systematic time variations of parameters: a dynamical approach. *Nonlin. Processes Geophys.*, n° 25, p. 649-658, 2018.

Nicolis, C.: Nonlinear dynamical approach to atmospheric predictability. *Advances in Nonlinear Geosciences*, Ed. A.A. Tsonis, Springer, p. 393-425, 2018.

Ogilvie, A.E.J., Hill, B. T., Demarée, G. R.: A Fleet of Silver: Local Knowledge Perceptions of Sea Ice from Iceland and Labrador/Nunatsiavut. *North Atlantic Island Biota: Aspects of the Past, Choices for the Future*, Edited by Eva Panagiotakopulu and Jon Sadler, p. 23, 2018.

Pan, T., Zhang, C., Kuang, W., De Maeyer, P., Kurban, A., Hamdi, R., Du, G.: Time Tracking of Different Cropping Patterns Using Landsat Images under Different Agricultural Systems during 1990-2050 in Cold China. *Remote Sensing* vol.12, n° 10(12) p.2011, 2018.

Philippa, R., Mears, C., Fujiwara, M., Jeannot, P., Thorne, P., Bodeker, G., Haimberger, L., Hervo, M., Popp, C., Romanens, G., Steinbrecht, W., Stübi, R., Van Malderen, R.: Radiosondes show that after decades of cooling, the lower stratosphere is now warming. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, n° 123, p. 12509-12522, 2018.

Reinisch, B., Galkin, I., Belehaki, A., Paznukhov, V., Huang, X., Altdill, D., Buresova, D., Mielich, J., Verhulst, T., Stankov, S., Blanch, E., Kouba, D., Hamel, R., Kozlov, A., Tsagouri, I., Mouzakis, A., Messerotti, M., Parkinson, M., Ishii, M.: Pilot ionosonde network for identification of travelling ionospheric disturbances. *Radio Science*, vol. 53, No.3, p.365-378, 2018.

Souverijns, N., A. Gossart, I. V. Gorodetskaya, S. Lhermitte, A. Mangold, Q. Laffineur, A. Delclocq and N. P. M. Van Lipzig, How does the ice sheet surface mass balance relate to snowfall? Insights from a ground-based precipitation radar in East Antarctica, *The Cryosphere* 12, 19887-2003, 2018.

Tagami, Y., Demarée, G.R., Mailier, P., Beillevalere, P., Mikami, T., Zaiki, M., Tsukahara, T., Hirano, J.: Strong Wind Hazards and Their

Variations in East Asia during the Little Ice Age. *Journal of Geography*, Vol. 127, No. 4, p. 513-529, 2018.

Termonia, P., Fischer, C., Bazile, E., Bouyssel, F., Brožková, R., Bénéard, P., Bochenek, B., Degrauwe, D., Derková, M., El Khatib, R., Hamdi, R., Mašek, J., Pottier, P., Pristov, N., Seity, Y., Smolřková, P., Španiel, O., Tudor, M., Wang, Y., Wittmann, C., Joly, A.: The ALADIN System and its canonical model configurations AROME CY41T1 and ALARO CY40T1. *Geoscientific Model Development* vol. 01, n° 11 (1), p. 257-281, 2018.

Termonia, P., Van Schaeybroeck, B., De Cruz, L., De Troch, R., Caluwaerts, S., Giot, O., Hamdi, R., Vannitsem, S., Duchêne, F., Willems, P., Tabari, H., Van Uytven, E., Hosseinzadehtalaei, P., Van Lipzig, N., Wouters, H., Vanden Broucke, S., Van Ypersele, J.P., Marbaix, P., Villanueva-Birriel, C., Fettweis, X., Wyard, C., Scholzen, C., Doutreloup, S., De Ridder, K., Gobin, A., Lauwaet, D., Stavrakou, T., Bauwens, M., Müller, J.F., Luyten, P., Ponsar, S., Van den Eynde, D., Pottiaux, E.: The CORDEX.be initiative as a foundation for climate services in Belgium. *Climate Services* vol. 6, n° 11, p. 49-61, 2018.

Van de Vyver, H., Van den Bergh, J.: The Gaussian copula model for the joint deficit index for droughts. *Journal of Hydrology* n° 561, p. 987--999, 2018.

Van de Vyver, H.: A multiscaling based intensity-duration-frequency model for extreme precipitation. *Hydrological Processes* n° 32, p. 1635--1647, 2018.

Van Malderen, R., Pottiaux, E., Stankunavicius, G., Beirle, S., Wagner, T., Brenot, H., Bruyninx, C.: Interpreting the time variability of world-wide GPS and GOME/SCIAMACHY integrated water vapour retrievals, using reanalyses as auxiliary tools. *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 2018.

Vannitsem, S., Ekelmans, P.: Causal dependences between the coupled ocean-atmosphere dynamics over the Tropical Pacific, the North Pacific and the North Atlantic. *Earth System Dynamics*, n° 9, p. 1063-1083, 2018.

Vannitsem, S.: Que nous apprennent les modèles météorologiques et climatiques simplifiés sur la prévisibilité à long terme de l'atmosphère? *La Météorologie*, n° 102, p. 22-30, 2018.

Verhulst, T.G.W., Stankov, S.M.: Ionospheric wave signature of the American solar eclipse on 21 August 2017 in Europe. *Advances in Space Research*, vol. 61, No.9, p.2245-2251, 2018.

Verstraeten, W.W., Boersma, K., Douros, I., Williams, J., Eskes, H., Liu, F., Beirle, S., Delclocq, A.: Top-Down NOX Emissions of European Cities Based on the Downwind Plume of Modelled and Space-Borne Tropospheric NO2 Columns. *Sensors*. N° 18, p. 2893, 2018.

Yano, J., Ziemiański, M., Cullen, M., Termonia, P., Onvlee, J., Bengtsson, L., Carrassi, A., Davy, R., Deluca, A., Gray, S., Homar, V., Köhler, M., Krichak, S., Michaelides, S., Phillips, V., Soares, P., Wyszogrodzki, A.: Scientific challenges of convective-scale numerical weather prediction. *Bulletin of the American Meteorological Society* vol. 99, n° 4, p. 699-710, 2018.



2. PUBLICATIONS DANS DES REVUES NATIONALES AVEC COMITÉ DE LECTURE

Demarée, G.: Meteorologen versus mycologen over de aardappelziekte (Brugge, 1845). Biekorf, West-Vlaams Archief voor Geschiedenis, Archeologie, Taal-en Volkskunde, n° 2, p. 184-199, 2018.

Demarée, G.R.: De aardbeving van 1640 (Vraagwinkel 2018-2). Biekorf, West-Vlaams Archief voor Geschiedenis, Archeologie, Taal-en Volkskunde, n° 3, p. 362, 2018.

Ech-chakrouni, S., Hus, J. : Jemeppe-sur-Sambre/Moustier-sur-Sambre : Datation archéomagnétique d'un four à chaux à Moustier sur Sambre. Chronique de l'Archéologie Wallonne 25, p. 178-179, 2018.

Ech-chakrouni, S., Hus, J.: Datation archéomagnétique de deux fours de potiers romains à Tongres. Signa Romana, p. 105-110, 2018.

Fock, H., Ech-chakrouni, S., Hus, J.: Baelen /Baelen: l'établissement rural du Bas-Empire à Nereth 2, compagne de fouille 2016. Chronique de l'Archéologie Wallonne 25, p. 93-95, 2018.

Gerard, L.: A few thoughts about cloud reunification in Alaro. Aladin-Hirlam Newsletter 11, p 39-40, 21 August 2018.

3. MONOGRAPHIES INTERNATIONALES

3.1. BOOK

Vannitsem, S., Wilks, D., Messner, J. (Eds): Statistical Postprocessing of Ensemble Forecasts. Elsevier, 2018, 346 p.

3.2. CHAPTER OF BOOKS

Bader, D.A., Blake, R.A., Grimm, A., Hamdi, R., Kim, Y., Horton, R.M., Rosenzweig, C., Alvenson, K., Gaffin, S.R., Crane, S.: Urban climate science. In Climate Change and Cities: Second Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network (ARC3.2). Cambridge University Press, p. 27-60, 2018.

Boucher, M.A., Roulin, E., Fortin, V.: Short-Range Ensemble Forecast Post-processing. In: Handbook of Hydrometeorological Ensemble Forecasting. Springer, Berlin, Heidelberg, 2018.

Deldoo, A.W., Duchêne, F., Hamdi, R., Berckmans, J., Deckmyn, A., Termonia, P.: The Impact of Heat Waves and Urban Heat Island on the Production of Ozone Concentrations Under Present and Future Climate Conditions for the Belgian Domain. In Air Pollution Modeling and its Application XXV. ITM 2016. Springer Proceedings in Complexity. Springer, Cham, 2018.

Demayer, J., Vannitsem, S.: Stochastic parameterization of subgrid-scale processes: A review of recent physically-based approaches. In Advances in Nonlinear Geosciences, Ed. A.A. Tsonis, Springer, p. 55-85, 2018.

Van Schaeybroeck, B., Vannitsem, S.: Applications of Postprocessing for long range forecasts. In Statistical postprocessing of ensemble forecasts. Elsevier, p. 267-290, 2018.

Wilks, D., Vannitsem, S.: Uncertainty forecasts from deterministic dynamics. In Statistical postprocessing of ensemble forecasts. Elsevier, p. 1-13, 2018.

4. PROCEEDINGS

Barrios, J.M., Gellens- Meulenberghs, F., Hamdi, R., Wieneke, S., Janssens, I., Balzarolo, M.: Landscape heterogeneity around flux measurement stations investigated through Sentinel-2 and PRO-BA-V satellite imagery. Proceedings of the SPIE Remote Sensing. 13 p, Berlin, 10-13 September 2018.

De Meutter, P., Camps, J., Delcloo, A., Termonia, P.: Backtracking Radioxenon in Europe Using Ensemble Transport and Dispersion Modelling. In Springer Proceedings in Complexity, p. 147-150. Cham, Switzerland, 2018.

Barrios, J.M., Gellens- Meulenberghs, F., Hamdi, R., Wieneke, S., Janssens, I., Balzarolo, M.: Landscape heterogeneity around flux measurement stations investigated through Sentinel-2 and PRO-BA-V satellite imagery. Proceedings of the SPIE Remote Sensing. 13 p, Berlin, 10-13 September 2018.

Poelman, D., Delobbe, L., Mailier, P., Debal, F.: Evaluation of thunderstorm warnings in Belgium. 25th International Lightning Detection Conference (ILDC), Ft. lauderdale, Florida, USA, 2018.

5. RAPPORTS INTERNES ET EXTERNES SANS COMITÉ DE LECTURE

Ampoorter, E., Delvaux, C., De Troch, R., Dewan, S., Jacobs, K., Rahman Masud, M., Sousa-Silva, R., Bertrand, C., Carnol, M., De Frenne, P., Hamdi, R., Muys, B., Ponette, Q., Vander Mijnsbrugge, K., Verheyen, K. : FORBIO Climate: Adaptation potential of biodiverse forests in the face of climate change. Belgian Science Policy, Brussels, 2018.

Arboleda, A., Ghilain, N., Gellens-Meulenberghs, F.: Satellite Application Facility on Land Surface Analysis (LSA SAF): Product User Manual. 32 p, 2018.

Ech-chakrouni, S., Hus, J. :Archeomagnetische datering van een verbrande structuur ondekt in de marktplaats van Sint-Lievens-Houtem. Firma SOLVA, 2018.

Ech-chakrouni, S., Hus, J.: Archeomagnetische datering van ovens in West-Vleteren (West-Vlaanderen). Firma Monument Vande-Kerckhove, 2018.

Ech-chakrouni, S., Hus, J. Archeomagnetische datering van een baksteenoven in Veurne (West-Vlaanderen). Firma Ruben Willaert, 2018.

Ech-chakrouni, S.: Premier rapport intermédiaire 2018. Convention SPW-DG04 – CPG de l'IRM, n° 17/16091, 2018.

Ech-chakrouni, S.: Rapport accord public-public AWaP-IRM, 2018.

Ech-chakrouni, S.: Rapport final 2017. Convention SPW-DG04 – CPG de l'IRM, n° 16/18861, 2018.

Ech-chakrouni, S.: Rapport final du projet RAPSCA 2018. Belspo, 2018.

Ghilain, N., Arboleda, A., Gellens-Meulenberghs, F.: Satellite Application Facility on Land Surface Analysis (LSA SAF): Algorithm Theoretical Basis Document for MTG Land SAF Evapotranspiration & Surface Heat Fluxes (ET&SF). 33 p, 2018.

Ghilain, N., Arboleda, A., Gellens-Meulenberghs, F.: Satellite Application Facility on Land Surface Analysis (LSA SAF): Validation Report - Evapotranspiration & Surface Fluxes (ET&SF v2). 23 p, 2018.

Hamdi, R.: Ecoprophet Annual report. 2018.

Hamdi, R.: RespiRIT Annual report. 2018.

Janssens, I., Balzarolo, M., ECOPROPHET project team: ECO-PROPHET activity report – 2nd year. 28 p, 2018.

Spasov, S. : Measurements of initial hysteresis curves of magnetic nanoparticle suspensions. Rapport technique dans le cadre du projet MagNaStand, novembre 2018.



6. RÉSUMÉS DE CONFÉRENCES ET POSTERS

Spassov, S., Ortega, D., RADIOMAG team : Final Achievement Report. Rapport final du projet COST Multifunctional Nanoparticles for Magnetic Hyperthermia and Indirect Radiation Therapy (RADIOMAG), décembre 2018.

Spassov, S.: Magnetic property measurements of dry magnetic nanoparticles. Rapport technique dans le cadre du projet MagNaStand, février 2018.

Termonia, P., Van Schaeybroeck, B., De Cruz, L., De Troch, R., Giot, O., Hamdi, R., Van Uytven, E.: Combining regional downscaling expertise in Belgium: CORDEX and beyond. Politique Scientifique Fédérale (Belgique) BELSPO, 2018.

Van Bever, J., Smet, G., Degrauwe, D.: Report on workflow analysis for specific LAM applications, Tech. rep., ESCAPE, 2018.

Vannitsem S., Crucifix M., Termonia P., Nicolis C., Demaeyer J., Mitsui T., Van Ginderachter M.: Improving the representation and prediction of climate processes through stochastic parameterization schemes. Final Report. 50 p, Belgian Science Policy Office, Brussels, 2018.

Verbeiren, B., van Griensven, A., HiWET project team: HiWET Activity report – 3rd year. 62 p, 2018.

Arboleda, A., Ghilain, N., Barrios, J. M., Gellens-Meulenberghs, F.: An improved version of the LSA-SAF evapotranspiration and new surface heat fluxes products. Poster at the Joint International Surface Working Group and Satellite Applications Facility on Land Surface Analysis (ISWG - LSA-SAF) Workshop Lisbon, Portugal, 26-28 June 2018.

Barrios, J. M., Ghilain, N., Arboleda, A., Gellens-Meulenberghs, F.: Towards sub-kilometer daily Evapotranspiration by exploiting Proba-V in surface energy balance modelling and Random Forest-based modelling. Presentation at PROBA-V Symposium. Ostend, Belgium, 29-31 May 2018.

Barrios, J. M., Ghilain, N., Arboleda, A., Gellens-Meulenberghs, F.: Daily Evapotranspiration at sub-kilometer spatial resolution by combining surface energy balance modelling and statistical downscaling. Poster at the Joint International Surface Working Group and Satellite Applications Facility on Land Surface Analysis (ISWG - LSA-SAF) Workshop Lisbon, Portugal, 26-28 June 2018.

Berckmans, J., Hamdi, R., Dendoncker, N., Ceulemans, R.: Bridging the gap between policy-driven land use changes and regional climate projections. Geophysical Research Abstracts Vol. 20, 2018.

Berckmans, J., Hamdi, R.: Designing mitigation strategies for Belgian cities in the near future under climate change and land use change. Geophysical Research Abstracts Vol. 20, 2018.

Cai, P., Hamdi, R., Luo, G., De Maeyer, P.: The climate effects of the city expansion in the arid area of China. Geophysical Research Abstracts Vol. 20, 2018.

Caluwaerts, S., Hamdi, R., Lauwaet, D., Berckmans, J., Degrauwe, D., De Troch, R., Duchêne, F., Maiheu, B., Vanginderachter, M., Verdonck, M., Wauters, G., Termonia, P.: Design of the MOCCA Network in the City of Ghent Based on High-resolution Urban Modelling. In 10th International Conference on Urban Climate, New York City, USA, 6-10 August 2018.

De Coster, N., Gonzalez Sotelino, L.: Prototyping a versatile, interoperable and gregarious (VIG) logger: early Stages. TECO WMO 2018.

De Cruz, L., Schubert, S., Demaeyer, J., Lucarini, V., Vannitsem, S.: Lyapunov instability study of high-dimensional atmospheric and climate models. EGU, Vienna, 8-13 April, 2018.

Demaeyer, J., Vannitsem, S.: Comparison of stochastic parameterizations in the framework of a coupled ocean-atmosphere model. EGU, Vienna, 8-13 April 2018.

Ech-chakrouni, S.: Archaeomagnetic Applications for the Rescue of Cultural Heritage in Africa. Conférence dans le cadre de : 24ème rencontre biennale de la Société des Archéologues Africanistes: Etablir des points de ave la passé Africain. Toronto, Canada, 19-21 juin 2018.



Publications scientifiques et conférences

Egli, R., Spassov, S.: Discrimination of ferri- and antiferromagnetic iron oxides and oxyhydroxides of pedogenic origin. Conférence dans le cadre de : XVIth Castle Meeting New trends on Rock Paleo and Environmental Magnetism. Chęciny, Pologne, 16 - 20 juin 2018.

Ghilain, N., Arboleda, A., Barrios, J. M., Gellens-Meulenberghs, F.: LSA-SAF ET&SF – version 2: monitoring evapotranspiration & surface heat fluxes over entire continents at kilometer scale in near-real time thanks to satellite data. Abstract Vienna, Austria, 8-13 April 2018.

Ghilain, N., Arboleda, A., Barrios, M., Gellens-Meulenberghs, F.: LSA-SAF ET&SF – version 2: an improved monitoring of evapotranspiration & surface heat fluxes thanks to the assimilation of vegetation and land surface temperature. Presentation at the Joint International Surface Working Group and Satellite Applications Facility on Land Surface Analysis (ISWG - LSA-SAF) Workshop Lisbon, Portugal, 26-28 June 2018.

Ghilain, N.: Mapping water and heat release from land surface over several continents thanks to geostationary satellites. Royal Meteorological Institute of Belgium seminar series, Brussels, Belgium, 29 March 2018.

Gonzalez Sotelino, L., De Coster, N., Beirinckx, P., Peeters, P.: Intercomparison of Shelters in the RMI AWS Network. TECO WMO 2018.

Hamdi, R.: First evaluation of ALARO-SURFEX over Xinjiang, China: A tool to study the interaction between oasis and urban areas within an arid mountains desert system. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, China, 21 August 2018.

Hamdi, R.: Resilient Cities : Lessons learned, progress, needs and challenges. International Conference on Adaptation Metrics for Agriculture, Water and Resilient Cities, Marrakech, Morocco, 26-27 October, 2018.

Maleki, M., Wieneke, S., Barrios, J.M., Liu, Q., Janssens, I., Balzarolo, M.: Identification of Novel Remote Sensed Based Indicators for Phenology. Abstract Vienna, Austria, 8-13 April 2018.

Martins, J., Trigo, I.F., Ghilain, N., Jimenez, C., Ermida, S., Göttsche, F.-M., Olesen, F., Arboleda, A., Gellens-Meulenberghs, F.: All weather LST product comparison. Poster at the Joint International Surface Working Group and Satellite Applications Facility on Land Surface Analysis (ISWG - LSA-SAF) Workshop Lisbon, Portugal, 26-28 June 2018.

Masson, V., Hamdi, R., Fortelius, C., Wichers, B., Tascu, S., Bucher, B., Bocher, E., Perrels, A., Van Schaeybroeck, B., Calvet, J.C., Lemonsu, A., Votsis, A., Hoarau, C., Petit, G., Van Velthoven, P., Cica, R.: RCLIM project: development of the Urban Climate Services. Geophysical Research Abstracts, Vol. 20, 2018.

Schertzer, D., Tchiguirinskaia, I., Vannitsem, S.: Multifractal Intermittency and Ensemble Prediction Systems. EGU, Vienna, 8-13 April 2018.

Smet, G.: Thunderstorm forecasting with the convection-permitting RMI-EPS and model error based stochastic perturbations. SRNWP-EPS II workshop on Probabilistic prediction of severe weather phenomena: role of physics perturbations, Barcelona, Spain, 24-25 October 2018.

Spassov, S.: Magnetic methods for retrieving information of the past geomagnetic field. Conférence dans le cadre de : OIC/ISNET International Workshop on Geomagnetism and Ionosphere. Sonmiani, Pakistan, 16 - 20 juin 2018.

Spassov, S., Egli, R., Marks, G., Steinhoff, U.: Uncertainty analyses of static measurements of induced magnetisation. Conférence dans le cadre de : XVIth Castle Meeting New trends on Rock Paleo and Environmental Magnetism. Chęciny, Pologne, 16.-20 juin 2018.

Van de Vyver, H., Van Schaeybroeck, B., Hamdi, R.: Qualitative climatological features of observed intense precipitation extremes over Western and Northern Europe. EMS Annual Meeting: European Conference for Applied Meteorology and Climatology. Budapest, Hungary, 3-7 September 2018.

Van de Vyver, H.: A multiscaling intensity-duration-frequency model for extreme precipitation. Geophysical Research Abstracts Vol. 20, 2018.

Van de Vyver, H., Van Schaeybroeck, B., Hamdi, R.: Qualitative climatological features of observed intense precipitation extremes over Western and Northern Europe. EMS Annual Meeting Abstracts Vol. 15, 2018.

Masson, V. et al. : URCLIM project: development of the Urban Climate Services. Geophysical Research Abstracts Vol. 20, 2018.

Coll, J.R., Aguilar, E., the INDECIS: Integrated approach for the development across Europe of user oriented climate indicators for GFCS high-priority sectors: agriculture, disaster risk reduction, energy, health, water and tourism (INDECIS). Geophysical Research Abstracts Vol. 20, 2018.

Van den Bergh, J., Roulin, E.: Member by member postprocessing of hydrological ensemble predictions. Geophysical Research Abstracts, Vol. 20, 2018.

Van Schaeybroeck, B., Hamdi, R., Duchêne, F., De Troch, R., Termonia, P., Caluwaerts, S.: Validation of a Computationally-cheap Dynamic Downscaling Approach for Urban Climate Simulations. In 10th International Conference on Urban Climate, New York City, USA, 6-10 August 2018.

Van Schaeybroeck, B., Hamdi, R., Duchêne, F., De Troch, R., Termonia, P., Caluwaerts, S.: Using the Urban Signature for Downscaling the Climate in Different European Cities. In EMS Annual Meeting Abstracts. Vol. 15. & European Conference for Applied Meteorology and Climatology, Budapest, Hungary, 3-7 September 2018.

Van Schaeybroeck, B., Termonia, P.: Presentation at Climate Change op de International Conference Climate and Cultures :



Perspectives for the Future. KAOW/ARSOM, Brussels, 23-24 May, 2018.

Van Schaeybroeck, B., Vannitsem, S.: Aspects of post-processing of long-range forecasts. EGU, Vienna, 8-13 April 2018.

Vannitsem, S., Ekemans, P.: Causal dependences between the coupled ocean-atmosphere dynamics over the Tropical Pacific, the North Pacific and the North Atlantic. EGU, Vienna, 8-13 April 2018.

5. CONFÉRENCES ET POSTERS SANS RÉSUMÉ

Altadill, D., Blanch, E., Juan, J.M., Paznukhov, V., Belehaki, A., Galkin, I., Buresova, D., Verhulst, T., Sanz, J.: Characterization of large scale TIDs by analysis of classical ionospheric data in European region. Pres. COSPAR Scientific Assembly, Pasadena, USA, 14-22 July 2018.

Belehaki, A., Reinisch, B., Galkin, I., Borries, C., Sanz, J., Zornoza, M.J., Altadill, D., Buresova, D., Mielich, J., Verhulst, T., Stankov, S., Haralambous, H.: HF-based TID nowcast methodology and its validation with GNSS-TEC analysis techniques. Proc. URSI Atlantic Radio Science Conference (AT-RASC), Gran Canaria, Spain, 28 May - 1 June 2018.

Bergeot, N., Alfonsi, L., Bageston, J. V., Burrell, A., Cliverd, M., Correia, E., Cilliers, P. J., De Franceschi, G., Gulisano, A.M., Hernandez-Pajares, M., Heygster, G., Høeg, P., Jee, G., Krankowski, A., Lee, C., Lester, M., Lichtenberger, J., Lyatsky, S., Marcucci, M.F., Di Mauro, D., Mitchell, C., Morton, J., Nakamura, T., Negusini, M., Paul, A., Pozoga, M., Prikryl, P., Romano, V., Jayachandran, P.T., Tiwari, A.K., Weatherwax, A., Zalozovski, A., Zou, S., Benoit, L., Brescani, C., Chevalier, J.-M., Lombardi, D., Van Malderen, R., Meyer, F.J., Pottiaux, E., Roma-Dollase, D., Spogli, L.: RESOURCE: an International Initiative for Radio Sciences Research on Antarctic Atmosphere. AGU Fall Meeting, Washington, USA, 10-14 December 2018.

Bourgeois, Q., Duguay-Tetzlaff, A., Stöckli, R., John, V., Lattanzio, A., Schulz, J., Hollmann, R., Trentmann, J., Clerbaux, N., Gellens-Meulenberghs, F., Ghilain, N., Urbain, M., Trigo, I.: Regional Land Fluxes TCDR within the EUMETSAT Climate Monitoring SAF: Surface Radiation Budget. Poster presented at the EUMETSAT Meteorological Satellite Conference, Tallinn, Estonia, 17-21 September 2018.

Bruffaerts N., Hoebeke L., Guilbert A., Cox B., Delcloo A., Van Nieuwenhuysse A., Hendrickx M.: Airborne pollen concentrations in Brussels (Belgium): long-term trends and health impact. ICA, Parma, Italy, 1 - 5 September 2018.

Camps, J., Gueibe, C., Rutten, J., Vidmar, T., Menneson, F., Delcloo, A., Deconninck, B.: Xenon Release Source Term Estimation Based on Near-range Monitoring and Atmospheric Dispersion Modelling. WOSMIP VII, Sydney, Australia, 3-7 December 2018.

De Bock, V., Mangold, A., De Backer, H., Delcloo, A.: UV measurements at Uccle, Belgium (1990-2018) and Utsteinen, Antarctica (2011-2018). European conference on solar UV monitoring, Vienna, Austria, 12-14 September 2018.

De Cruz, L., Reyniers, M., Delobbe, L., Foresti, L.: Blending high-frequency NWP precipitation forecasts in an ensemble nowcasting system : STEPS-ALARO. 10th European Conference on Radar in Meteorology and Hydrology, Ede-Wageningen, The Netherlands, 2018.

De Meutter, P., Camps, J., Delcloo, A., Termonia, P.: Source localisation of the Ru-106 detected in autumn 2017. NERIS workshop, Dublin, Ireland, 25 - 27 April 2018.



Publications scientifiques et conférences

De Meutter, P., Camps, J., Delcloon, A., Termonia, P.: Source localization of ruthenium-106 detections in autumn 2017 using inverse modelling. International Technical Meeting on Air Pollution Modelling and Its Application XXVI, Ottawa, Canada, 14 – 18 May 2018.

De Meutter, P., Delcloon, A., Camps, J., Deconinck, B., Termonia, P.: Simulating Xe-133 concentrations at IMS noble-gas-stations using stack emission data from medical isotope production facilities. WOSMIP VII, Sydney, Australia, 3-7 December 2018.

De Troch, R., Caluwaerts, C., De Cruz, L., Termonia, P., De Maeyer, P.: Central-Asia CORDEX climate runs. Ugent VSC Users Day, Brussels, 22 May 2018.

De Troch, R., Van Schaeybroeck, B., Termonia, P., Davis, A., Strubbe, D., Vanderhoeven, S., Groom, Q.: EURO-CORDEX climate data for the distribution modelling of invasive alien species. Climate Europe Festival, Belgrade, Serbia, October 2018.

Delcloon, A., De Meutter, P.: Uncertainty in Lagrangian dispersion modelling, using ECMWF's new ERA5 ensemble. ITM, Ottawa, Canada, 14 - 18 May 2018.

Delcloon, A., De Meutter, P.: Uncertainty quantification of Lagrangian dispersion modelling using ECMWF's ERA5 ensemble data within the framework of the ATM Challenge. NERIS workshop, Dublin, Ireland, 25 - 27 April 2018.

Delcloon, A., Laffineur, Q., De Backer, H.: Confusing situation of the European air traffic on October 2017: joint use of ceilometer measurements together with dispersion model output and CAMS forecasts are an asset for making critical decisions. EUNADICS-AV scientific conference, Rome, Italy, 19 June 2018.

Delcloon, A., Tuinder, O., Heue, K.P., Valks, P., Loyola, D.: Validation and quality assurance of GOME-2A and GOME-2B ozone profiles and tropospheric ozone column products in an operational context, using balloon sounding data. EUMETSAT conference, Tallinn, Estonia, 17 - 21 September 2018.

Delcloon, A.: Contribution of RMI to the Belgian Convention for Radiation Protection Research. Workshop to prepare 5-year work plan, SCK-CEN, Brussels, 1 March 2018.

Delobbe, L., Wilfert, S., Watlet, A., Van Camp, M.: Weather radar and superconducting gravimeter for estimating heavy rainfall. 10th European Conference on Radar in Meteorology and Hydrology, Ede-Wageningen, The Netherlands, 2018.

Galkin, I., Reinisch, B., Belehaki, A., Borries, C., Altadill, D., Sanz, J., Buresova, D., Verhulst, T., Mielich, J., Katamzi, Z., Haralambous, H.: TechTIDE: Warning and mitigation technologies for travelling ionospheric disturbance effects. Pres. COSPAR Scientific Assembly, Pasadena, USA, 14–22 July 2018.

Gerard, L.: Reconnecting cloud representations in Alaro-1. Joint 28th ALADIN Workshop & HIRLAM All Staff Meeting, Toulouse, France, 16-20 April 2018.

Gerard, L.: Use of MUSC to track an old hidden bug. Belgium National Poster at Joint 28th ALADIN Workshop and HASM 2018.

Hamdi, R., De Troch, R., Van Schaeybroeck, B., Termonia, P.: On the use of ALARO and SURFEX for regional climate modeling at RMI. UA Antwerpen, Belgium, 5th June 2018.

Hamdi, R.: Review of surface data assimilation in ALADIN/HIRLAM. Surface data assimilation workshop. Meteo-Romania, Romania, 19-20 September 2018.

Hamdi, R.: Urban micro-climate modeling. WIV, Brussels, Belgium, 16th February 2018.

Herenz, P., Wex, H., Mangold, A., Laffineur, Q., Gorodetskaya, I. V., Fleming, Z. L., Panagi, M., Stratmann, F.: Aerosol and CCN Properties and Sources in East Antarctica during Austral Summer. SCAR/IASC Open Science Conference, Davos, Switzerland, 19-23 June 2018.

Heue, K.P., Xu, J., Loyola, D., Valks, P., van Roozendael, M., Lerot, C., Lambert, J.C., Koukouli, M., Balis, D., Garane, K., Delcloon, A.: Total and Tropospheric ozone columns from S5P. European Geosciences Union General Assembly, Vienna, Austria, 8-13 April 2018.

Keppens, A., Lambert, J.C., Granville, J., Hubert, D., Verhoelst, T., Compennolle, S., Latter, B., Kerridge, B., Siddans, R., Boynard, A., Hadji-Lazaro, J., Clerbaux, C., Wespes, C., Hurtmans, D., Coheur, P.F., van Peet, J., van der A, R., Garane, K., Koukouli, M.E., Balis, D., Delcloon, A., Kivi, R., Stübi, R., Godin-Beekmann, S., Van Roozendael, M., Zehner, C.: Quality assessment and ground-based validation of Metop-A and Metop-B nadir ozone profile products. EUMETSAT conference, Tallinn, Estonia, 17 - 21 September 2018.

Klos, A., Van Malderen, R., Pottiaux, E., Alshawaf, F., Bock, O., Bogusz, J., Chimani, B., Domanikos, P., Elias, M., Gruszczynska, M., Guijarro, J., Zengin Kazanci, S., Ning, T., Tornatore, V.: Homogenization of tropospheric data: evaluating the algorithms under the presence of autoregressive process. IX Hotine-Marussi Symposium, Rome, 18-22 June 2018.

Laffineur, Q., Delcloon, A., Mangold, A., De Bock, V., De Backer, H.: Misidentification of smoke plumes over Europe: joint use of ceilometer measurements with dispersion model increases their identification. European Geosciences Union General Assembly, Vienna, Austria, 8-13 April 2018.

Lukach, M., Quibus, L., Vanhoenacker, D., Delobbe, L.: Rain attenuation at Ka-Band estimated from weather radar observations. 10th European Conference on Radar in Meteorology and Hydrology, Ede-Wageningen, The Netherlands, 2018.

Mangold, A., Laffineur, Q., Delcloon, A., Hermans, C., Hendrick, F., Gossart, A., Souverijns, N., Herenz, P., Wex, H., Van Lipzig, N., De Backer, H.: Aerosol variability linked to clouds and precipitation in the Sor Rondane area. SCAR/IASC Open Science Conference, Davos, Switzerland, 19-23 June 2018.



Mangold, A., Laffineur, Q., Van Malderen, R., Hermans, C., Nys, K., Verbruggen, M., De Backer, H.: Total ozone, UV and radio sounding measurements in the Sør Rondane Mountains. SCAR/IASC Open Science Conference, Davos, Switzerland, 19-23 June 2018.

Merlaud, A., Pinardi, G., Delcloc, A., Dimitropoulou, E., Hendrick, F., Van Roozendaal, M.: Using CHIMERE to reduce the NO₂ and H₂CO horizontal representativeness errors between GOME-2 and MAX-DOAS dat. EUMETSAT conference, Tallinn, Estonia, 17 - 21 September 2018.

Moutier, W., Ghilain, N., Urbain, M., Clerboux, N., Gellens-Meulenberghs, F., Arboleda, A., Barrios, M., Bourgeois, Q., Duguay-Tetzlaff, A., Stöckli, R., Trigo, I., Johns, V., Lattanzio, A., Schulz, J., Akkermans, T.: Regional Land Fluxes TCDR within the EUMETSAT Climate Monitoring SAF: Evapotranspiration and Latent and Sensible Heat Fluxes. Poster presented at the EUMETSAT Meteorological Satellite Conference, Tallinn, Estonia, 17-21 September 2018.

Poelman, D., Delobbe, L.: Producing convection daily maps based on OPERA composite and EUCLID lightning data. 10th European Conference on radar in Meteorology and Hydrology, Ede-Wageningen, the Netherlands, 2018.

Poelman, D., Schulz, W., Pedebay, S.: Performance validation of a ground strike point algorithm. European Lightning Detection Workshop, Warsaw, Poland, 2018.

Reyniers, M., Brabant, R., Lukach, M., Schmid, B., Boos, M.: Comparison of onshore and offshore bird migration by different radar systems near the Belgian coast. 10th European Conference on Radar in Meteorology and Hydrology, Ede-Wageningen, The Netherlands, 2018.

Smet, G., Termonia, P.: Storm forecast tool. RMI-Elia workshop, RMI, Brussels, Belgium, 11 October 2018.

Souverijns, N., Gossart, A., Lhermitte, S., Gorodetskaya, I. V., Kneifel, S., Maahn, M., Bliven, F. L., Mangold, A., Laffineur, Q., Delcloc, A., Van Lipzig, N.: Snowfall rate retrieval and its relation with the Antarctic surface mass balance. European Geosciences Union General Assembly, Vienna, Austria, 8-13 April 2018.

Souverijns, N., Gossart, A., Lhermitte, S., Gorodetskaya, I.V., Kneifel, S., Maahn, M., Bliven, F.L., Mangold, A., Laffineur, Q., Delcloc, A., van Lipzig, N.P.M.: Snowfall Rate Retrieval and its Relation with the Antarctic Surface Mass Balance. Polar 2018, Davos, Switzerland, 18-26 June 2018.

Spasov, S., Ortega, D., RADIOMAG team: RADIOMAG – Four years of European cooperation on magnetic field hyperthermia therapy. Conférence dans le cadre de : MagNaStand stakeholder meeting, Teddington (Royaume-Uni), 27 novembre 2018.

Spasov, S.: M(H) measurements of Micromod particles. Conférence dans le cadre de : MagNaStand mid-term project meeting, Teddington (Royaume-Uni), 26 novembre 2018.

Tuinder, O., Delcloc, A., Hess, M.: Status of Metop/GOME-2 vertical ozone profiles. EUMETSAT conference, Tallinn, Estonia, 17 - 21 September 2018.

Van Lil, E., Van Malderen, R.: On the worst case trajectories of microwave links above Belgium. 2nd URSI Atlantic Radio Science Meeting, Gran Canaria, 28 May – 1 June 2018.

Van Malderen, R., Berckmans, J., Pottiaux, E., Pacione, R.: Evaluation of the atmospheric water vapor content in the regional climate model ALARO-0 using GNSS observations from EPN Repro2. European Geosciences Union General Assembly, Vienna, Austria, 8-13 April 2018.

Verhoelst, T., Hubert, D., Keppens, A., Granville, J., Van Roozendaal, M., Lambert, J.-C., Balis, D., Garane, K., Koukoulis, M., Pazmino, A., Goutail, F., Pommereau, J.-P., Delcloc, A., Kivi, R., Stübi, R., Retscher, C. and Zehner K.: Continuous Ground-based Assessment of the Stability of ESA's Ozone_cci and EC's C3S O3 Column and Profile Climate Data Records. ATMOS conference, Salzburg, Austria, 26-29 November 2018.

Verhulst, T., Altadill, D., Galkin, I., Blanch, E., Stankov, S., Reinisch, B., Kozlov, A., Belehaki, A.: Improving signal-to-noise ratio in oblique ionosonde soundings using new hardware capability of the DP54D ionosonde. Proc. URSI Atlantic Radio Science Conference (AT-RASC), Gran Canaria, Spain, 28 May – 1 June 2018.

Verhulst, T., Stankov, S.: Ionospheric disturbances due to the 2017 American solar eclipse detected at a European observatory. Proc. URSI Atlantic Radio Science Conference (AT-RASC), Gran Canaria, Spain 28 May – 1 June 2018.

Verhulst, T., Stankov, S.: The importance of the three-dimensional geometry of solar eclipses for analysis of the impact on the ionosphere. Pres. COSPAR Scientific Assembly, Pasadena, USA, 14-22 July 2018.

Verhulst, T.G.W.: New opportunities for ionospheric research and applications made possible by modern ionosondes. 2nd OIC Workshop on Geomagnetism and Ionosphere, Sonmiani, Pakistan, 10-17 November 2018.

Verstraeten, W., Dujardin, S., Hoebeke, L., Hendrickx, M., Sofiev, M., Delcloc, A.: Assessing birch pollen levels in Belgium by integrating spaceborne observations of vegetation activity into an air mass transport model. European Geosciences Union General Assembly, Vienna, Austria, 8-13 April 2018.

Verstraeten, W., Folkert, K.F., Boersma, J., Williams, J., Eskes, H., Delcloc, A.: NO_x emissions of European cities derived from modelled and spaceborne tropospheric NO₂ columns. European Geosciences Union General Assembly, Vienna, Austria, 8-13 April 2018.

Wagner, T., Beirle, S., Dörner, S., Wang, Y., Loyola, D., Van Malderen, R.: Global maps of water vapor trends and correlation of the water vapor distribution to different teleconnection indices derived from 20 years of combined GOME-SCIAMACHY-GOME-2 observations. European Geosciences Union General Assembly, Vienna, Austria, 8-13 April 2018.

6. PRÉSENTATIONS EN TANT QU'“INVITÉ”

Vannitsem, S.: Ocean-Atmosphere coupling and long-term predictability. Workshop on Nonequilibrium Systems in Physics, Geosciences, and Life Sciences. ICTP, Trieste, Italy, 14-25 May 2018.

Vannitsem, S.: Is ocean surface wind stress key in the long term predictability of the atmosphere? IUTAM Workshop on Stochastic approaches to transitions in fluid flows, Ithaca, NY, USA, 12-14 Sept 2018.

Vannitsem, S.: Is ocean surface wind stress key in the long term predictability of the atmosphere? Workshop Dynamical Systems in Atmospheric Sciences. Paris, France, 8-9 October 2018

7. THÈSES EN VUE DE L'OBTENTION DU GRADE DE DOCTEUR

De Bock, V.: Analysis and interpretation of Aerosol Optical Depth values retrieved from a Brewer spectrophotometer at Uccle, Belgium. Université libre de Bruxelles, Faculté des Sciences – Chimie, Bruxelles, 2018.

De Meutter, P.: Uncertainty Quantification in Long-range Lagrangian Atmospheric Transport and Dispersion Modelling. Ghent, Belgium: Ghent University. Faculty of Sciences, 2018.

8. FORMATIONS

Trainer: Ghilain, N.: Training course on the use of satellite products for drought monitoring and agro-meteorological applications, WMO/ EUMETSAT, 22-25 October 2018.







ALADIN : Aire Limitée, Adaptation dynamique, Développement InterNational

ALARO : Version d'ALADIN à haute résolution

AWS : Automatic Weather Station

BELLS : Belgian Lightning Location System

Belspo : BELgian Science POLicy

CFC : Chlorofluorocarbure

CORDEX : Coordinated Regional climate Downscaling Experiment

COSPAR : Committee on Space Research

COST : European COoperation in Science and Technology

ECMWF : European Centre for Medium-range Weather Forecast

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

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

INCA-BE : Integrated Nowcasting through Comprehensive Analysis-BELgium

IRM : Institut Royal Météorologique de Belgique

KNMI : Koninklijk Nederlands Meteorologische Instituut

KULeuven : Katholieke Universiteit Leuven

LIDAR : Light Detection And Ranging

NASA : National Aeronautics and Space Administration

NOAA : National Oceanic and Atmospheric Administration
NWP : Numerical Weather Prediction

SAF : Satellite Application Facility

SAFIR : Système d'Alerte Foudre par Interferometrie Radioélectrique

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

STEPS-BE : Short Term Ensemble Prediction System-BELgium

STOCHCLIM : Stochastic Climatology, Projet Brain-Be

SURFEX : SURface EXternalisé

SWPC : Space Weather Prediction Center

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

Ugent : Université de Gand

ULg : Université de Liège

WOW-BE : Wheather Observation Website - Belgium



INSTITUT ROYAL MÉTÉOROLOGIQUE DE BELGIQUE
RAPPORT ANNUEL 2018

WWW.METEO.BE