



INSTITUT ROYAL MÉTÉOROLOGIQUE DE BELGIQUE

RAPPORT ANNUEL
2017



CHERS LECTEURS,

2017 a été marquée par plusieurs phénomènes météorologiques remarquables : une saison des ouragans très soutenue, des valeurs d'indice UV élevées et la fin d'une période de sécheresse problématique qui a duré un peu plus d'un an. Cette sécheresse a d'ailleurs donné lieu à la mise en ligne d'une nouvelle rubrique de notre site web grâce à laquelle les utilisateurs peuvent suivre au jour le jour les observations mais aussi les prévisions d'un éventuel déficit hydrique comme d'un surplus de précipitations dans le pays. L'année 2017 a également été l'occasion de se rappeler de deux grandes catastrophes qui se sont produites il y a 50 ans, l'incendie de l'Innovation au centre de Bruxelles et la tornade qui a ravagé Oostmalle.

Toujours dans le but d'améliorer l'accès à ses services et grâce à un partenariat avec l'Institut Royal Météorologique des Pays-Bas (KNMI) et le service de météorologie du Luxembourg (MeteoLux), notre application mobile fournit à présent des observations, des prévisions et des avertissements pour tout le BENELUX.

Une plateforme participative d'observations météo, WOW-BE, a en outre été rendue opérationnelle à la fin 2017. Toute personne ou école possédant une station météo automatique peut la lier à notre plateforme et ainsi partager ses observations en temps réel via internet. Grâce au lancement de ce portail, l'IRM fait un premier pas dans la direction du «crowdsourcing» et de la science participative, dans laquelle le citoyen prend une part active et contribue à la recherche scientifique.

La recherche en modélisation météorologique et climatique a de nouveau été très active à l'IRM en 2017, grâce à de nombreuses collaborations nationales et internationales parmi lesquelles le savoir-faire de notre Institut a pu être une fois de plus reconnu et apprécié. En particulier, la réunion concernant les résultats du projet CORDEX-BE (projet BRAIN de BELSPO) a permis de réunir les parties prenantes concernées par la mise en ligne de scénarios climatiques à l'échelle de la Belgique et leur utilisation dans les premiers services climatiques. Dans un domaine plus théorique, le workshop du projet STOCHCLIM organisé à l'IRM avait pour but de montrer des voies pour améliorer les méthodes de prévisions probabilistes ainsi que les simulations climatiques.



Au niveau national, notre collaboration avec le SCK-CEN (le Centre d'étude de l'Énergie Nucléaire) a pu mettre en évidence le rôle clé que l'IRM joue pour la sécurité de la population lorsque la source d'une fuite de ruthenium-106 a pu être localisée en Russie grâce à notre modèle de dispersion atmosphérique. Ce rôle sécuritaire est d'ailleurs en constante activité et évolution de par nos collaborations avec le Centre de Crise fédéral et les nombreux acteurs provinciaux et régionaux en la matière.

De manière plus spécifique, le Centre de Physique du Globe de l'IRM à Dourbes prend depuis quelques années une part active dans l'amélioration des traitements contre le cancer et une percée dans le domaine des microparticules magnétiques a pu être réalisée en 2017.

L'IRM a eu l'honneur de recevoir plusieurs visites officielles en 2017 : Madame la Secrétaire d'Etat Zuhail Demir a pu se rendre compte du travail effectué par l'IRM au niveau de la recherche sur le changement

climatique et de l'effort placé dans les avertissements météorologiques à la population. Elle a également visité le Centre de Physique du Globe, très peu connu du grand public mais pourtant renommé dans le milieu scientifique international.

Enfin, l'IRM a poursuivi ses efforts écologiques : l'Institut à Uccle, les stations météo, les radars et le Centre de Géophysique, sont alimentés depuis 2017 exclusivement par de l'énergie «verte».

En vous souhaitant une bonne lecture.

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





DES VALEURS D'UV ÉLEVÉES MESURÉES EN 2017

Lors des printemps et été 2017, des valeurs exceptionnellement élevées d'indice UV ont été mesurées à plusieurs reprises à Uccle. Cela fut particulièrement le cas lors du week-end de l'Ascension (25 – 28 mai), ainsi que lors de plusieurs jours en juin. Les valeurs d'UV mesurées pour ces journées ont été comparées aux valeurs statistiques journalières (calculées sur base des données mesurées entre 1990 et 2016). Les résultats de ces comparaisons se trouvent dans le Tableau 1. Il ressort de ce Tableau 1 que la valeur maximale journalière de la période 1990-2016 a été dépassée lors de 10 jours sur 13.

Qu'est-ce qui a provoqué cette valeur remarquable d'UV en 2017 ?

Une valeur extrêmement élevée (selon les normes belges) a été mesurée le dimanche 11 juin, avec un indice UV de 9.1. L'indice UV est toujours assez élevé à la mi-juin/juillet (voir Figure 1), mais des valeurs supérieures à 9 n'ont été enregistrées que 2 fois sur notre période de mesures (1990-2017), les 24/06/2016 et 11/06/2017. Cette valeur extrême fut le résultat de la combinaison de valeurs d'ozone relativement basses et d'une nébulosité éparses. L'ozone absorbe une partie du rayonnement UV-b du Soleil, si bien que, puisque peu d'ozone était présent dans l'atmosphère ce jour-là, une plus grande quantité d'UV-b a pu atteindre la surface de la Terre. Il faut ajouter à cela la position élevée du Soleil dans le ciel (typique pour cette période de l'année) ainsi que la présence d'une nébulosité éparses qui a réfléchi une quantité supplémentaire d'UV-b vers la surface, entraînant la valeur de l'indice UV vers le haut.

Jour	Indice UV observé	Valeur mesurée la plus élevée (1990-2016)
25 mai	6.8	6.7
26 mai	7.0	7.1
27 mai	7.2	6.9
28 mai	6.8	7.0
10 juin	8	7.5
11 juin	9.1	7.5
14 juin	7.6	7.5
18 juin	8.2	7.1
19 juin	7.6	7.4
21 juin	7.6	7.8
23 juin	7.7	7.3
25 juin	8.6	8.3
26 juin	7.9	7.4

Tableau 1 : Indice UV mesuré en comparaison avec la valeur journalière la plus élevée mesurée sur la période 1990-2016 à Uccle.

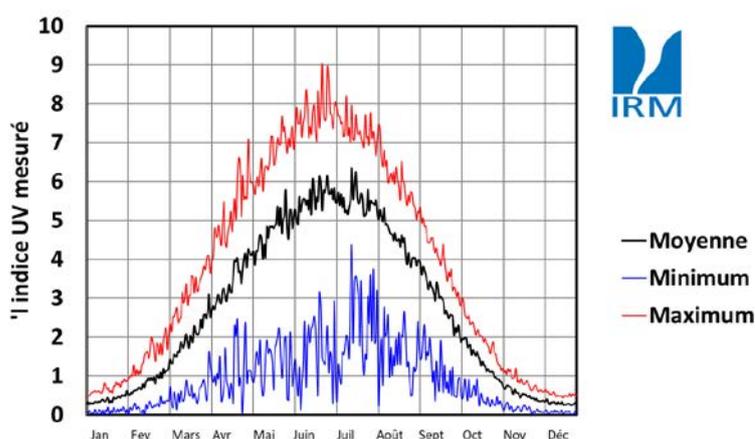
l'indice UV quotidien moyen à Uccle
(1990-2016)

Figure 1 : Aperçu de l'indice UV moyen, maximum et minimum observé à Uccle sur la période 1990-2016. Les valeurs journalières normales ont été calculées en moyennant sur la période 1990-2016. Par exemple, la valeur moyenne du 1 janvier = valeur du 1 janvier 1990 + valeur du 1 janvier 1991 + ... + valeur du 1 janvier 2016 / par le nombre d'années. Les valeurs maximales et minimales sont respectivement les valeurs les plus hautes et les plus basses observées pour 1 jour, sur la période 1990-2016. Il faut cependant ajouter que des observations par temps nuageux font partie de cette base de données. En cas de ciel nuageux, la valeur d'indice UV enregistrée sera généralement plus faible que si elle avait été enregistrée par ciel complètement dégagé.

Pourquoi le rayonnement UV est-il dangereux ?

A court terme, une surexposition au rayonnement UV peut conduire à un coup de soleil, non seulement inconfortable et douloureux, mais aussi malsain pour la peau. Les conséquences néfastes à long terme du rayonnement UV sont le vieillissement anticipé de la peau et des chances accrues de développer une inflammation ainsi qu'un cancer de la peau. Il est non seulement important de protéger votre peau, mais vos yeux aussi peuvent être affectés sur le long terme. Le rayonnement UV peut être la cause d'un certain nombre d'affections des yeux, comme la cataracte.

L'indice UV a été créé par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) afin d'informer le public sur les prévisions d'intensité UV. Une définition des intensités de l'indice UV se trouve dans le Tableau 2. L'IRM publie quotidiennement des prévisions de l'indice UV pour les trois prochains jours sur son site web.

Indice UV	Intensité UV	Brûlure de la peau
<2	Très faible	Pas de risque
2-4	Faible	Réaction lente
4-6	Modérée	Brûlure facilitée
6-8	Elevée	Coup de soleil rapide !
8-10	Très élevée	Risque extrême !

Tableau 2 : Les valeurs d'indice UV et leur effet sur votre peau

Quels facteurs influencent l'indice UV ?

1. La hauteur du soleil : plus le soleil est élevé dans le ciel, plus le rayonnement UV-B atteindra la surface de la terre. La hauteur du soleil dépend de l'heure de la journée et de la période de l'année ainsi que de l'endroit où vous vous trouvez.

2. La couverture nuageuse : en général, la présence de nuages va contribuer à ce qu'il y est moins de rayons UV-B atteignant la surface de la terre. Ce-



pendant, dans certains cas (lorsque les nuages sont épars), il est également possible que le rayonnement UV-B se reflète sur les bords des nuages permettant à plus de rayonnement UV-B d'atteindre la surface de la terre.

3. La hauteur à laquelle vous vous trouvez : plus vous vous trouvez haut, plus court est le chemin que les rayons UV-B doivent parcourir dans l'atmosphère et moins le rayonnement UV-B sera affaibli.

4. La quantité totale d'ozone dans l'atmosphère : l'ozone est bien connu pour absorber le rayonnement UV-B. En d'autres termes, plus il y a de l'ozone dans l'atmosphère, moins de rayonnement UV-B atteindra la surface de la terre.

5. Les propriétés réfléchissantes (l'albédo) de l'environnement : nous entendons par là dans quelle mesure la surface de la terre peut refléter le rayonnement UV-B rentrant. Certaines surfaces (telles que la neige et le sable clair) ont la propriété d'être hautement réfléchissantes (albédo élevé) et augmentera l'indice UV par réflexion supplémentaire des rayons UV-B.

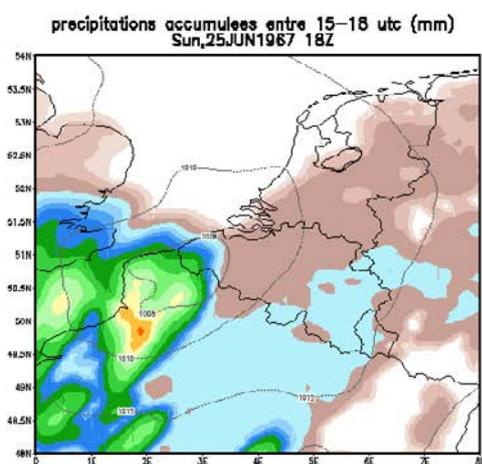
6. Les aérosols (particules) : quand il y a des aérosols dans l'atmosphère, dans la plupart des cas, ceux-ci absorberont le rayonnement UV-B ce qui diminuera l'indice UV.

DEUX COMMÉMORATIONS :

1967-2017 : LA TORNADE D'OOSTMALLE

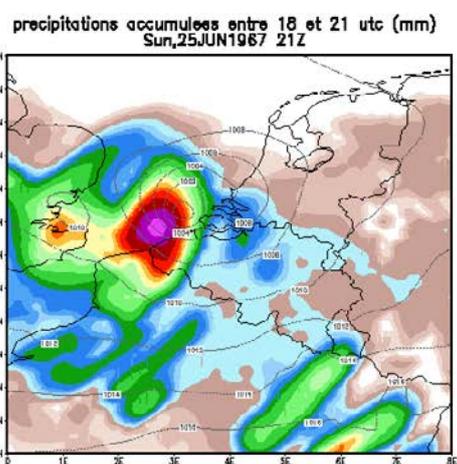
Ce dimanche 25 juin 2017 vers 16h15, cela fera précisément 50 ans (c'était aussi un dimanche) qu'une puissante tornade s'abattait sur Oostmalle (province d'Anvers) et y provoquait d'énormes dégâts. Il y eut également de nombreux blessés graves. Cette tornade était liée à un complexe orageux sévère qui avait déjà provoqué une tornade la veille au soir à Pommereuil dans le nord de la France, où 12 personnes avaient perdu la vie. Après une nuit plus calme, ce complexe orageux avait retrouvé toute sa vigueur au-dessus de notre pays. Vers 15h00, une tornade était signalée à Dikkebus (Ypres) mais c'est le village de Boezinge (Ypres) qui fut touché et de nombreux blessés et dégâts aux habitations furent signalés.

Sur les cartes météo reconstituées ci-dessous, on remarque une grande zone de basse pression qui remonte du nord-ouest de la France. A cette époque, nous ne disposons pas d'autant de stations de mesure que maintenant, et les stations disponibles ne mesuraient pas autant de paramètres qu'actuellement. Les mesures que nous recevions étaient aussi 3-horaires et non horaires. La station officielle la plus proche d'Oostmalle était celle de l'aéroport de Deurne. Sur les tableaux ci-après, la vitesse moyenne



©4DS. COLA/RES

2017-06-17-13:38 ©4DS. COLA/RES



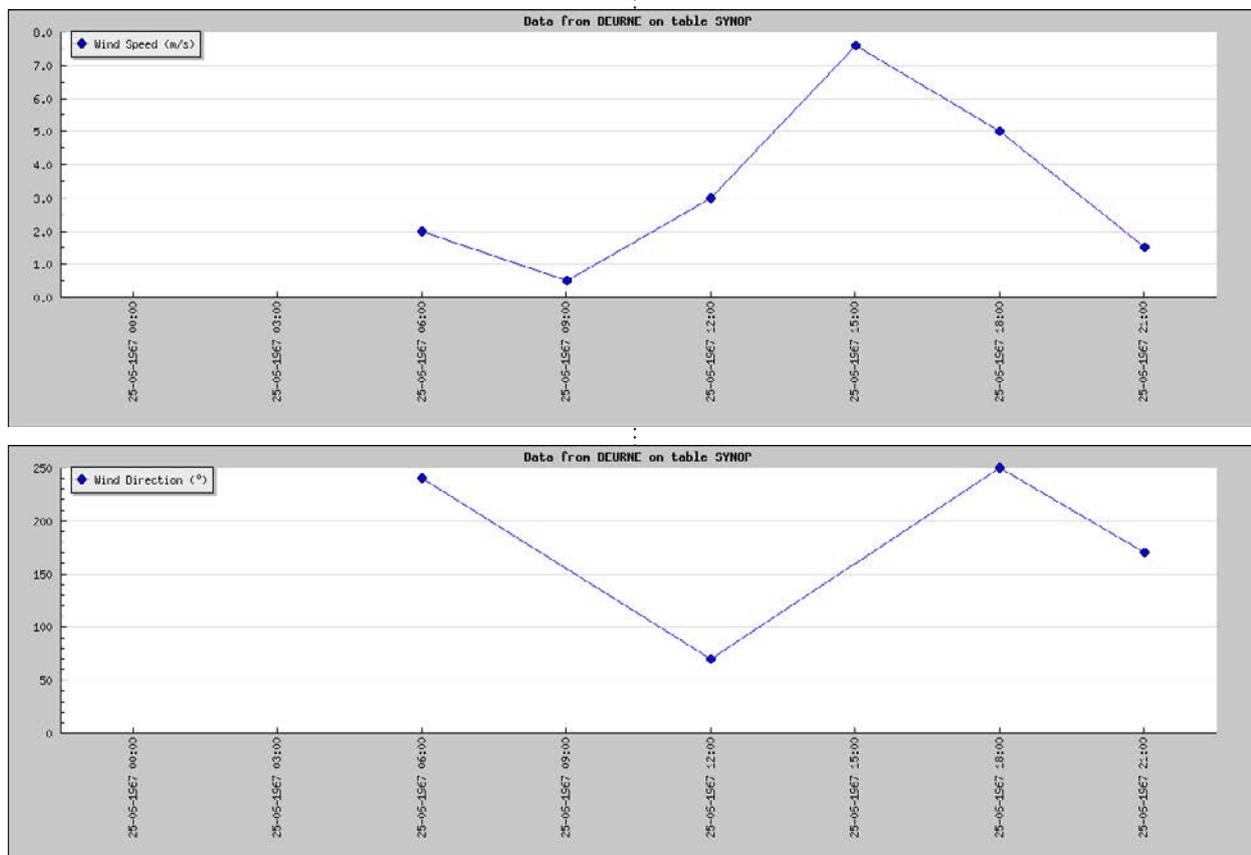
2017-06-17-13:41

Cartes météo reconstituées du 25 juin 1967.

maximale passe subitement à 8 m/s vers 15h, mais le changement de direction du vent est aussi très important : à 12h UTC (alors 13h heure locale, l'heure d'été n'ayant été introduite qu'en 1977) un vent faible soufflait d'est-nord-est, mais vers 18h UTC, le secteur du vent change complètement pour provenir d'ouest-sud-ouest. Ceci indique qu'une zone de basse pression secondaire a accompagné la première vers notre territoire (les simulations de modèles réalisées plusieurs décennies plus tard l'ont prouvé). Ce changement de direction du vent est souvent (pas systématiquement) observé lorsque des tornades se produisent. Beaucoup de cisaillement du vent (càd les variations du vent avec l'altitude) est la cause de la présence de fortes rafales pendant les orages.

Nous avons essayé de reproduire les conditions de

l'événement à l'aide d'un modèle atmosphérique. Une deuxième dépression plus petite s'est dirigée du nord-ouest de la France vers la Mer du Nord (et avait été confirmée sur les cartes météo de l'époque). Une zone active et étendue de précipitations et d'averses orageuses accompagnait cette zone de basse pression. Le modèle annonçait les averses actives avec plusieurs heures de retard sur la réalité, mais ceci nous a permis d'avoir une image assez parlante de la situation météorologique de cette journée. Comme nous l'avons déjà cité, il ne faut pas oublier que nous disposons de beaucoup moins d'observations au sol servant de point de calcul de départ aux modèles, qu'à l'heure actuelle.





Ce puissant orage s'est alors dirigé vers le nord-est du pays et a atteint la Campine anversoise une heure plus tard. Malgré les moyens d'observation limités de l'époque, nous sommes cependant certains que la tornade de Flandre occidentale et de Campine sont deux phénomènes distincts, bien que couplés au même système météorologique. Nous avons pu en conclure ceci car aucune trace connue n'existe d'une trajectoire de dégâts qui relierait la Flandre occidentale à la Campine anversoise.

Oostmalle célébrait entre autres ce jour-là le baptême d'un septième fils d'une même famille dans la maison communale, où le Roi, traditionnellement parrain de l'enfant, était représenté par le bourgmestre de l'époque. Quand, tout-à-coup, les gens ont vu par les fenêtres des panneaux, des planches et des morceaux de maison voler à l'horizontale. L'église s'est alors effondrée et les tourelles se sont brisées. Les témoins ont parlé d'une catastrophe qui n'a duré que quelques minutes. Certains se sont réfugiés dans des cabines téléphoniques pour ensuite être éjectés sur la rue, sous les yeux des personnes qui se trouvaient déjà par terre. Une friterie située non loin de l'église détruite fut soufflée 40 m plus loin. Le chauffeur de la voiture de cérémonie qui avait amené le nouveau-né et sa famille à l'hôtel de ville a vu sa voiture s'élever et se reposer au sol.



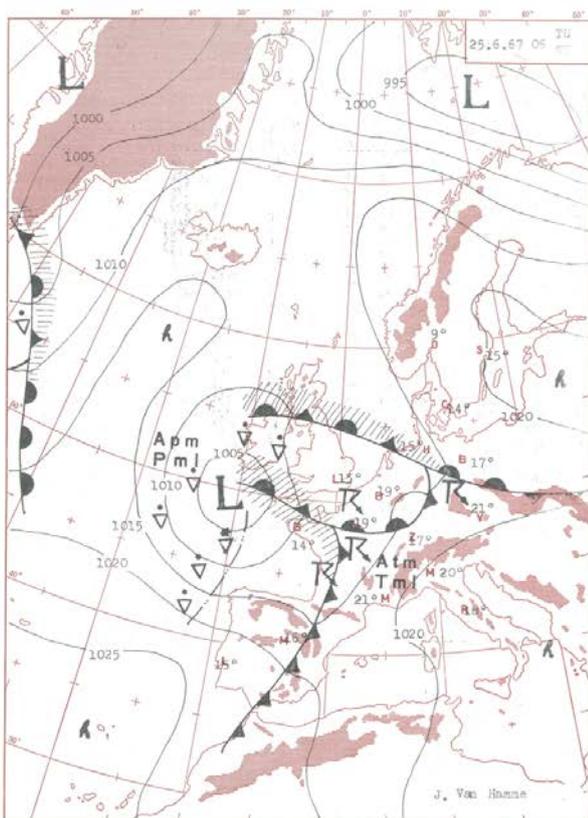
Vue du ciel d'Oostmalle après le passage de la tornade.

Les tornades ne sont pas exceptionnelles dans notre pays. On estime qu'il s'en produit environ 5 à 10 par an, mais on ne peut le confirmer que par les dégâts observés. Si une tornade se produit au-dessus d'une forêt pendant la nuit, dans une région à faible densité de population, il y a de fortes chances que celle-ci passe inaperçue. L'estimation de 5 à 10 tornades par an est donc certainement en dessous de la réalité. Cependant, la puissance de la tornade d'Oostmalle était exceptionnelle et fait d'elle la tornade la plus dévastatrice en Flandres depuis la deuxième Guerre mondiale avec, à en juger par le type de dégâts, des rafales de plusieurs centaines de km/h. L'on se souvient également de la tornade du 20 septembre 1982 qui avait dévasté le village de Légglise.



Crédits Le Soir

Le bulletin météo de l'IRM de l'époque faisait mention d'orages, mais pas de tornades, car il est impossible de les prévoir avec précision. De nos jours, nous sommes en mesure de mieux repérer les situations lors desquelles les tornades et les très fortes rafales de vent se produisent qu'auparavant. Il n'est, par contre, pas encore possible de pouvoir prédire avec suffisamment de précision quelle commune, à quelle heure et avec quelle force une tornade risque de frapper. Ces phénomènes se produisent de manière trop locale et sur une durée très courte, et ne sont pas encore bien compris par les scientifiques.



Carte synoptique du 25 juin 1967 06h UTC

Quoi qu'il en soit, l'IRM suit de très près les cellules orageuses dangereuses et lance des avertissements de niveau orange (ou rouge si nécessaire) accompagnés de bulletins météo horaires détaillés, qui seront rapidement diffusés en radio, sur notre site web et par le Centre de Crise fédéral, via les Régions concernées.

22 MAI 1967 : L'INCENDIE DE L'INNOVATION RUE NEUVE

Parmi les nombreuses missions auxquelles répond le service de climatologie de l'IRM, figure la fourniture de données à la justice en lien avec la situation météorologique observée lors de catastrophes, qu'elles soient par exemple ferroviaires, routières, aériennes

OBSERVATIONS SYNOPTIQUES BELGES - BELGISCHE SYNOPTISCHE WAARNEMINGEN

Stat.	WV	PPP	dd	ff	TT	T _d	T _e	C _h	C _M	C _H	II	RA
25.6.1967 - GG = 18												
408	17	1015	ENE	08	16	16	17	Sc	4	-	-	0
431	29	1014	NE	16	20	18	24	Sc	5	-	-	1
447	05	1010	NNE	07	22	19	27	Sc	5	Ac	-	0,5
480	02	1013	E	06	27	20	30	0	9	Ac	-	0
482	28	1016	SSW	04	24	18	26	Sc	5	-	-	0,5
495	02	1012	SSW	02	23	16	25	0	9	0	Cl	0
25.6.1967 - GG = 06												
408	01	1015	WSW	02	16	14	16	0	9	Ac	0	0
431	02	1016	W	05	14	14	14	Sc	5	-	-	0
447	10	1018	WSW	08	19	18	16	St	3	-	-	0
480	02	1010	E	08	20	17	17	0	9	Ac	0	0
482	02	1017	SSE	02	19	17	15	0	9	Ac	0	0
495	02	1018	S	02	16	16	16	0	9	0	0	0

SITUATION ATMOSPHERIQUE GENERALE d'après la carte du 25.6.1967 à 06 h T.U.
La zone de basse pression, centrée au SW de l'Irlande, dirige sur l'ouest de l'Europe des courants subtropicaux avec forte tendance orageuse.

ALGEMENE LUCHTGESTELDHEID volgens de kaart van 25.6.1967 te 06 h W.T.
Het gebied van lage luchtdruk, met middelpunt ten SW van Ierland, zendt over West-Europa subtropische luchtcstromingen met sterke onweersneiging.

TEMPS PRESUME POUR LE 26.6.1967.

Vent: faible à modéré de SE à S. Humidité variable avec orages surtout l'après-midi et la soirée. Brumeux avec brouillards locaux le matin. Minimums de 14° à 18°; maximums de 22° à 27°.

WEERSVERWACHTING VOOR 26.6.1967.

Zwakke tot matige SE tot S-wind. Veranderlijke bewolking met onweders vooral 's namiddags en 's avonds. Nodelig met plaatselijk mist 's morgens. Minimum van 14° tot 18°; maximum van 22° tot 27°.

où qu'il s'agisse d'incendies aux conséquences dramatiques. La neige, le gel, le brouillard, le vent, le verglas, la chaleur, les pluies abondantes ou la foudre, sont autant d'éléments météorologiques qui peuvent intervenir dans le déroulement d'une catastrophe, la provoquer parfois, ou en aggraver les conséquences.

L'IRM a donc fourni à la justice les relevés météorologiques réalisés en région bruxelloise lors de l'après-midi et le début de la soirée du 22 mai 1967, marqué par l'incendie de « l'Innovation ».

Batiment Horta. Rue Neuve à Bruxelles. Auteur inconnu, 1901

Nous avons retrouvé dans nos archives un document inédit en lien avec cette catastrophe. Il s'agit d'une copie de la lettre envoyée par le directeur de l'IRM au Juge d'Instruction de Brabant.



Il ressort principalement de ce rapport que le ciel était couvert à très nuageux avec de la pluie faible qui est tombée de façon quasi continue jusqu'à 16h30 environ. La vitesse moyenne du vent s'est située entre 12 et 15 km /h avec une pointe à 7,2 mètres par seconde (26 km/h) vers 13h20. Une vitesse du vent qualifiée de modérée.

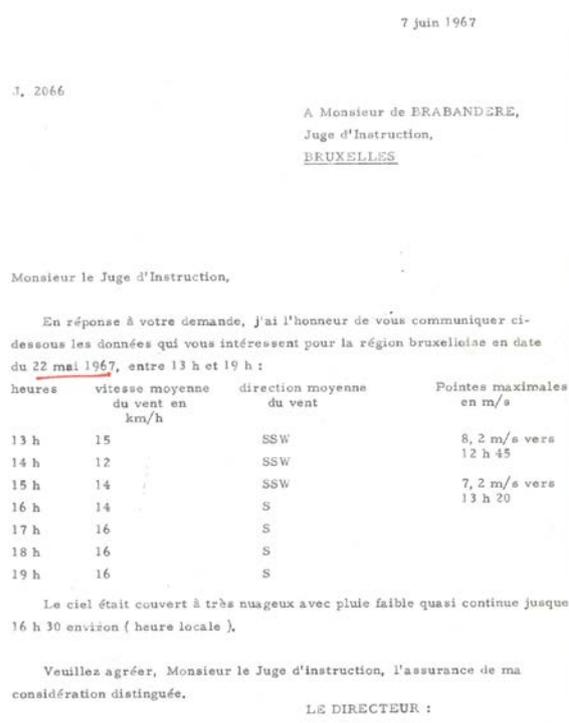


Batiment Horta. Rue Neuve à Bruxelles. Auteur inconnu, 1901

Nous avons retrouvé dans nos archives un document inédit en lien avec cette catastrophe. Il s'agit d'une copie de la lettre envoyée par le directeur de l'IRM au Juge d'Instruction de Brabandere.

Il ressort principalement de ce rapport que le ciel était couvert à très nuageux avec de la pluie faible qui est tombée de façon quasi continue jusqu'à 16h30 environ. La vitesse moyenne du vent s'est située

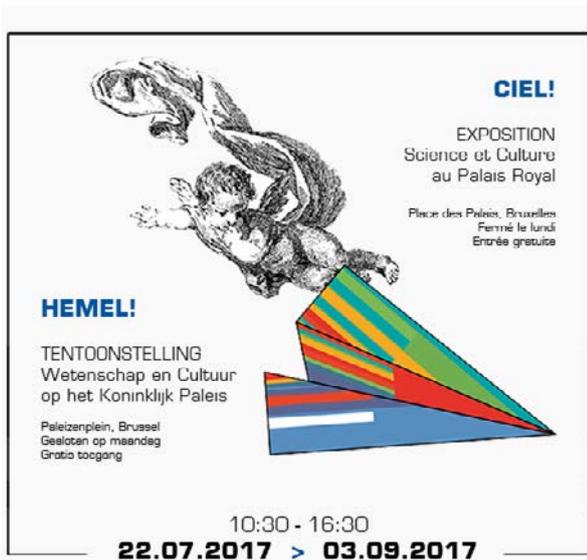
entre 12 et 15 km /h avec une pointe à 7,2 mètres par seconde (26 km/h) vers 13h20. Une vitesse du vent qualifiée de modérée.



En conclusion, on peut affirmer que la météo ne fut pas spécialement défavorable aux services de secours ce funeste 22 mai 1967 et que dans leur malheur, les bruxellois ont eu la chance de ne pas connaître de vent fort ce jour -à, ce qui aurait probablement eu pour effet probable de propager l'incendie de façon encore plus étendue au quartier avoisinant et de compliquer ainsi davantage la tâche des hommes du feu.

CIEL! EXPOSITION AU PALAIS ROYAL

Comme chaque année, le Palais Royal de Bruxelles a ouvert ses portes au public durant l'été pour une exposition sur le thème « Science et culture au Palais », qui a eu lieu entre le 22 juillet et le 03 septembre 2017.



Le Palais Royal, la Chancellerie du Premier Ministre et la Politique scientifique fédérale ont fait appel aux dix institutions scientifiques fédérales, dont l'IRM, et à l'Institut Géographique National pour organiser l'exposition "Ciel !". Issus de divers horizons, nos scientifiques abordent le ciel à leur façon, par le biais de la discipline qui est la leur et proposent de redécouvrir le ciel à travers une sélection de pièces qui se font écho.

Fidèle à la tradition, Technopolis®, le centre flamand des sciences et de la technologie, était également présent. Cette année, ils ont proposé l'exposition interactive « À votre santé ! » pour vous apprendre à mieux connaître le corps humain.



Actinomètre/Actinographe, milieu du 19ème siècle Jules Richard, Paris, Institut Royal Météorologique

Enfin, l'Association Royale Dynastie et Patrimoine Culturel a présenté l'exposition "Karel van Vlaanderen, Prince | Régent | Artiste" avec l'appui de la Fondation Roi Baudouin.



LE SCK·CEN ET L'IRM PUBLIENT UNE ÉTUDE SUR LA PRÉSENCE DE RUTHÉNIUM-106 RADIOACTIF

Fin septembre – début octobre 2017, de faibles concentrations de ruthénium-106 radioactif (Ru-106) ont été mesurées dans l'air en Europe, mais aussi dans le monde entier. Le Centre d'étude de l'Energie Nucléaire, en collaboration avec l'Institut Royal Météorologique, a réalisé une analyse sur l'origine du ruthénium-106.

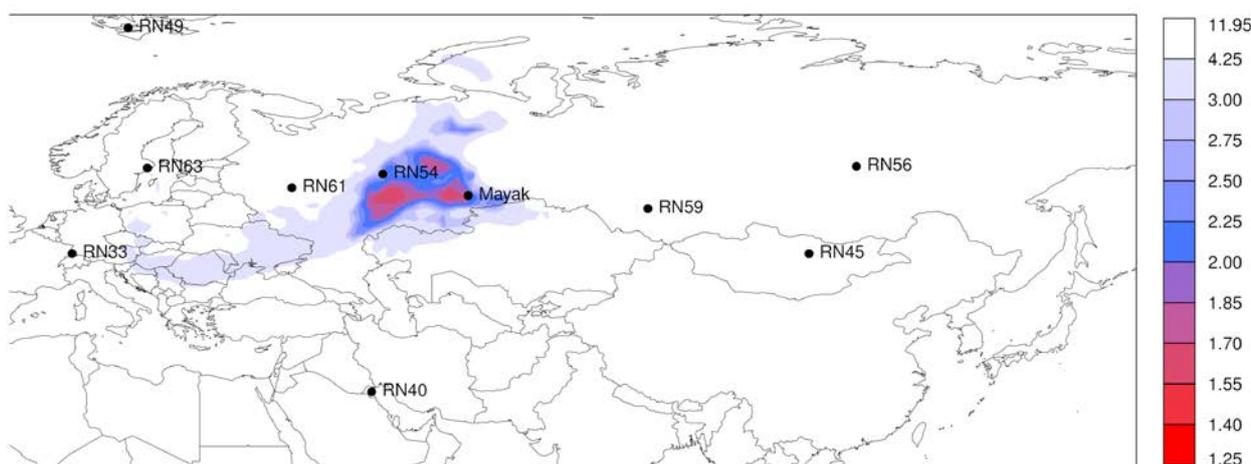
Fin septembre – début octobre, plusieurs réseaux européens de surveillance de la radioactivité détectaient du ruthénium-106 dans l'atmosphère. L'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) français avait alors indiqué que les niveaux de concentration relevés étaient « sans conséquence tant pour la santé humaine que pour l'environnement ». L'Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire (AFCN) avait également confirmé qu'« aucune hausse des taux de ruthénium n'avait été constatée en Belgique », que ce soit via son système de mesure permanent Telead ou lors de mesures complémentaires.

L'étude indépendante réalisée par les experts du SCK·CEN et de l'IRM utilisait les modèles de transport et de dispersion atmosphérique en combinaison avec les données météorologiques numériques du centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen

terme (CEPMMT) afin de déterminer l'origine du ruthénium-106 sur base des mesures effectuées en Europe et à travers le monde. Les mesures utilisées proviennent du Système de Surveillance International (SSI) mis en place dans le monde entier pour la vérification du traité concernant l'interdiction des essais nucléaires.

«Le résultat est visible dans la figure ci-dessous et donne l'écart entre les mesures et l'analyse pour chaque région potentielle de l'hémisphère nord. Une valeur faible signifie que le modèle et les mesures sont fortement corrélés et qu'il s'agit donc d'un emplacement très probable d'une source », explique Pieter De Meutter, instigateur des calculs. « Le ruthénium-106, un produit de fission, provient probablement d'une région située en Russie où se trouvent plusieurs installations nucléaires. Mais il ne peut pas avoir été libéré pendant un incident de réacteur nucléaire car dans ce cas, d'autres produits de fission, tels que les gaz rares et l'iode, auraient également été mesurés. »

Les calculs permettent également d'évaluer la quantité de ruthénium-106 libérée dans l'atmosphère. La reconstruction du trajet du nuage de ruthénium-106 sur l'Europe et les autres parties du monde est possible sur base de ces calculs. Les concentrations mesurées en Europe ont été bien en dessous du niveau constituant un risque pour la santé ou l'environnement. La reconstruction nous a également montré que le nuage n'est pas passé au-dessus de la Belgique.







LE WORLD SOLAR CHALLENGE EN AUSTRALIE

21 étudiants de la KU Leuven ont développé et construit durant 15 mois, la voiture solaire belge qui allait participer à la version 2017 du World Solar Challenge. Ce championnat du monde de voitures solaires se tient tous les deux ans en Australie. Cette 14^{ème} édition a eu lieu du 8 au 13 octobre.



Après les qualifications qui ont eu lieu de 7 octobre sur le circuit de Darwin, où l'équipe du Punch Powertrain belge a remporté la pole-position, ils ont démarré la course en tête le 8 octobre, pour une longue traversée de 3000 km du désert australien, en direction d'Adelaïde.

Comme lors des éditions précédentes, l'équipe a fait appel à l'expertise de l'IRM. En 2017, le prévisionniste Francis Bauwens a accompagné l'équipe belge en Australie afin de les guider lors de la course. La nébulosité a joué un rôle majeur à partir de la deuxième journée à partir de laquelle les équipes ont dû adapter leur stratégie et surtout la vitesse de leur véhicule solaire. Dans la partie sud du pays, le vent a commencé à jouer un rôle de plus en plus important. Nous avons même pu assister à la formation de quelques « dust devils » en cours de route.



La course fut parsemée de défis à relever tels que la transmission des données météo étant donné que l'on ne peut s'attendre à des communications satellites ou internet en plein désert...



Le Punch Powertrain a également remporté « l'Innovation award » avec leur transmission 4x4 qui leur a permis de « naviguer » en chemin, faisant usage de l'énergie du vent pour gagner encore en vitesse.

FOURNITURE DE DONNÉES GÉOMAGNÉTIQUES POUR AMÉLIORER LES CONDITIONS D'EXPLOITATION DES HYDRO- CARBURES

En 2017, l'IRM a réalisé une première mondiale dans le domaine de l'industrie pétrolière : deux forages gaziers ont été menés avec succès à l'aide des données géomagnétiques générées par un observatoire magnétique automatique local, conçu et fabriqué par l'IRM.

Les techniques de forage pétrolier les plus performantes (MWD – Measurement While Drilling) utilisent des magnétomètres, positionnés à proximité de la tête de forage, comme outil de navigation sous-terrain. Toutefois, pour interpréter les données de ces magnétomètres, une référence géo-

magnétique est nécessaire. Celle-ci est habituellement fournie par un modèle du champ magnétique Terrestre, mais cette information est par nature entachée d'une large incertitude. Cette incertitude géomagnétique se traduit en une incertitude sur le positionnement du puits pétrolier. Cette incertitude est source de risques humains, financiers et environnementaux qui sont évalués au cas par cas. Dans le cas de cet essai pilote, mené avec Total R&D et Total Argentine, grâce à un observatoire magnétique automatique conçu et réalisé par l'IRM, l'IRM a fourni en temps réel la référence géomagnétique pour deux forages, ciblant chacun un réservoir gazier situé à environ 5.000m de profondeur. En considérant l'effet de l'observatoire magnétique automatique cumulé à l'effet du levé magnétique réalisé également par l'IRM, ainsi qu'un autre type de correction (MSA Multi Station Analysis) qui utilise la référence géomagnétique fournie par l'IRM, la réduction de l'incertitude de positionnement de chacun des deux puits est de 67% (c'est-à-dire plus de 40 mètres !), ce qui remarquable et supérieur à l'effet attendu.



Installé sur le site gazier de Vaca Muerta (Argentine), le premier observatoire magnétique entièrement automatique, conçu et réalisé par l'IRM, a fourni en 2017 à TOTAL des mesures géomagnétiques servant à positionner correctement deux puits d'extraction de gaz. L'observatoire comprend un magnétomètre à protons, un variomètre, et un Gyrodif. Les données sont collectées et prétraitées automatiquement, puis transmises en continu par satellite. Le contrôle qualité est effectué depuis le Centre de Physique à Dourbes.



Le pavillon magnétique du centre de physique du globe de l'IRM à Dourbes





RÉSUMÉ DE LA SAISON DES OURAGANS

L'OURAGAN HARVEY FRAPPE LE SUD-EST DU TEXAS

L'œil et la zone des vents les plus forts située juste autour de l'ouragan « Harvey » ont atteint le sud-est du Texas durant la nuit du vendredi 25 au samedi 26 août. Les vents les plus intenses dépassaient alors les 210 km/h (vitesse moyennée sur 1 minute) situant alors cet ouragan en catégorie 4. En s'enfonçant dans les terres ce samedi, l'ouragan a diminué en intensité et a été rapidement rétrogradé en catégorie 1, puis en tempête tropicale (vent moyenné sur 1 minute inférieur à 118 km/h) en soirée.



Photo satellite de Harvey prise le vendredi 25/8 à 19h25 (TL).

Outre les vents violents, « Harvey » a donné lieu à des précipitations abondantes conduisant à des inondations. On a fait état de quantités de précipitations de plus de 1.000 l/m² ce qui équivaut à 15 mois de précipitations dans le centre de la Belgique !

IRMA FRAPPE LES CARAÏBES

Le 08 septembre, l'ouragan « Irma » touchait le sud des Bahamas et menaçait Cuba ainsi que le sud-est des Etats-Unis. On a relevé un vent maximum (moyenné sur 1 minute) estimé à 296 km/h, avec des rafales de 361 km/h. Il s'agit donc d'un cyclone tropical de catégorie 5, soit le niveau maximum de l'échelle de Saffir-Simpson.

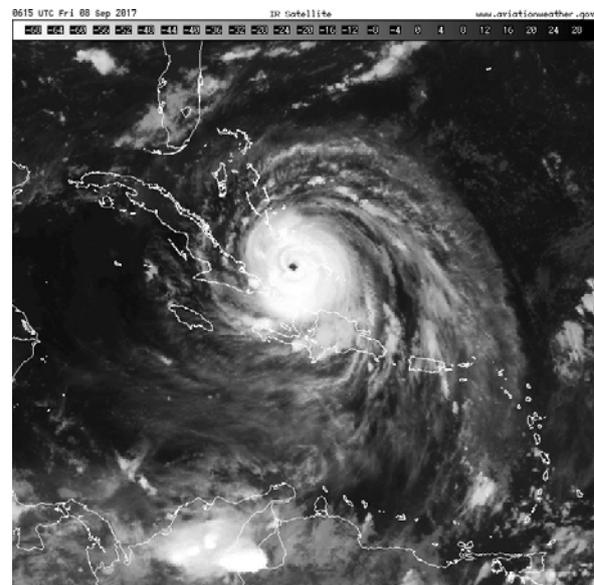


Image satellite infrarouge d'Irma du vendredi 08/09/2017.

MARIA DÉVASTE LES ANTILLES FRANÇAISES

La tempête tropicale « Maria », après avoir été portée par les Alizés sur les eaux relativement tièdes de l'Atlantique, s'est approchée du continent américain, et plus particulièrement de l'arc d'îles situé dans les Petites Antilles. Rencontrant des eaux plus chaudes, « Maria » est alors passée le lundi 18 septembre du stade de tempête tropicale à celui d'ouragan de catégorie I. Rapidement, « Maria » s'est nourrie de vapeur d'eau, a gagné en puissance et est arrivée le 19 septembre au niveau maximal, celui d'ouragan de catégorie V.



Ouragan Maria le 19 septembre 2017 à 20:45 UTC

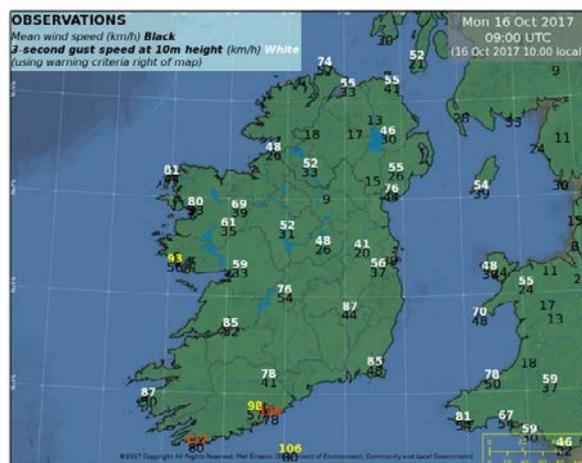
OPHELIA A ATTEINT LES CÔTES IRLANDAISES

L'ex-ouragan « Ophelia » a atteint les côtes du sud-ouest de l'Irlande lundi 16 octobre, avec des rafales de plus de 120 km/h mesurées à la station de Cork Airport, 155 km/h à Roches Point et 176 km/h à Fastnet Rock (en mer), vers 11h00 TL. La dépression post-tropicale a ensuite poursuivi sa route dans le courant de l'après-midi et la nuit de lundi à mardi vers le nord-ouest de l'Irlande en perdant progressivement de l'intensité.



Follow

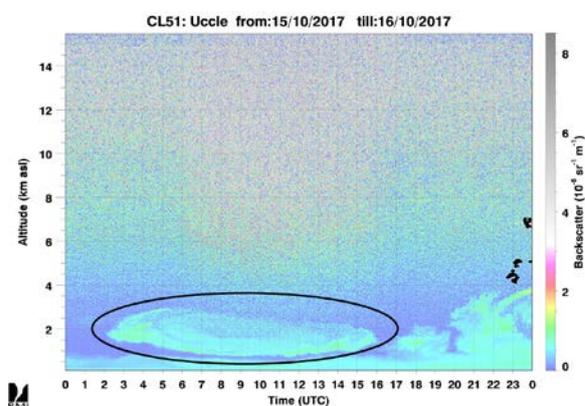
Graphic of the max wind gusts to 10am.
Highest gusts since 10am:
Cork Airport 124km/h
Fastnet Rock (6.5km offshore) 176km/h
#Ophelia



Tweet du service météorologique irlandais du lundi 16 octobre.

Les effets « d'Ophelia » se font fait ressentir depuis la veille sur nos régions, avec des températures très douces pour la période de l'année.

A 14h00 TL lundi 16 octobre, le mercure affichait 22,6°C à la côte, 24,5°C à Uccle et 23,4°C en Ardennes.



Détection d'une couche atmosphérique constituée principalement de sable au-dessus de Uccle ce dimanche 15 octobre.



«Ophelia» a aussi exercé un autre impact sur la Belgique, en faisant remonter d’Afrique du Nord vers nos régions plusieurs couches atmosphériques constituées principalement de sable. Ces couches atmosphériques situées à une altitude de 1.5-2km ont été détectées par le réseau de ceilomètres-LIDAR de l’IRM.

LA SÉCHERESSE

Après un printemps 2017 (mars à mai) très sec, l’été 2017 (juin à août) a également connu des totaux pluviométriques inférieurs aux valeurs normales sur la majeure partie du territoire belge.

OBSERVATIONS À UCCLE

A la station de référence d’Uccle, les mois d’été ont connu des quantités de précipitations normales mais néanmoins toutes inférieures à la normale. Ces mois poursuivent donc la longue période de mois presque tous déficitaires en eau, remontant jusqu’à juillet 2016. Depuis cette date, à Uccle, tous les mois ont été plus secs que la normale, à l’exception du mois de novembre 2016 (cf. Figure 1).

OBSERVATIONS DANS LE PAYS

Les faibles cumuls pluviométriques relevés à Uccle depuis plusieurs mois sont également observés en moyenne dans le reste du pays (cf. Figure 2).

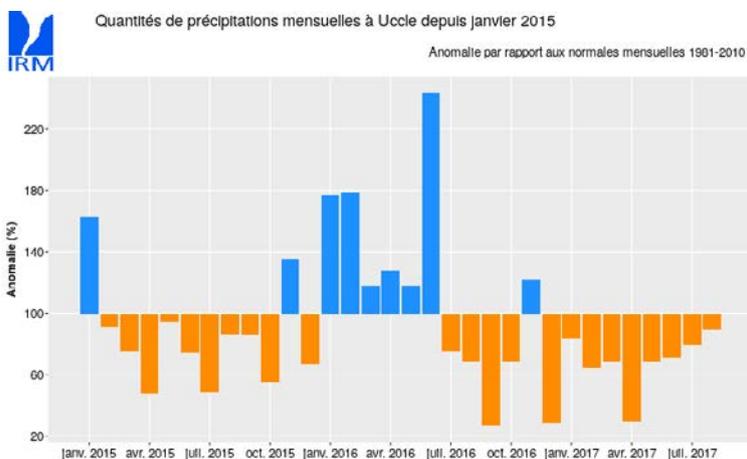


Figure 1 : Les précipitations mensuelles à Uccle de janvier 2015 à août 2017, exprimées en % des valeurs mensuelles normales.

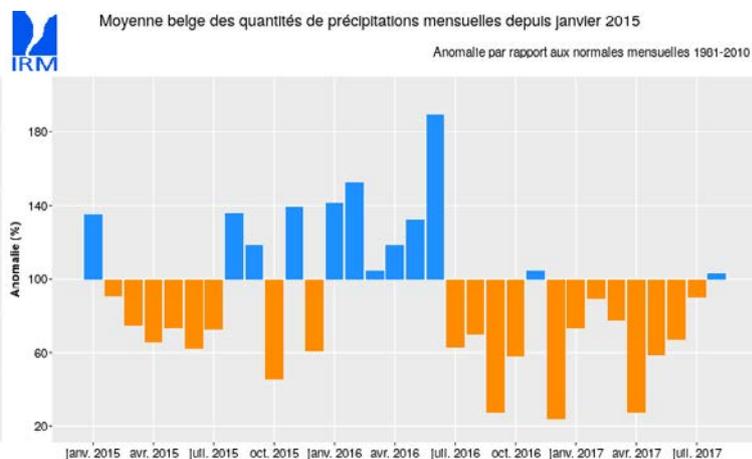


Figure 2 : Les précipitations mensuelles moyennées sur la Belgique de janvier 2015 à août 2017, exprimées en % des valeurs mensuelles normales.

La répartition géographique de l'indice de sécheresse durant les 3 mois de l'été 2017 indique une situation néanmoins normale pour presque l'ensemble du territoire (cf. Figure 3).

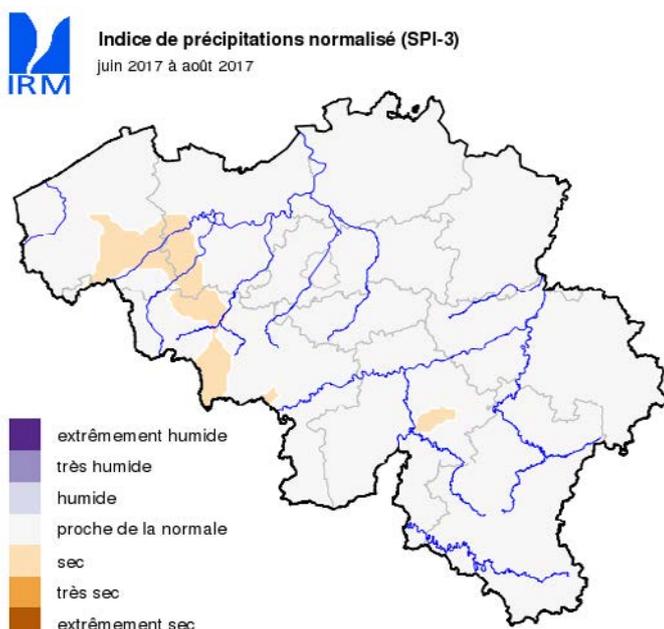


Figure 3 : Répartition spatiale de l'indice de sécheresse SPI-3 pour la période de juin à août 2017.

Si par contre l'on analyse les cumuls observés dans le pays sur les 12 derniers mois (cf. Figure 4), on constate un déficit généralisé sur l'ensemble de territoire et particulièrement marqué dans certaines régions. Le déficit le plus élevé (entre 50% et 60% des normales) est observé dans des zones relativement étendues des provinces de Namur, du Luxembourg et du Hainaut ainsi que plus localement ailleurs dans le pays. Il est le plus faible (entre 90% et 100% des normales) dans la partie nord de la province de Flandre occidentale.

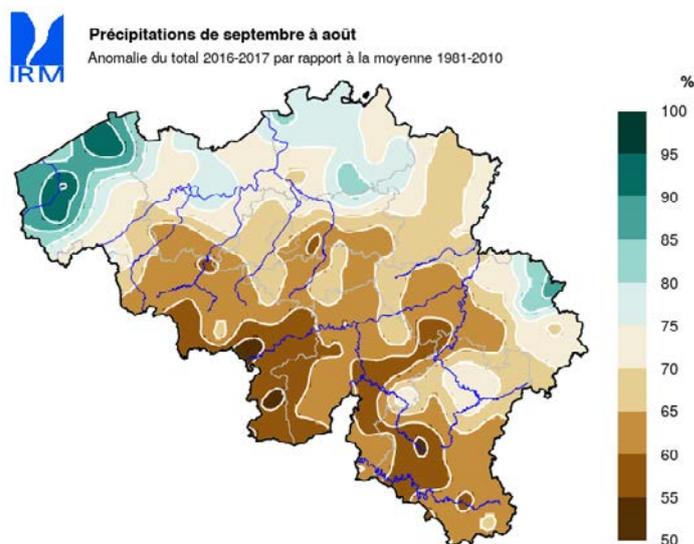


Figure 4 : Les précipitations cumulées entre septembre 2016 et août 2017, exprimées en % des cumuls normaux.

EN CONCLUSION

L'analyse des précipitations observées durant les 12 derniers mois indique des cumuls partout déficitaires et particulièrement marqués dans certaines zones. En comparaison à l'analyse précédente du 10 juillet 2017, les cumuls pluviométriques de septembre 2016 à août 2017 ont augmenté par rapport aux cumuls sur 12 mois de juillet 2016 à juin 2017.



BILAN CLIMATOLOGIQUE DE 2017

A l'échelle annuelle, 2017 est principalement caractérisé par une température moyenne anormalement élevée et une vitesse moyenne du vent très anormalement faible.

La Figure 1 illustre que 2017 fut une année relativement chaude et sèche.

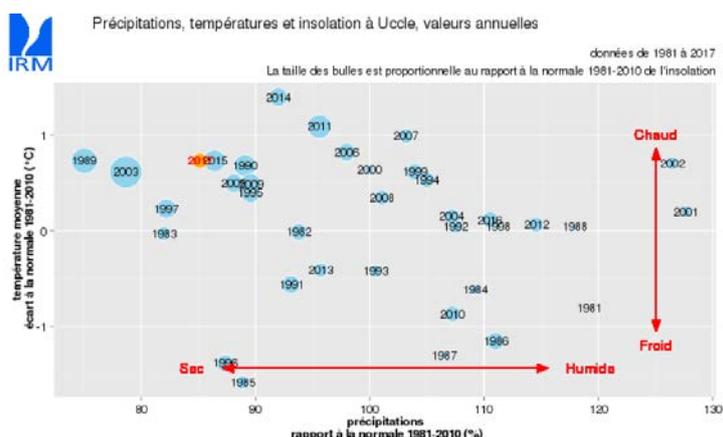


Figure 1 : Position de l'année 2017 au niveau de la température moyenne, des quantités de précipitations et de la durée d'ensoleillement (depuis 1981).

PRINCIPAUX FAITS MARQUANTS

- Une vague de chaleur précoce toucha le pays durant la seconde quinzaine de juin : du 18 au 22 inclus, la température maximale à Uccle atteignit au moins 25°C et à trois occasions, la température grimpa au moins à 30°C. Le 25 fut le jour le plus chaud, avec une température maximale de 32,4°C.
- La quantité journalière de précipitations la plus élevée dans le pays fut enregistrée le 27 novembre à Lacuisine (Florenville), avec un total de 71,5 mm.
- En mars, il n'y eut pas de jour de gel [min.< 0°C] à Uccle (norm.: 5,4 j.). C'est anormal et cela ne s'est produit qu'à 4 autres reprises depuis 1901 (en 1983, 2003, 2012 et 2014).

- Avril fut plus froid que mars. La dernière semaine du mois a connu des températures très basses qui ont occasionné localement des dégâts aux cultures.
- Il est tombé peu de précipitations dans le pays durant la première partie de l'année. C'est surtout la période d'avril à juin qui fut exceptionnellement sèche. Cette sécheresse a également occasionné beaucoup de dégâts aux cultures.
- Octobre a connu le jour d'été [max.>= 25°C] le plus tardif à Uccle depuis 1901. Le 16, on y mesurait encore un maximum de 25,7°C (en 1990, la même valeur avait été atteinte, mais seulement le 12 octobre).

TEMPÉRATURE

A Uccle, la température moyenne annuelle a atteint 11,3°C (normale : 10,5°C), une valeur anormalement élevée. Elle se classe en 5e position (ex-aequo avec 1989 et 2015) parmi les années les plus chaudes depuis 1833. La plupart des températures mensuelles ont été normales. Seuls, juin fut exceptionnellement chaud, mars très anormalement chaud (nouveau record), mai et octobre anormalement chauds.

Dans le pays, la température la plus basse fut enregistrée le 23 janvier à Elsenborn (Bütgenbach), avec -17,4°C. La température la plus haute fut mesurée le 22 juin à Houyet, lorsque le mercure y grimpa jusque 36,2°C.

PRÉCIPITATIONS

Il est tombé un total de 749,1 mm de précipitations à Uccle, soit environ 15% sous la valeur normale (852,4 mm). Depuis novembre 2016, il a fallu attendre à Uccle le mois de septembre de cette année pour enfin retrouver un total mensuel de précipitations supérieur à la normale (cf. Figure 2).

A Uccle, sur les 9 premiers mois de l'année 2017, on a relevé un cumul de précipitations atteignant seulement 470,0 mm (normale : 620,6 mm). C'est une valeur très anormalement faible, qui se place en deuxième position depuis 1981 parmi les déficits les plus importants sur cette période de l'année (le record date de 1989, avec 462,7 mm). Si l'on remonte encore dans le temps et qu'on examine les cumuls depuis 1901, on trouve alors 16 cumuls plus faibles que celui observé cette année. Le record date de 1921, avec 246,3 mm.

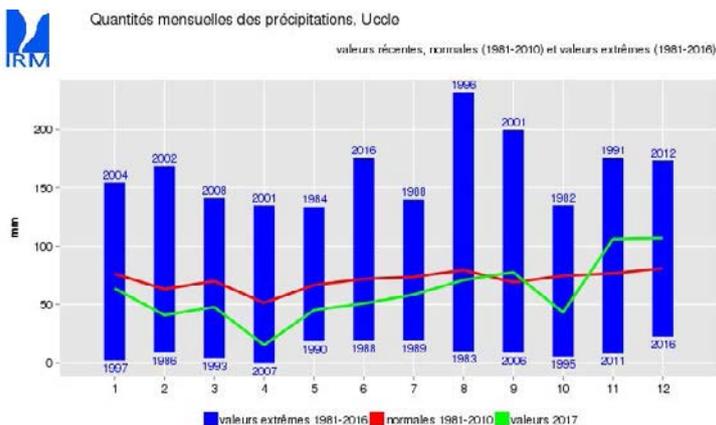


Figure 2 : Quantités mensuelles de précipitations pour 2017, en rapport avec les valeurs normales et extrêmes respectifs pour la période 1981-2010.

Dans le pays, les totaux annuels ont varié de 587,8 mm à Ransberg (Kortenaken) à 1597,3 mm au Mont-Rigi (Waimes).

NEIGE

Le pays a connu quelques épisodes neigeux remarquables en 2017. En début d'année, une couche de neige a recouvert en continu le sol dans les Hautes-Fagnes du 2 janvier au 5 février. L'épaisseur la plus élevée (47,5 cm) fut mesurée le 15 janvier au Mont-Rigi (Waimes). A Uccle, une couche de neige a recouvert la surface du parc climatologique de manière continue entre le 13 et le 27 janvier.

En fin d'année, les premières neiges sont tombées le 5 novembre, et à Uccle, le 29 novembre. Dans les Hautes-Fagnes, une couche de neige a recouvert le sol de manière continue du 29 novembre au 22 décembre. L'épaisseur de neige la plus importante fut mesurée le 18 décembre au Mont-Rigi (Waimes), avec 20 cm.

DURÉE D'INSOLATION

La durée d'insolation annuelle fut normale à Uccle. Le soleil y a brillé pendant 1559h 02min (normale : 1544h 35min). Décembre fut exceptionnellement sombre, alors que janvier et mars furent anormalement ensoleillés.

L'année a compté un nombre anormalement faible de jours avec ciel couvert (58 jours, normale : 69,9 jours). Seul février comptabilise un nombre de jours avec ciel couvert juste au-dessus de la valeur normale. Le mois de décembre particulièrement sombre n'a finalement pas permis de battre cette année le record du plus faible nombre annuel de jours avec ciel couvert. Le record date toujours de 2014, avec 50 jours.

VENT

La vitesse moyenne annuelle du vent à Uccle fut de 3,4 m/s. Comme en 2016, c'est une valeur très anormalement faible (normale : 3,7 m/s). Presque chaque mois, la vitesse moyenne du vent fut inférieure à la normale.



PLUIE ABONDANTE SUR LA CÔTE OUEST

Le 10 août 2017 la région de la côte a été frappée par une zone de pluie abondante...

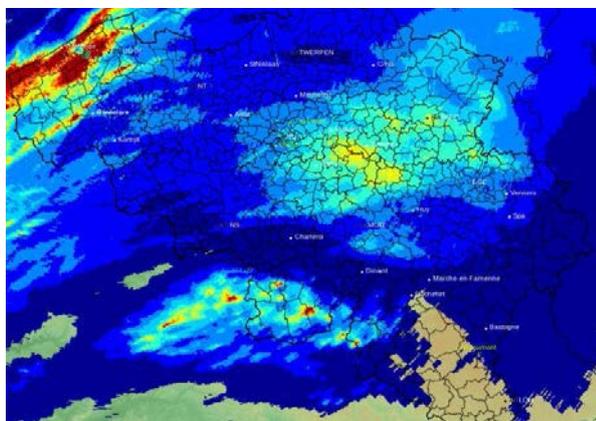
Surtout La Panne a subi une quantité particulièrement importante de pluie.

Pendant une période de 24 h (du 10 août 8h au 11 août 8h) un total de 92,3 mm a été mesuré.

La période de pluie a duré de 17h à minuit heure locale. La période la plus intense s'est produite entre 20h et 21h avec 53,85mm sur 1 heure et une intensité maximale de 15,75mm sur 10min.

Autres quantités de précipitations importantes observées (pendant une période de 24 heures):

- 23.8 mm à Veurne
- 26.1 mm à Nieuwpoort
- 36.0 mm à Middelkerke
- 37.9 mm à Beerst
- 64.6 mm à Moore
- 34.9 mm à Houtave



Les précipitations du 10 août 2017 accumulées sur une période de 24h. D'après les données brutes du radar.

REMARQUABLE

À Moore (Gistel), un point de mesure du réseau climatique de IRM, ce 10 août nous avons mesuré 64,6 mm de précipitations.

Ce fut la première fois cette année, que dans un des points de mesure de notre réseau, un total d'au moins 60 mm de pluie a été enregistré et ce ne fut ainsi que le 4ème jour pendant lequel nous avons enregistré un total d'au moins 40 mm. À titre de comparaison: en 2016, le 11 août nous avons déjà eu 10 jours avec au moins 60 mm et 14 jours avec au moins 40 mm.

Ce qui est également frappant est que cette année ces montants n'ont été enregistrés chaque fois que dans une station. En comparaison: en 2016, au moins 49 stations ont mesurés des quantités de 60 mm et 139 stations ont mesurés au moins 40 mm.

Ce nombre limité de jours de fortes précipitations s'explique en partie par la sécheresse que nous avons déjà connue cette année.

QUELLE ÉTAIT LA SITUATION MÉTÉOROLOGIQUE ?

Une occlusion, associée à une zone de basse pression peu marquée sur l'Allemagne, a traversé hier le pays d'est en ouest. Hier soir, elle a donc touché toute la région côtière. Étant donné le peu de vent, la zone de précipitations y est restée durant plusieurs heures, ce qui explique les importants cumuls enregistrés. Ce n'est d'ailleurs qu'en seconde partie de nuit que le temps y est finalement devenu plus sec.

Vu les quantités de précipitations prévues, l'IRM avait émis un avertissement concernant des précipitations localement intenses et qui pourraient être persistantes.

LA MÉTÉO DIFFICILE DES 12 ET 13 JANVIER

Le 12 janvier, des vents forts, de fortes marées et chutes de neige ont touché notre pays.

Une zone de précipitations particulièrement active a traversé le pays et a laissé une couche de neige dans la plupart des régions qui a pu être localement assez épaisse.

On a mesuré au Mont-Rigi à 09h TL le 13 janvier, une épaisseur de neige de 34 cm, dont 25 cm de neige fraîche depuis le 12 au soir.

La dépression de tempête qui a longé la frontière belgo-néerlandaise durant la nuit de jeudi à vendredi s'est très rapidement éloignée vers les pays Baltiques où elle s'est comblée. Cette dépression a surtout marqué le sud-est du pays par de fortes rafales (jusqu'à 100 km/h) et une couche de neige fraîche.



Voici quelques épaisseurs de neige relevées le matin du 13 janvier vers 08h00 TL :

Station	Épaisseur de neige
Nadrin	17 cm
Stembert	15 cm
Geromont	14 cm
Bièvre	10 cm
Uccle	8 cm
Florennes	7 cm
Frassem	6 cm
Beauvechain	5 cm
Gosselies	4 cm
Bierset	3 cm
Sint-Pieters-Rode	2 cm
Zaventem, Brecht, Bilzen, Koersel	1 cm

Voici quelques pointes maximales du vent observées dans une sélection de stations officielles dans la nuit du 12 au 13 janvier :

Station	Pointes maximales
Zeebrugge	104 km/h
Luxembourg	101 km/h
Humain et Dourbes	94 km/h
Middelkerke et Koksijde	90 km/h
Buzenol	86 km/h
Beitem et Florennes	83 km/h
Ernage et Saint-Hubert	80 km/h
Elsenborn	76 km/h



LE RÉSEAU CEILOMÈTRE-LIDAR DE L'IRM OBSERVE LE SABLE ET LA FUMÉE

Depuis le dimanche 15 octobre, le réseau ceilomètre-LIDAR de l'IRM a observé plusieurs panaches d'aérosols d'origines différentes. Dimanche et lundi, il s'agissait de plusieurs panaches d'aérosols constitués principalement de sable en provenance d'Afrique du Nord et transporté par la tempête « Ophelia ».

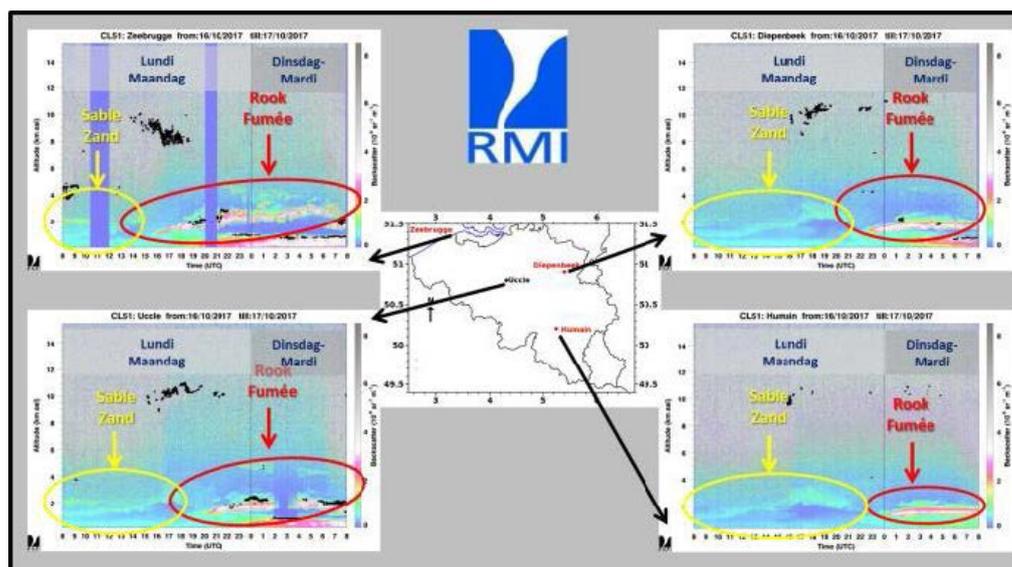
Le mardi 17 octobre, nous observons encore plusieurs panaches d'aérosols à différentes hauteurs mais ceux-ci étaient constitués principalement de fumée provenant des importants incendies de forêts qui se s'étaient déclenchés le week-end précédent au nord du Portugal et au nord-ouest de l'Espagne.

Contrairement au panache de sable observé dimanche et lundi qui n'était pas visible à l'œil nu, le panache de fumée a laissé entrevoir un soleil rouge bien net le mardi 17 octobre en matinée.



Le soleil rouge du mardi matin 17/10 9h30, à Uccle (photo : Sarah Coppens).

Grâce au réseau de ceilomètre-lidar de l'IRM, l'arrivée en temps réel du panache de fumée a pu être suivie de manière précise au-dessus de la Belgique.



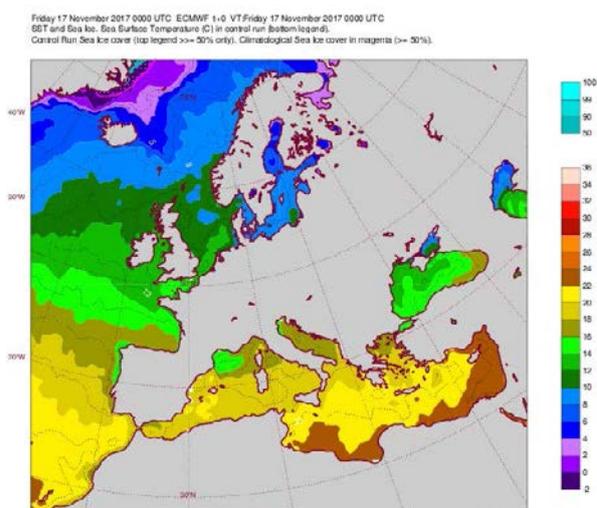
Détection des différents panaches d'aérosols (sable et fumée) au-dessus de la Belgique par le réseau ceilomètre-LIDAR de l'IRM

FORMATION D'UN MEDICANE EN MÉDITERRANÉE

Depuis le lundi 13 novembre, une vaste dépression affectait la partie centrale de la Méditerranée et qui avait déjà donné lieu à de fortes pluies dans plusieurs régions de l'Italie et des Balkans.

Cette dépression a été initiée en début de semaine, par le conflit entre un courant d'air froid descendant de l'Europe de l'ouest, d'une part, et l'air encore relativement doux sur le bassin Méditerranéen, d'autre part. Un noyau dépressionnaire se situait au sud-est de l'île de Malte le jeudi 16 novembre, associé à la présence d'air froid en altitude (issu du flux venant du continent européen), dont la température atteignait -22°C à une altitude de 5 ou 6 km, et qui contrastait donc fortement avec la température encore chaude de la surface de l'eau (de l'ordre de 22°C).

Ce contraste thermique important conduit à une atmosphère très instable, et se traduit par une forte convection (l'air chaud et humide en surface, plus léger, s'élève au sein de l'air froid, plus dense, qui le surplombe). Cette convection donne lieu à la formation de nuages orageux très épais (de type cumulonimbus) et à l'origine de fortes pluies.



Température de l'eau de mer en surface, 17/11/2017, source ECMWF.

Dans certains cas, cette convection peut s'enrouler autour du noyau dépressionnaire et former une structure qui s'apparente à celle d'un cyclone tropical. L'enroulement de nuages orageux autour d'un œil s'accompagne alors d'un creusement de la dépression et une intensification des vents autour de celle-ci. Un tel système « hybride » (il ne s'agit plus d'une dépression classique mais pas tout à fait d'un cyclone tropical) est appelé « MEDICANE » dérivé de la nomenclature « MEDiterranean hurriCANE » (« ouragan méditerranéen »), et se forme généralement en automne, lorsque l'eau de la Méditerranée contient encore la chaleur accumulée durant l'été et que les premières coulées d'air froid venant du nord interviennent. Le diamètre d'un MEDICANE n'excède pas 300 km.

Comme les simulations mathématiques des modèles de prévision numérique l'avaient annoncé, le centre dépressionnaire localisé au large de Malte a évolué en un MEDICANE le vendredi, et a occasionné de nombreux dégâts, surtout en Grèce.





5°

Les nouveaux produits de l'IRM



L'APP MOBILE DE L'IRM MAINTENANT DISPONIBLE POUR LE BENELUX !

APRÈS L'AJOUT DU LUXEMBOURG EN SEPTEMBRE 2016, NOTRE APP COUVRE TOUT LE BENELUX DEPUIS OCTOBRE 2017 !

L'application mobile de l'IRM – meteo.be – disponible pour Android et iOS, couvre maintenant toutes les communes des Pays-Bas, grâce à un accord passé entre l'IRM et le KNMI (l'Institut météorologique national hollandais).

COMMENT FAIRE POUR VOIR LES COMMUNES NÉERLANDAISES ?

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

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

C'est la même principe pour les communes luxembourgeoises, qui sont précédées de (LU).

VOUS BÉNÉFICIEZ DE TOUS LES AVANTAGES DE L'APP, COMME POUR LES COMMUNES BELGES :

- Les prévisions horaires pour les Pays-Bas, en provenance du KNMI.



5°

Les nouveaux produits de l'IRM

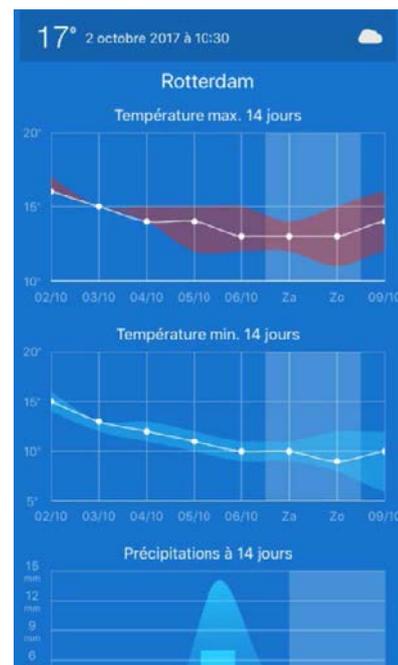
- Les observations et prévisions radar du KNMI avec cible de géolocalisation. Les cartes radar utilisées varient en fonction du pays (BE+LU ou NL) que vous consultez.



- Les avertissements pour les Pays-Bas sont émis par le KNMI.



- Les tendances à 14 jours sont issues des modèles utilisés par le KNMI.





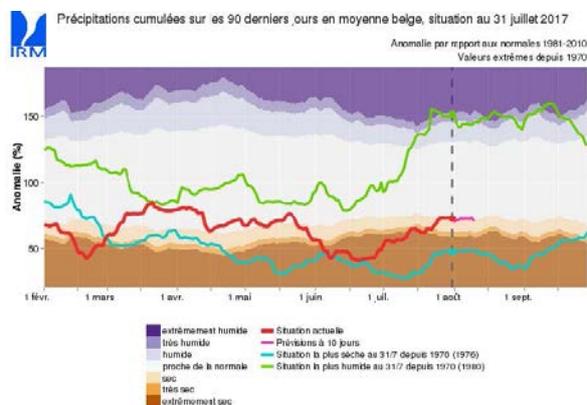
NOUVELLE RUBRIQUE DE NOTRE SITE WEB : L'ÉVOLUTION DE LA SÉCHERESSE MÉTÉOROLOGIQUE

QUELQUES EXPLICATIONS

La sécheresse est un phénomène complexe qui peut avoir de lourdes conséquences sur la société. La complexité de ce phénomène se traduit non pas par une définition mais par plusieurs définitions du terme, ainsi que par plusieurs façons de la mesurer. De manière générale, le phénomène de la sécheresse est réparti en différentes catégories, chacune reprenant sa propre méthode de mesure. La sécheresse météorologique fait bien entendu partie de ces catégories. Elle est assez simplement définie comme étant l'écart des quantités de précipitations observées par rapport à la valeur normale correspondante. Ceci se produit de temps à autres, lorsque des zones de haute pression influencent notre temps. Si cette situation perdure, la sécheresse peut aussi se manifester dans le sol, avec parfois de graves conséquences pour l'agriculture. Ce type de sécheresse est donc aussi appelée « sécheresse agricole ». Enfin, dans une phase ultérieure, cette sécheresse peut également avoir des conséquences sur les bassins et les rivières. On parlera alors de « sécheresse hydrologique ».

QUE MONTRENT LES NOUVELLES CARTES ?

Depuis juillet 2017, une toute nouvelle rubrique fait tous les jours le point sur une éventuelle sécheresse ou un trop plein de précipitations. L'IRM utilise un indice de mesure qui compare la quantité de précipitations tombées avec les valeurs moyennes/normales, en fonction de la climatologie. Nous nous concentrerons exclusivement sur la sécheresse dite « météorologique ». Cette rubrique est mise à jour quotidiennement, tout au long de l'année.



Via un graphique, vous pouvez voir comment se comportent les totaux de précipitations moyens dans tout le pays, par rapport aux valeurs climatologiques normales.

À la page suivante, une première carte vous montre quelles régions doivent faire face à une sécheresse ou à un trop plein de précipitations, en fonction des observations des derniers mois.

Une deuxième carte reprend les prévisions d'éventuelle sécheresse ou de trop plein, sur les 10 prochains jours, sur base des derniers calculs numériques.

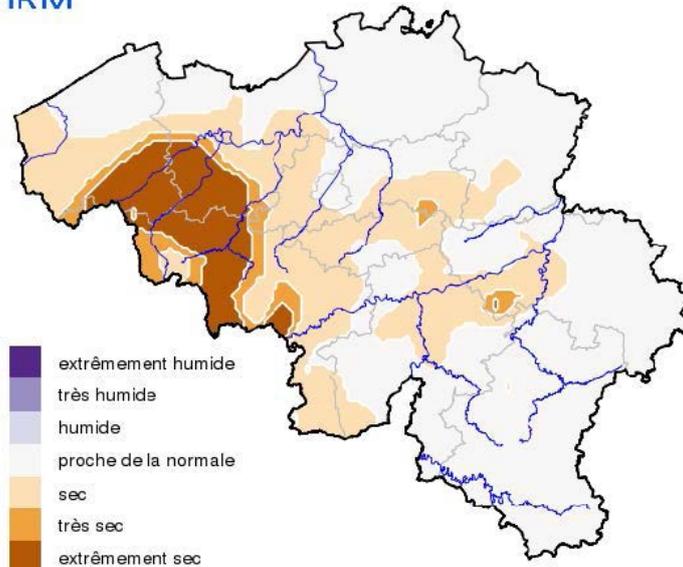
5°

Les nouveaux produits de l'IRM



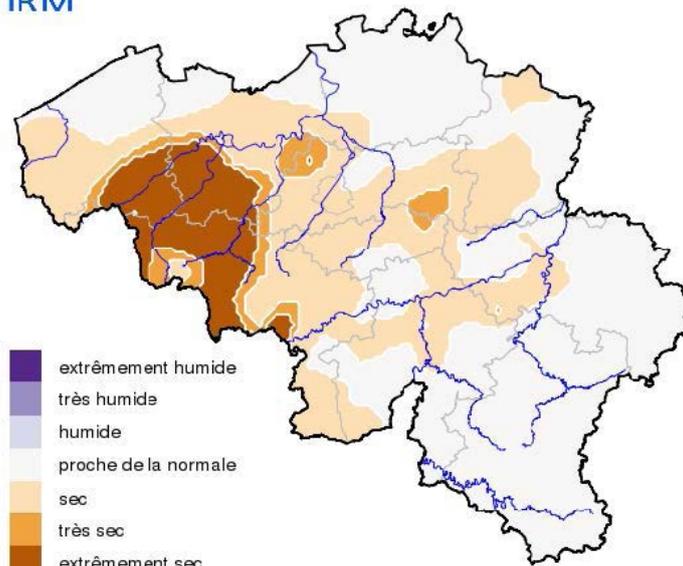
Indice de sécheresse (SPI-3), situation au 31 juillet 2017

Observations du 03/05/2017 au 31/07/2017



Indice de sécheresse (SPI-3), observations et prévisions à 10 jours

Observations du 13/05/2017 au 31/07/2017 et prévisions jusqu'au 10/08/2017





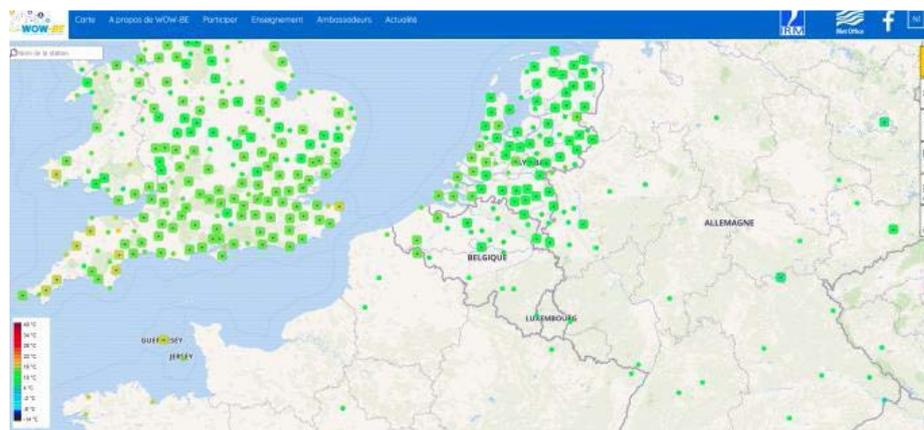
L'IRM LANCE WOW-BE : THE WEATHER TOGETHER !

L'IRM a lancé une nouvelle initiative fin 2017, le Weather Observations Website Belgium (WOW-BE), en collaboration avec la VLA (Vereniging Leraars Aardrijkskunde), Fégépro (Fédération des Professeurs de Géographie), le UK Met Office (équivalent anglais de l'IRM) et le KNMI. Ce projet permet de rassembler et de partager des observations météorologiques faites par des particuliers, dans des écoles ou d'autres organisations. Le concept WOW a été lancé en 2011 par le service météorologique national anglais, le Met Office. Entre-temps, plus de 10.500 stations réparties dans 220 pays font partie de ce réseau. L'IRM a travaillé en étroite collaboration avec le KNMI (l'équivalent néerlandais de l'IRM) et le Met Office à l'élaboration du portail WOW-BE, qui sera en constante amélioration grâce à cette collaboration. En résumé : WOW-BE devient LA plateforme sur laquelle tout le monde pourra partager, consulter, comparer et archiver de vraies observations météo.

Grâce au lancement de ce portail, l'IRM fait un premier pas dans la direction du «crowdsourcing» et de la science pour tout le monde, dans laquelle le citoyen peut prendre une part active dans la recherche scientifique. Les données rassemblées par les particuliers ont une certaine valeur scientifique et seront utilisées pour différentes applications par l'IRM.

WOW-BE va plus loin que de simplement collecter des observations. L'IRM entend ainsi renforcer le lien qui l'unit avec toutes les personnes ayant un intérêt pour la météo et le climat, et de ce fait, relancer l'intérêt de la population envers ces domaines de recherche, et en particulier, des plus jeunes d'entre nous. Vous l'aurez compris, l'intérêt éducatif de WOW-BE en est une composante essentielle.

Venez en apprendre plus sur le site web de WOW-BE : <https://wow.meteo.be>



5° Les nouveaux produits de l'IRM

UN NOUVEAU SYSTÈME DE DÉTECTION DE LA FOUDRE À L'IRM

L'IRM dispose depuis les années nonante d'un système de détection de la foudre (BELLS – Belgian Lightning Location System) qui permet de localiser en temps réel les impacts de foudre sur la Belgique. Un renouvellement en profondeur de ce système a été réalisé en 2017 avec le soutien de Elke Sleurs, secrétaire d'Etat précédemment en charge de la politique scientifique.



Localisation des capteurs BELLS, avec en rouge les capteurs SAFIR et en bleu les nouveaux capteurs LS7002.

Depuis 25 ans, l'IRM exploite un réseau de capteurs de type SAFIR permettant d'observer aussi bien les coups de foudre qui atteignent le sol que les éclairs, plus nombreux, qui se produisent au sein même des masses nuageuses. La partie du système qui détectait les décharges au sol n'étant plus assez performante il a été décidé de compléter le réseau avec 5 nouveaux capteurs du type Vaisala LS7002. Ces capteurs, répartis sur tout le territoire, enregistrent les impulsions électromagnétiques à basses fréquence qui sont produites par les coups de foudre. C'est en croisant les informations reçues par les différents capteurs que l'on peut localiser les coups de foudre.



Le dernier capteur installé à Riemst, opérationnel depuis le 1er septembre 2017.



Les nouveaux capteurs installés ainsi que le logiciel de traitement sont à la pointe de la technologie et ils forment ensemble un nouveau système de détection de la foudre extrêmement performant. BELLS permet de détecter plus de 95 % des impacts de foudre avec une précision de localisation de l'ordre de 100 à 200 mètres. Il constitue ainsi un des meilleurs systèmes de détection de la foudre en Europe !

Les observations sont utilisées à l'IRM pour établir les prévisions météorologiques à très court-terme, de quelques minutes à quelques heures, et pour envoyer des avertissements en cas de situation météorologique dangereuse. Les données sont également utilisées pour répondre aux requêtes des sociétés d'assurance et pour rédiger les rapports pour le fonds des calamités. Ces observations constituent également une source d'information inestimable pour la recherche scientifique. Les longues séries d'observations sont par exemple essentielles pour analyser les changements climatiques. Les données sont également largement utilisées à l'extérieur de l'IRM, notamment dans le secteur de l'aviation où les orages constituent un danger important lorsqu'ils se situent sur la route d'un avion ou à proximité d'un aéroport.



Le nouveau capteur de Koksijde.

UNE NORME POUR LES NANOPARTICULES MAGNÉTIQUES

Les nanoparticules magnétiques sont de minuscules particules artificielles constituées d'un cœur cristallin, souvent fait d'oxydes de fer, enrobés par un revêtement organique. La taille de ces particules est de l'ordre du nanomètre, c'est-à-dire, quelques milliardièmes de mètre. Elles sont 600 à 6000 fois plus petites qu'un cheveu d'un humain adulte.

De par leurs propriétés, les nanoparticules magnétiques ont tendance à se « coller » ensemble lorsqu'elles sont exposées à un champ magnétique. Ces agglomérations ont des propriétés magnétiques différentes de celles d'une particule seule. Afin d'éviter ceci, chaque nanoparticule est enrobée par un revêtement chimique tels que l'acide citrique, la dextrine (un polymère dérivé du glucose) ou le dioxyde de silicium, pour n'en citer que quelques-uns. Ce revêtement exerce aussi d'autres fonctions : il protège le cœur contre l'oxydation et peut servir d'ancrage à certaines molécules chimiques, comme les traitements anti-cancer. Le choix du type de revêtement dépend de l'application que l'on souhaite en faire.

Les nanoparticules magnétiques ont une large gamme d'applications. Elles sont, par exemple, utilisées comme agent contrastant pour l'imagerie à résonance magnétique, comme véhicule de transport ciblé de médicaments, pour l'hyperthermie magnétique, pour l'épuration des eaux de récupération, comme encre pour les billets de banque, dans les enceintes audio de haute qualité ou à d'autres fins de recherche.

Jusqu'à présent, aucune norme internationale de définition et de mesure des propriétés magnétiques de ces nanoparticules n'existe. Ceci porte atteinte à la confiance des consommateurs envers la sécurité, la fiabilité et le fonctionnement des produits à base de nanoparticules magnétiques, et constitue un sérieux obstacle pour les producteurs de ces nanoparticules. Ces derniers sont principalement des petites et moyennes entreprises qui ne peuvent résoudre ce problème par leurs propres moyens.

5°

Les nouveaux produits de l'IRM

Le Laboratoire de Magnétisme Environnemental (LME) à Dourbes prend part au projet européen MagNaStand qui a pour objectif principal de développer des méthodes et des techniques de mesure afin d'assurer un apport scientifique hautement qualifié lors de la préparation du document ISO 19807 sur la nouvelle norme internationale "Liquid suspensions of magnetic nanoparticles". Entre autres tâches, le LME est en train de tester de manière concrète des méthodes de mesure appropriées des propriétés magnétiques telles que la magnétisation de saturation et force coercitive, ou en testant le degré d'interaction entre les particules magnétiques, soit, la possible agglomération de ces particules, dans ce ca-ci.

Durant la première phase du projet, deux échantillons différents de nanoparticules magnétiques ont été examinés dans le but d'identifier des paramètres caractéristiques et donc de pouvoir identifier de possibles sources d'erreur dans la procédure de mesures. Les paramètres à déterminer sont la magnétisation de saturation M_s et la force coercitive H_c . Le premier paramètre (M_s) est caractéristique d'un magnétisme de type minéral et dépend de la seule masse. Le deuxième paramètre (H_c) est, dans le cas présent, caractéristique de la taille des nanoparticules, et non seulement de la masse seule. Un des échantillons examinés était constitué de ~150 nm de particules de magnétite (Fe_3O_4), l'autre, de particules de maghémite ($-Fe_2O_3$), de la taille de 34 nm. Afin de pouvoir détecter de possibles sources d'erreur, quatre sous-échantillons différents ont été extraits des deux premiers.

Des courbes d'hystérèse magnétique (les valeurs prises lors de l'aimantation diffèrent de celles prises lors de la désaimantation) furent mesurées pour les deux échantillons. Lors de telles mesures, le champ magnétique est appliqué par pas de 0 à +5 T, de +5 à -5 T et de -5 à +5 T (le T représente le Tesla et est l'unité utilisée pour qualifier une champ magnétique). La magnétisation de l'échantillon est mesurée à chaque palier. Les mesures de l'hystérèse permettent de déterminer la magnétisation de saturation M_s et la force coercitive H_c (voir Figure 1). Ces mesures ont pu être effectuées grâce à un magnétomètre super conducteur quantique, récemment acquis par l'IRM.

L'analyse d'erreurs a révélé que les valeurs réelles mesurées, les moments magnétiques, ne sont pas affectés par de grandes erreurs. Pour les sous-échantillons, elles ont varié entre 0.001 et 0.009%. Quoi qu'il en soit, et afin de pouvoir comparer les sous-échantillons qui ont tous des masses différentes, les valeurs réelles mesurées doivent être divisées par les masses correspondantes, afin de les convertir en M_s . L'écart type de la moyenne de M_s des 4 sous-échantillons est bien plus élevé, soit entre 2 et 4 % pour la magnétite et la maghémite, respectivement. L'erreur de la force coercitive n'est pas affectée par la masse et est bien plus petite, soit 0.01 et 0.3 % pour la maghémite et la magnétite, respectivement. En ce qui concerne la précision, les valeurs moyennes obtenues par le LME diffèrent de 3 à 5% des valeurs de références publiées dans la littérature scientifique ; pour H_c et M_s respectivement, et pour les deux échantillons.

En conclusion, on peut affirmer que la détermination de la masse de chaque sous-échantillon, qui est de l'ordre de quelques milligrammes, est la plus importante source d'erreur. Une autre source d'erreur se situe au niveau de la détermination de la force coercitive H_c . La force coercitive n'est pas une valeur mesurable, elle doit être déterminée par interpolation entre des valeurs mesurées et le niveau de départ de cette fonction. La précision de la mesure est donc liée à la densité des points de mesure et à plusieurs paramètres instrumentaux. Une future norme ISO ne devrait donc pas seulement fournir une procédure de mesures magnétiques mais aussi donner des instructions quant au pesage des échantillons et au traitement des données.

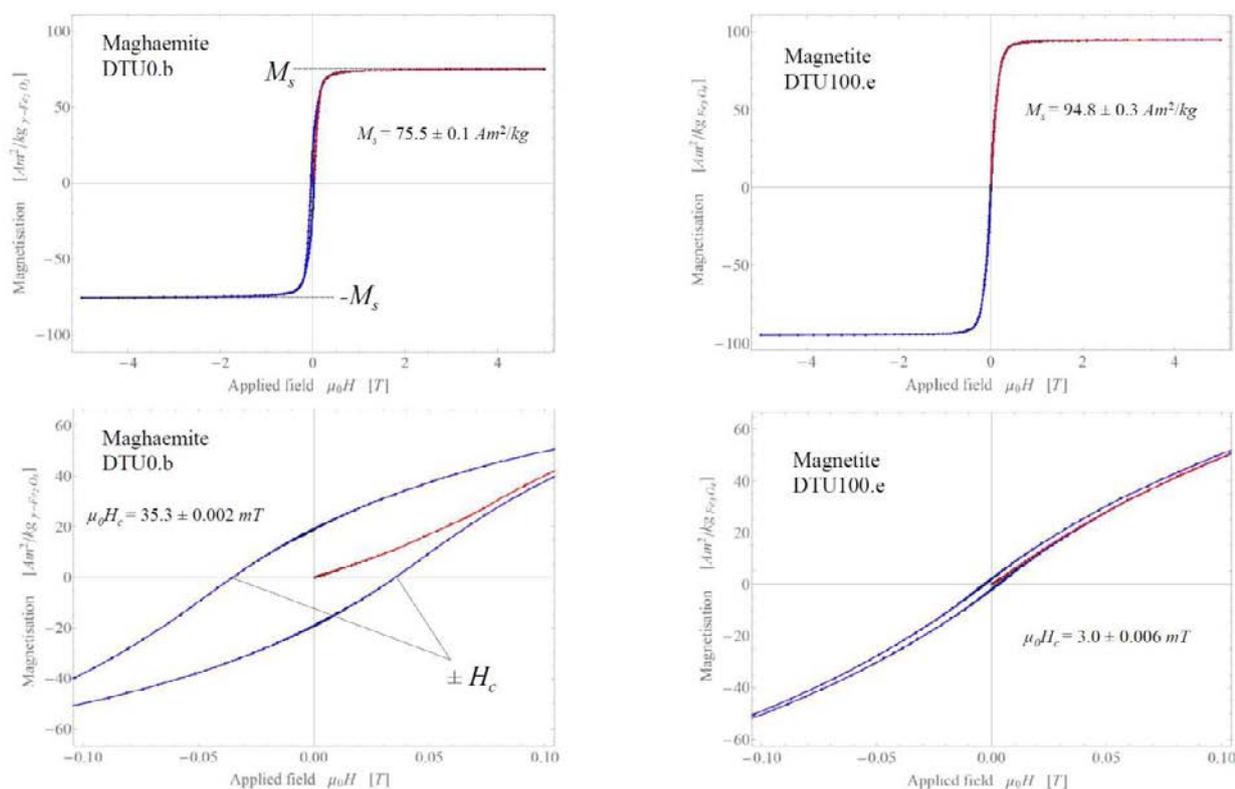


Figure 1: Mesure de l'hystérèse magnétique d'un sous-échantillon de maghaemite (à gauche) et d'un sous-échantillon de magnétite (à droite). Les deux diagrammes du bas représentent un zoom de la région de faible champ de chaque diagramme du haut. Les définitions de magnétisation de saturation (M_s) et la force coercitive H_c sont indiquées dans les diagrammes de gauche. Le cycle de mesures débute par l'augmentation du champ appliqué par étapes de 0 à +5 T (courbe rouge). Le champ est ensuite diminué par étapes de +5 T à -5 T et de nouveau augmenté jusque +5T (courbes bleues). A chaque étape du champ, cinq mesures ont été prises. Les points noirs sont des valeurs de mesures moyennes. Les deux échantillons diffèrent de manière significative par la taille de leurs grains, ce qui est représenté par H_c .





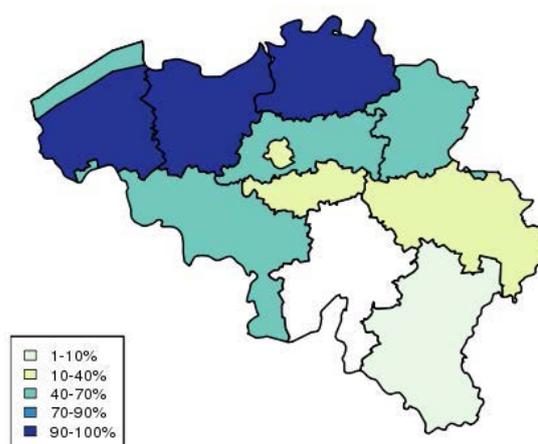
LE SERVICE SCIENTIFIQUE RECHERCHE MÉTÉOROLOGIQUE ET CLIMATOLOGIQUE

PRÉVISIBILITÉ

Le service scientifique Recherche météorologique et climatologique prend une part active dans le développement du système de prévisions numériques ALARO, dans le cadre du consortium international ALADIN. En 2017, la physique de la configuration d'ALARO a été étendue afin de faire tourner le modèle en hautes résolutions, et les interactions entre les processus convectifs et les schémas nuageux ont été affinés. Une nouvelle série opérationnelle de runs de prévisions numériques a été installée. Celle-ci fournit des prévisions 4 fois par jour à une résolution de 4 km, et pour une échéance de 60 heures. Une série expérimentale avec une résolution de 1.3 km a été testée, ce qui a permis d'améliorer le schéma de surface.

Lorsque l'indice de confiance de la prévision est livré avec celle-ci, l'utilisateur final de la prévision est plus apte à prendre une décision. Cet indice de confiance peut être calculé via la technique dite d'ensemble. Le système d'ensemble le plus connu est celui de l'EC-MWF. Sa résolution en est malheureusement assez faible, c'est pourquoi l'IRM développe son propre système d'ensemble, appelé RMI EPS, qui tourne à une résolution de 2.5 km. Ce système tourne depuis 2017 de manière semi-opérationnelle et une première validation a pu avoir lieu. Il ressort de cette analyse une certaine plus-value par rapport à l'EPS du Centre européen au niveau de sa précision comme au niveau de sa fiabilité. Un exemple en est donné à la figure suivante qui représente une prévision de neige, pour le 11 décembre 2017.

RMI-EPS Regional Prob SNOW6h over 3mm (Legend)
Analysis: 2017/12/10 12UTC T+027 VT: 2017/12/11 15UTC



Probabilité de chute de neige prévue par RMI EPS, le 11 décembre 2018.

2017 a également vu l'installation d'un modèle numérique développé par nos collègues du KNMI, afin de fournir des prévisions de l'état des routes belges. Ce modèle utilise les données numériques d'ALARO comme input.

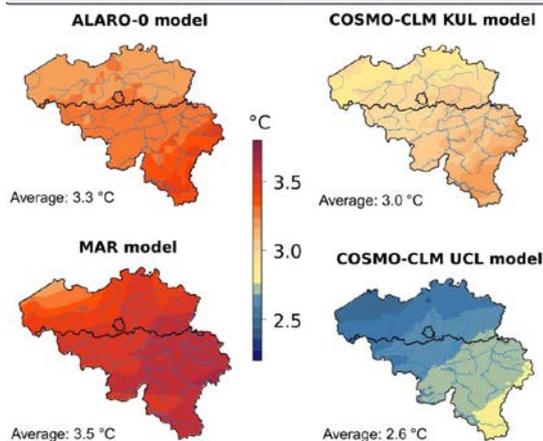
Ce service scientifique effectue aussi de la recherche fondamentale afin d'améliorer nos connaissances scientifiques sur la prévisibilité. A cette fin, nous faisons constamment usage de modèles simplifiés. En 2017, les propriétés de prévisibilité d'un modèle couplé océan-atmosphère ont été étudiés dans le but de trouver un ratio entre les contributions relatives des différents composants. A l'aide de ces modèles, il nous est également possible d'analyser l'influence des oscillations globales, sur la production de prévisions décennales (prévisions pour environ 10 années). Une possible influence de l'El Niño Southern Oscillation (ENSO) est aussi à l'étude.

Les prévisions numériques peuvent être améliorées à posteriori par des techniques statistiques : le postprocessing. Les erreurs du modèle sont, tout d'abord, quantifiées de manière statistique. Ces statistiques sont ensuite utilisées pour corriger les modèles en temps-réel, avant que les données ne soient envoyées aux utilisateurs finaux. Un des membres

du service scientifique a publié un livre qui traite du développement de ces techniques de postprocessing des prévisions d'ensemble. Le service scientifique Recherche Météorologique et Climatologique a appliqué ces techniques à un modèle hydrologique nommé SCHEME. Plusieurs systèmes de prévisions saisonnières (les données multi-modèles EUROSIP de l'ECMWF) ont été validés pour l'Europe de l'ouest. L'IRM développe lui aussi un software de contrôle de qualité des prévisions. En 2017, leHIRLAM ALADIN R Package (HARP) a été mis à disposition du milieu de la recherche internationale.

ÉTUDES D'IMPACT

Average warming following RCP8.5 period 2070-2100



Réchauffement de la Belgique jusque la fin du 21^{ème} siècle, selon les modèles utilisés dans le projet CORDEX.be

Le projet CORDEX.be a été clôturé en 2017. Ce projet a été financé par BELSPO pendant 2 ans et a rassemblé 10 partenaires belges issus d'universités et d'institutions de recherche afin de travailler de manière cohérente sur le développement de scénarios climatiques pour la Belgique, en accord avec les principes de projets internationaux tels que CMIP5 et CORDEX. Les scénarios belges vont dans la même direction que les résultats du 5th Assessment Report du GIEC (AR5), et vont même une étape plus loin : ils simulent le changement climatique de manière beaucoup plus détaillée. Certains scénarios ont été calculés à très haute résolution, et simulent le changement climatique de la Belgique sur une grille de 3 à 4 km. Il a été scientifiquement démontré que ces simulations à haute résolution apportent une plus-value pour la simulation des précipitations extrêmes. De plus, un certain nombre de partenaires du projet ont pu estimer les impacts de risques liés pour la Belgique. Ce projet fut conclu par une réunion des parties-prenantes, le 25 septembre 2017. Lors de cette réunion, une attention accrue a été portée à la communication envers les autorités et le grand public. Un Monsieur météo bien connu (F. Deboosere) y fut invité à présenter un bulletin météo du futur. Ce dialogue entre tous les intervenants a mené à certaines initiatives comme par exemple, l'utilisation des scénarios de CORDEX.be pour le futur plan d'adaptation national belge. Les résultats sont publiés sur le site de CORDEX.be : www.euro-cordex.be.



Les participants à la Stakeholders meeting de CORDEX.be du 25 janvier 2017



L'IRM a fourni, en collaboration avec différents partenaires, un certain nombre d'études d'impact climatique à des universités et instituts de recherche. Les scénarios de CORDEX.be ont été utilisés pour ce faire, et les futures modifications dans l'apparition des vagues de chaleur dues au changement climatique furent entre autres étudiées. L'influence du changement climatique sur les épisodes de précipitations extrêmes fut aussi calculée. Beaucoup de travail a été effectué quant à l'influence des effets urbains sur le climat et la survenance des épisodes de smog en hiver, dus au changement de climat. Le modèle climatique de l'IRM a été adapté afin de pouvoir simuler des scénarios d'occupation du sol. Grâce à ceci, il a pu entre autres être montré qu'une urbanisation grandissante en Flandre aurait comme effet un changement climatique secondaire local, qui pourrait être comparé au changement climatique prévu en cas d'augmentation des gaz à effet de serre. De nouvelles techniques statistiques ont été développées ainsi que de nouveaux indices d'épisodes de sécheresse et de qualification de précipitations extrêmes. Les études d'impact de l'IRM sont principalement centrées sur la Belgique, mais d'autres études ont aussi été menées pour l'Afrique (Ethiopie et Congo), ainsi que pour l'Asie centrale.

Les modèles sont utilisés afin de générer des sets de données météorologiques. L'IRM retravaille des images transmises par des satellites d'EUMETSAT, via un modèle de surface, afin de pouvoir en déduire les échanges de chaleur et d'humidité entre la surface et l'atmosphère. L'étude de ces échanges est importante afin de pouvoir mieux comprendre les cycles d'énergie de l'atmosphère et leur contribution au changement de climat. Un nouveau type d'instruments a été testé, l'eddy-covariance, qui permet de mesurer ces échanges et donc de pouvoir aussi valider les modèles pour la Belgique. En collaboration avec l'Université d'Anvers, le modèle de surface a été élargi afin d'évaluer l'impact de la végétation sur l'atmosphère dans les modèles, et de pouvoir l'implémenter. Le but de cette démarche est de pouvoir produire de telles données dans le futur, avec une résolution de quelques centaines de mètres.

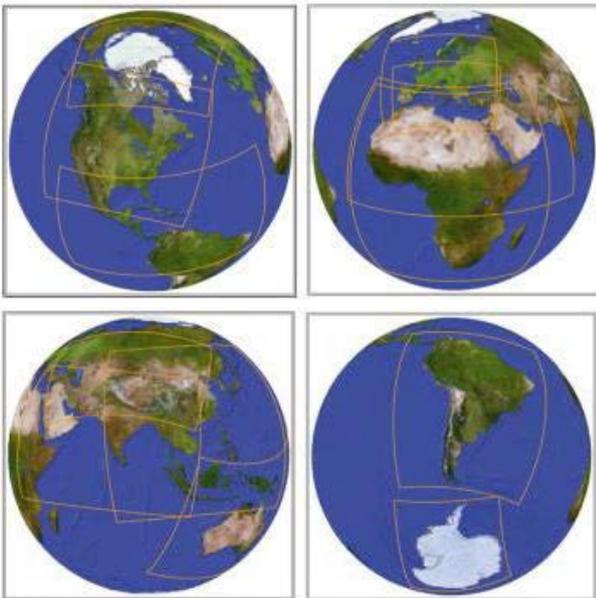
LES PROJECTIONS CLIMATIQUES DE L'IRM ET DE L'UGENT PUBLIÉES POUR LA RECHERCHE INTERNATIONALE

Ces deux dernières années, l'IRM a travaillé avec l'Université de Gand (UGent) à un projet ambitieux : calculer des projections climatiques à haute résolution pour l'Europe. Le modèle climatique régional de l'IRM, ALARO-0, est capable de simuler le climat pour des périodes passées aussi bien que pour différents scénarios futurs jusqu'en 2100. Le résultat de ces simulations est à présent validé et publié sur le site internet de l'ESGF (Earth System Grid Federation). Les données climatiques disponibles dans cette archive sont utilisées par des scientifiques et des décideurs dans le monde entier, pour de la recherche sur le climat mais aussi pour les rapports du GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat).

MODÈLES CLIMATIQUES : DU GLOBAL VERS LE RÉGIONAL

Les modèles climatiques globaux fournissent des projections à une résolution de 100 à 200 km. C'est sur base de ces projections climatiques que le changement de climat global peut être étudié, et en particulier, l'influence exercée par les concentrations en gaz à effet de serre toujours plus élevées sur la température de l'atmosphère. Afin de pouvoir se faire une meilleure idée de l'impact local du changement de climat, nous avons besoin d'un modèle qui fournisse plus de détails ou à plus haute résolution. Un modèle plus détaillé est d'autant plus appréciable pour l'étude des précipitations et des conditions météorologiques extrêmes. Ces modèles climatiques plus détaillés sont couplés à des modèles globaux et en quelque sorte, effectuent un «zoom» sur une région particulière. Ce processus est communément appelé «downscaling» (réduction d'échelle). Le projet international CORDEX (CORDEX pour COordinated Regional climate Downscaling Experiment) veille à la cohérence de toutes ces simulations climatiques régionales. Les régions (voir figure ci-dessous), les

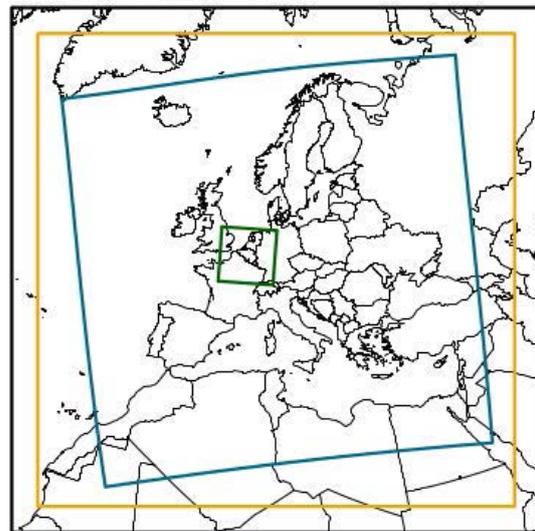
variables ainsi que différents scénarios d'émission de gaz à effet de serre sont prédéfinis dans le projet CORDEX.



L'IRM et son modèle climatique régional ALARO-0, contribuent à EURO-CORDEX, la branche européenne du projet CORDEX. Ce modèle y est utilisé depuis que son potentiel à des fins climatiques a été prouvé, suite à des simulations réalisées pour la Belgique. ALARO-0 a été validé à l'aide de simulations sur l'Europe, comparées aux observations réelles. Les résultats exceptionnellement concluants au niveau des précipitations et à différentes échelles, sont dus à la modélisation innovante des processus physiques dans le modèle de prévisions numériques ALARO, développé en partie par l'IRM.

Ces simulations jouent un rôle important dans le projet national CORDEX.be. Les simulations européennes de CORDEX y sont utilisées afin de calculer de nouvelles projections climatiques «IRM» pour la Belgique et à haute résolution de 4 km (voir figure ci-dessous, cadre vert). Les résultats pour la Belgique sont à leur tour utilisés dans des modèles d'impact local qui nous permettront, par exemple, d'étudier les effets du changement climatique sur le climat urbain, la croissance des végétaux, la hauteur des vagues en mer et la composition de l'atmosphère.

- EURO-CORDEX
- ALARO-0 EURO-CORDEX 50 km
- ALARO-0 EURO-CORDEX 12.5 km
- ALARO-0 CORDEX.be 4 km

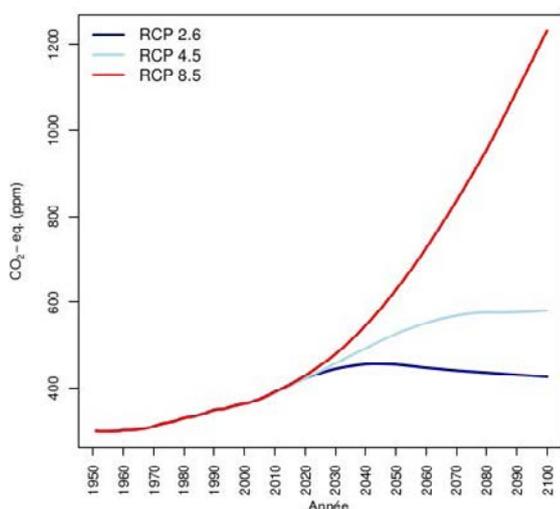




TROIS SCÉNARIOS POUR LES GAZ À EFFET DE SERRE

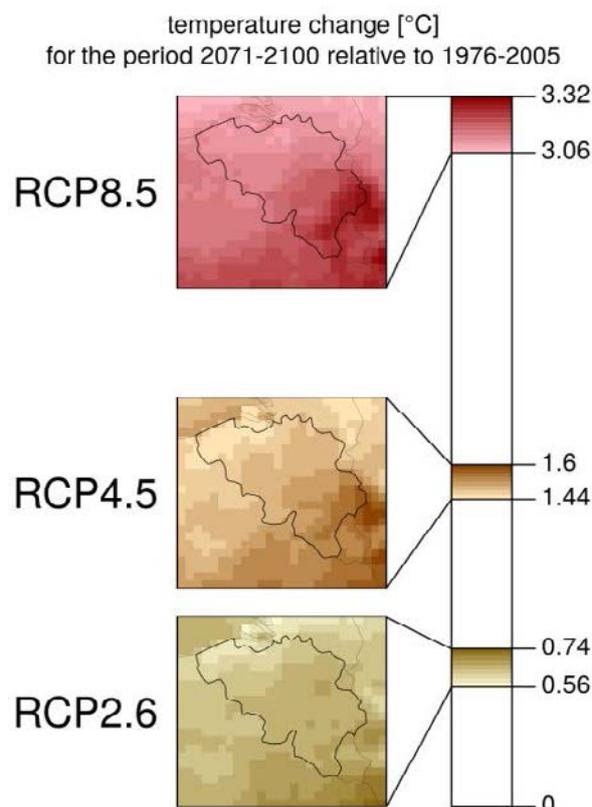
Afin d'étudier le changement de climat, une première simulation par modèle pour une période historique (1950-2005) a été effectuée, suivie par des projections climatiques calculées sur la période 2006-2100. Ces simulations ont été calculées pour trois scénarios différents d'émission de gaz à effet de serre. L'évolution des concentrations des gaz à effet de serre, représentés dans ces trois scénarios appelés Representative Concentration Pathways (RCP), sont décrites à la figure ci-dessous : (i) une forte augmentation (RCP 8.5, en rouge), (ii) une augmentation suivie d'une stabilisation graduelle (RCP 4.5, en bleu clair), et (iii) une augmentation suivie d'une diminution de ces concentrations d'ici la fin de ce siècle (RCP 2.6, en bleu foncé).

Les émissions totales de gaz à effet de serre dépassent aujourd'hui même le plus pessimiste des trois scénarios, le RCP 8.5. Lors de la dernière conférence sur le climat à Paris, 174 pays ont décidé que le réchauffement global devait rester largement en dessous de 2°C. Afin de pouvoir atteindre cet objectif, les émissions de CO₂ doivent diminuer dans le monde entier.



LE CHANGEMENT CLIMATIQUE EN BELGIQUE

L'impact du changement climatique pour un scénario en particulier est calculé sur base de la différence obtenue entre une projection climatique et la simulation pour la période historique. Les trois prochaines figures montrent la différence pour les températures à 2 m prévues par les trois scénarios, entre les périodes 2071-2100 et 1976-2005. Le scénario le plus optimiste (RCP 2.6), ne prévoit qu'un réchauffement limité à moins de 1°C. Le scénario le plus pessimiste (RCP 8.5) quant à lui, prévoit un réchauffement de plus de 3°C en Belgique.



LE SUPER CALCULATEUR TIER-1

Grâce à notre collaboration avec l'UGent, les simulations climatiques ont pu être effectuées sur Tier-1, le premier cluster de calcul du Vlaams Supercomputer Centrum, géré par la cellule HPC de l'UGent. Cette machine, qui peut effectuer jusqu'à 175 000 milliards de calculs par seconde, représente pour le moment la puissance de calcul la plus importante mise à notre disposition.

Pour obtenir ces simulations climatiques, plusieurs centaines de processeurs de ce superordinateur ont résolu en parallèle les équations mathématiques de l'atmosphère. Si il avait fallu calculer ceci sur base d'un seul processeur, pas moins de 8 siècles d'attente auraient été nécessaires afin d'obtenir ce résultat. Les simulations ont généré un total de 1 petabyte (= 1 million de gigabytes) de données, retravaillées pour ne garder «que» 200 terabytes (200 000 gigabytes) de données climatiques utilisables.

LE DÉFI DE LA PRÉVISION CLIMATIQUE : DE LA SAISON À LA DÉCENNIE

L'atmosphère est un système dont l'une des caractéristiques principales est qu'une petite erreur commise sur la connaissance de son état initial – information utilisée pour effectuer des prévisions à partir des modèles numériques du temps – croît de manière rapide et limite l'horizon de prévision à quelques jours, voire quelques semaines. Dans le domaine de la météorologie cette propriété est connue sous le terme technique de « sensibilité aux conditions initiales ». Cette propriété introduit une barrière apparemment infranchissable à notre désir de fournir des prévisions sur des échelles de temps plus longues allant du mois à la décennie.

L'atmosphère est toutefois couplée aux autres composantes du système climatique (océan, glace, biosphère, lithosphère) qui contribuent aux modifications des propriétés statistiques de l'atmosphère. Comme ces autres composantes du système climatique présentent des variations lentes, on peut naturellement penser qu'elles peuvent induire également des variations lentes dans l'atmosphère que nous pouvons espérer prévoir. La résolution de cette question est encore au stade embryonnaire et de nombreux groupes à travers le monde tentent d'y répondre.



Image satellitaire de l'ouragan de catégorie 3 Gonzalo, le 17 octobre 2014. Crédits: NASA



L'équipe de l'unité de météorologie et climatologie dynamique du Service Scientifique « Recherche » de l'IRM contribue à ce débat scientifique en explorant les effets des couplages entre les différentes composantes du système climatique, et en particulier celui de l'océan sur l'évolution des propriétés statistiques de l'atmosphère. Pour donner un exemple bien connu, le phénomène climatique El Niño se produisant sur les côtes de l'Amérique du Sud est fortement lié au couplage qui existe entre l'océan et l'atmosphère au niveau du Pacifique tropical et dont l'évolution peut se prévoir plusieurs mois à l'avance. La même problématique se pose dans les zones extratropicales, et en particulier celle d'évaluer notre capacité de prévoir l'évolution de certaines variables climatiques à l'échelle saisonnière, voire décennale, au niveau des continents des deux hémisphères.

L'équipe de l'IRM, en collaboration avec le laboratoire de météorologie dynamique de Paris, a montré qu'un couplage important existe entre l'océan et l'atmosphère au niveau de l'Atlantique nord pouvant avoir une influence sur la variabilité à long terme de l'atmosphère et sur notre capacité de prévision.

Cette étude a été mise à l'honneur dans le journal EOS de l'American Geophysical Union.

PLURISK : «PRÉVISION ET GESTION DES INONDATIONS LORS DE PRÉCIPITATIONS EXTRÊMES EN MILIEU URBAIN»

Les précipitations extrêmes en milieu urbain peuvent représenter une menace pour ses habitants et occasionner de lourds dégâts aux habitations et aux infrastructures. Afin de pouvoir mieux prévoir et gérer ces inondations urbaines, le projet de BELSPO appelé PLURISK a vu le jour, mettant en collaboration l'IRM, la KULeuven et l'Ulg.

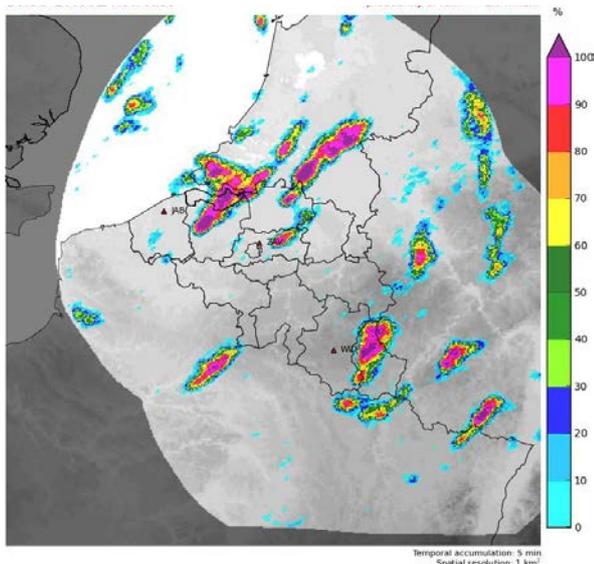
Un des buts premiers du projet PLURISK est l'amélioration des prévisions de précipitations à très court terme, aussi appelées "nowcasts". Ces prévisions servent d'inputs à la modélisation innovatrice des inondations. Ces modèles peuvent prévoir quelles portions des rues sont susceptibles d'être inondées.



La chercheuse de l'IRM, Lesley De Cruz, a reçu une récompense pour un poster sur STEPS-ALARO, à la conférence Weather Radar and Hydrology (WRaH) de 2017.

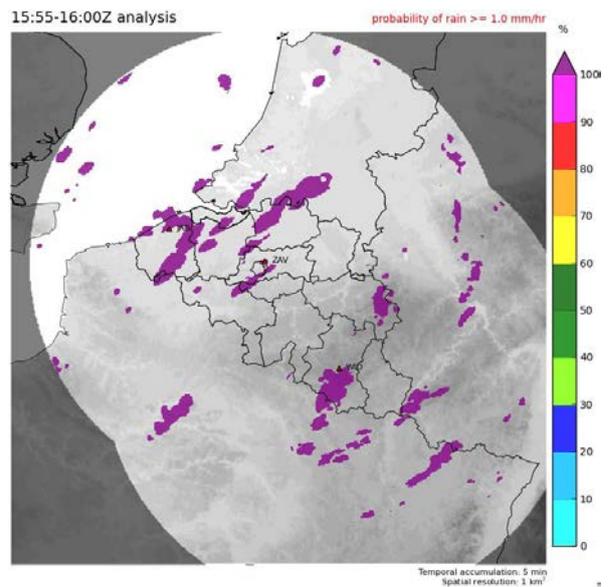
La fourniture de nowcasts pour la Belgique est rendue possible grâce aux radars de l'IRM qui donnent une image des précipitations à tous moments et pour tout le pays. Sur base des images radar les plus récentes, le système INCA-BE fournit un nowcast qui peut être visualisé via l'app mobile de l'IRM.

Un nouveau genre de système nowcasts a été mis en place dans le cadre du projet PLURISK : STEPS-BE. Une probabilité de précipitations est calculée par ce nouveau système, sur base de la situation actuelle. On y constate par exemple que l'incertitude est plus élevée lors d'orages estivaux que lors de la prévision du passage d'une grande zone frontale de précipitations. La probabilité d'une inondation est un facteur capital dans le processus de décision lors d'une évacuation, par exemple. L'interface de visualisation de STEPS-BE a été utilisée par des utilisateurs-test, dont la Ville de Gand et la société Farys.



Carte montrant la probabilité de précipitations modérées (>1mm/heure). Prévision du modèle STEPS-BE.

Un nouveau module de STEPS-BE a également été développé et nommé STEPS-ALARO. Ce module utilise, en plus des images radar, les prévisions du modèle ALARO, le modèle de prévisions numériques opérationnel de l'IRM, afin d'améliorer les nowcasts de STEPS-BE. Cette étape était importante afin de pouvoir prévoir les précipitations plusieurs heures à l'avance.



Carte montrant la probabilité de précipitations modérées (>1mm/heure), sur base des observations de l'heure précédente.

L'IRM a organisé un symposium PLURISK le 4 octobre 2017 au Planetarium de Bruxelles, afin d'en présenter les résultats. Les parties prenantes au projet ont également été invitées à fournir leur avis. Le symposium a attiré un public très varié, allant d'universitaires belges mais aussi étrangers, des services météorologiques, des services hydrologiques régionaux, des bureaux d'étude, des représentants de grandes villes ainsi que des gestionnaires de l'eau.



LE SERVICE SCIENTIFIQUE OBSERVATIONS

Onze nouvelles stations gérées par le Météowing ont été intégrées dans la base de données de l'IRM en 2017, voir la figure AWS.

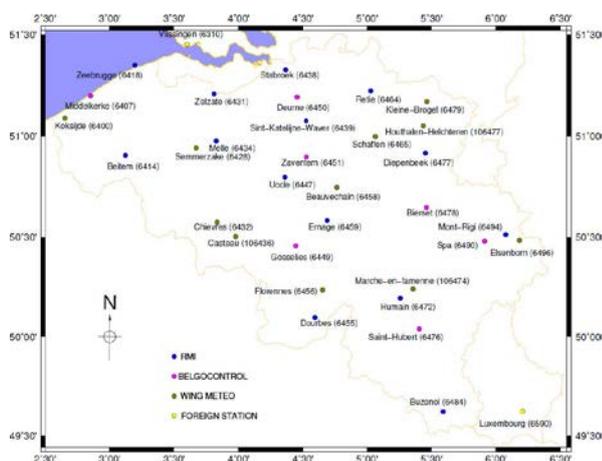


Figure AWS : Localisation des stations automatiques de l'IRM, du Météowing et de Belgocontrol.

GERB est le seul instrument au monde à mesurer le cycle journalier du rayonnement terrestre sortant. Ce cycle journalier est étroitement lié au fonctionnement de la convection tropicale. Grâce à un travail de lobby de l'IRM débuté en 2012, Eumetsat a placé son satellite Meteosat-8 depuis octobre 2016 au-dessus de l'Océan indien. En 2017, cette nouvelle position du satellite a été utilisée pour la validation et l'extension des produits GERB (voir Figure GERB), ainsi que pour la mesure de la hauteur des nuages au-dessus de l'Europe (voir Figure stéréoscopie). Ces hauteurs de nuage ont pu être validées à l'aide de nos mesures LIDAR.

Clear Sky TOA Albedo

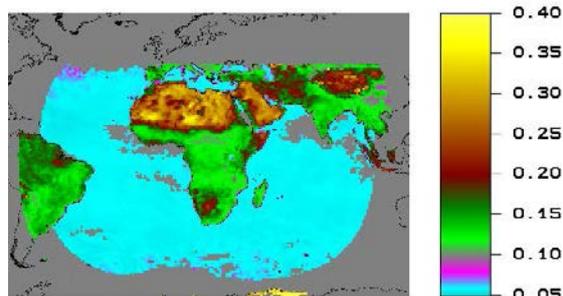


Figure GERB : Albédo au sommet de l'atmosphère par ciel serein, déduit de la combinaison de Meteosat-8 et Meteosat-10, pour novembre 2016.

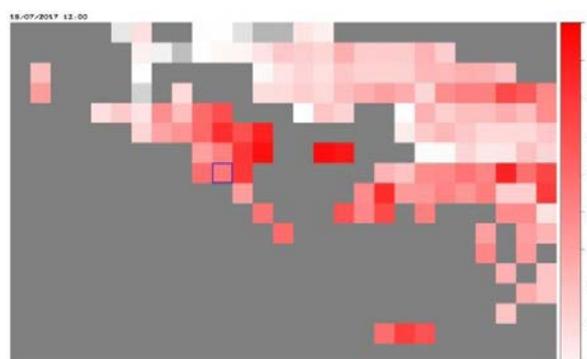
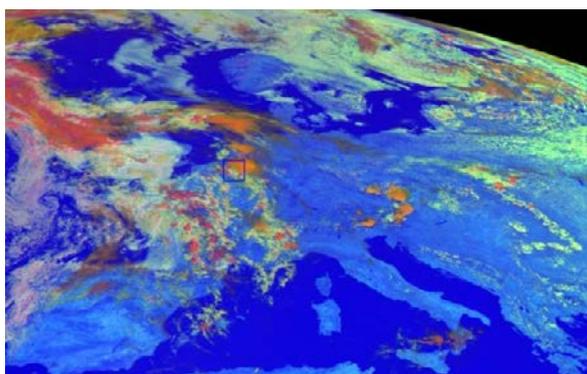


Figure stéréoscopie :
En haut : images satellite RGB de Meteosat-10 au-dessus de l'Europe le 19/7/2017 12:00 UTC.
En bas : hauteur de nuage analogue déterminée par stéréoscopie grâce à la combinaison Meteosat -8/10.

Les résultats de GERB et de la stéréoscopie peuvent être potentiellement étendus aux satellites japonais Himawari 8 à 104,7° Est et américain Goes 16 à 75° Ouest (voir Figure Georing).

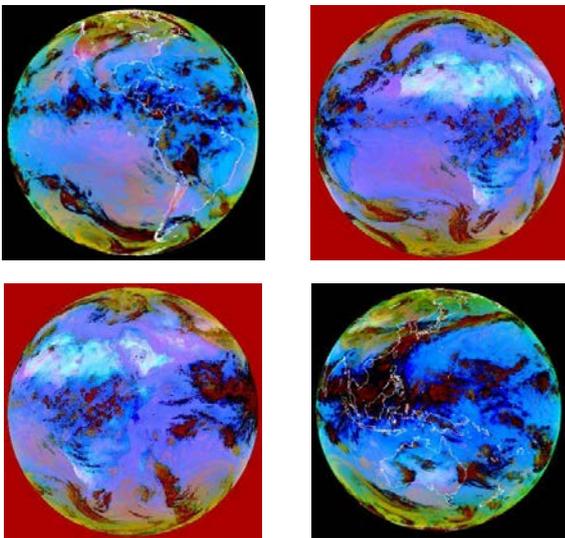


Figure Georing : Images satellites RGB géostationnaires simultanées le 14/10/2017 à 12:00 UTC. De gauche à droite : Goes-16 à 75° O, Meteosat 10 à 0°, Meteosat 8 à 41,5° E, Himawari-8 à 104,7° E. sur les images de Meteosat 10 et Goes 16, on peut observer l'ouragan Ophelia au-dessus du nord de l'Océan atlantique.

LE PROTOCOLE DE MONTRÉAL A 30 ANS !

Le samedi 16 septembre, cela faisait précisément 30 ans que de nombreux pays membres des Nations Unies ont signé le Protocole de Montréal, à Montréal, dans le but d'enrayer l'utilisation des substances qui détruisent la couche d'ozone.



Un peu d'histoire

2 ans avant la signature du protocole, en 1985, le britannique Joseph Farman et ses collègues ont publié un article dans la prestigieuse revue scientifique « Nature », dans lequel ils rapportaient la baisse dramatique des quantités totales d'ozone mesurées pendant le mois d'octobre durant les années '80, au-dessus de leur base Halley Bay en Antarctique, par rapport à la période de mesures précédente. L'expression « trou dans la couche d'ozone » fut employée pour la première fois peu de temps après.

Bien que les chercheurs Mario Molina & Sherwood Rowland avaient déjà en 1974, aussi dans Nature, averti de la menace que l'usage massif des CFC (ChloroFluoroCarbure) dans l'industrie faisait peser sur la couche d'ozone, la découverte de la destruction de l'ozone au-dessus du Pôle sud fut une grande surprise et un fait inexplicable de par les expériences et les connaissances en chimie de l'époque. La dissolution de l'ozone a par contre été directement re-



connue comme étant une affaire sérieuse et grave, car, bien que l'ozone (une molécule composée de 3 atomes d'oxygène : O₃) ne soit présent dans l'atmosphère qu'en faibles quantités, il joue un rôle fondamental pour la vie sur Terre. L'ozone sert de « bouclier » contre la majeure partie du rayonnement ultra-violet du Soleil. Sans cette couche d'ozone dans notre atmosphère, notre peau brûlerait en un instant empêchant toute vie sur la planète, du moins sur terre.

Si l'ozone contenu dans l'atmosphère était comprimé à la même pression que celle opérant à la surface de la Terre, la couche d'ozone ne ferait que 3 mm d'épaisseur ! Les plus hautes concentrations d'ozone sont rencontrées à des altitudes de 20 à 25 km.

Dans le Protocole de Montréal, signé en 1987 après de longues négociations, a été établi que la production et l'utilisation de composants détruisant la couche d'ozone (pas seulement les CFC, mais aussi les composants chlorés ainsi qu'au brome) devrait être arrêtée pour l'année 2000. Le hollandais Paul Crutzen et ses collègues ont découvert en 1992 la pièce manquante du puzzle qui permet de comprendre les causes du trou dans la couche d'ozone.

Les réactions chimiques à la surface des nuages de particules atmosphériques présents au-dessus des Pôles, mènent à la création de composés chlorés réactifs qui peuvent dissoudre l'ozone de manière très efficace.

De par nos connaissances croissantes (entre autres publiées dans le rapport quadri annuel sur l'état de la couche d'ozone), plusieurs amendements au Protocole de Montréal ont pu y être ajoutés (le dernier en octobre 2016), au sujet de l'interdiction de composants supplémentaires qui attaquent la couche d'ozone. Ajoutons également que les scientifiques Molina, Rowland et Crutzen ont reçu le prix Nobel de chimie en 1995 pour leurs recherches révolutionnaires sur l'ozone atmosphérique !

Le Protocole de Montréal est-il efficace ?

Certainement ! Lorsque nous regardons l'évolution temporelle de l'Equivalent Chlore Stratosphérique Efficace (ECSE, voir Figure 1), on peut voir que celui-ci atteint une valeur record en 1997 (= potentiellement la plus haute dissolution d'ozone jamais observée), et depuis, diminue, lentement mais sûrement.

L'ECSE est une mesure relative de la dissolution potentielle de l'ozone atmosphérique qui est obtenue en calculant les concentrations de surface de tous les composants détruisant l'ozone (aussi bien au chlore qu'au brome) par rapport à leur impact sur la dissolution de l'ozone aux plus hautes couches atmosphériques.

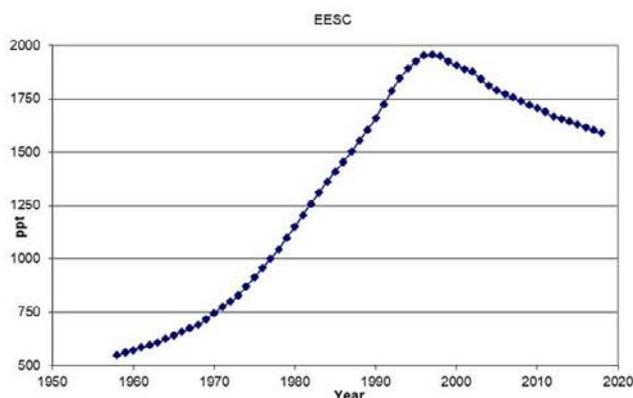


Figure 1: Évolution temporelle annuelle des observations et des prévisions de l'Equivalent Chlore Stratosphérique Efficace (ECSE), en nombre de particules par trillion de particules. La valeur maximale a été atteinte en 1997.

Les concentrations d'ozone les plus basses ont presque toutes été mesurées dans le milieu des années '90, également à Uccle (voir Figure 2). La question scientifique est maintenant de savoir si cette nouvelle augmentation de l'ozone est significative ou non. Au milieu de l'année dernière, un article a été publié dans cette autre revue scientifique de renom qu'est « Science », dans lequel le début de la guérison de la couche d'ozone en Antarctique est annoncée.

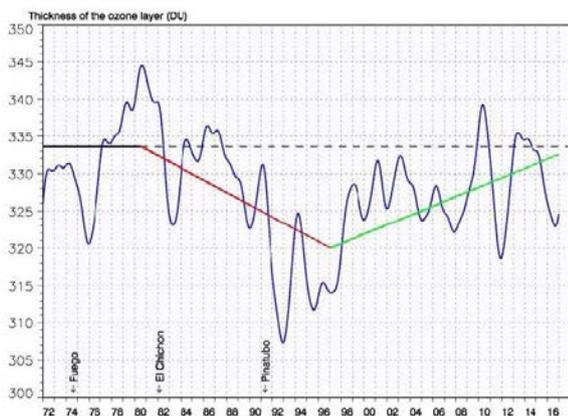


Figure 2 : Évolution de l'épaisseur de la couche d'ozone au-dessus d'Uccle. L'affaiblissement de la couche d'ozone durant la période 1980-1997 est représentée en rouge, sa reconstruction sur la période 1997-2016 est indiquée en vert. Les grandes explosions volcaniques (comme celle du Pinatubo aux Philippines en juin 1991) causent des chutes provisoires dans les quantités totales d'ozone.

La prudence est ici de rigueur, car les CFC ont une très longue durée de vie dans l'atmosphère. Certaines modélisations annoncent aussi qu'il faudra attendre le milieu de ce siècle (2050 à 2060) avant de retrouver les niveaux de concentrations en ozone des années '70 ! quoi qu'il en soit, le Protocole de Montréal est l'exemple idéal de comment la science et la diplomatie internationale peuvent résoudre ensemble un immense problème écologique. Cela sera-t-il possible pour les négociations sur le climat ?

L'IRM et l'ozone

L'IRM a un long passé de recherche sur l'ozone. Dès 1969, il a été décidé de réaliser des sondages d'ozone de manière opérationnelle 3 fois par semaine, à l'aide de ballons-sonde. Ces mesures livrent la répartition verticale des concentrations d'ozone jusqu'à des altitudes de 30 à 35 km. Cette série temporelle de mesures d'ozone quasi ininterrompue est, grâce à sa haute fréquence et à sa durée de presque 50 années, assez unique au monde. Uccle forme ainsi avec Hohenpeissenberg (Allemagne) et Payerne (Suisse) le « grand trio ». Pour compléter ces mesures, un instrument mesurant la quantité totale de l'ozone atmosphérique a été développé en 1971. Un instrument similaire est actif depuis quelques années durant les mois de décembre, janvier et février, à la station polaire belge Princesse Elisabeth en Antarctique. L'IRM est également impliqué dans la validation d'observation satellitaires d'ozone par les satellites météorologiques opérationnels (voir <http://acsaf.org/> et <http://www.esa-ozone-cci.org/>)



EUBREWNET (European Brewer Network) (2013-2017) : une action-COST réussie

Le 29 avril 2013 à Bruxelles fut donné le coup d'envoi d'une nouvelle action-COST à laquelle participent 20 pays européens. Cette action a été clôturée le 30 juillet 2017 avec succès. L'IRM représentait la Belgique dans ce projet. Plusieurs membres du Service Scientifique "Observations" ont pris une part active aux différents workshops et réunions, et l'IRM a également assuré la présidence d'un des quatre groupes de travail de cette action.



Figure 1 : Plusieurs spectrophotomètres Brewer lors d'une campagne de comparaison

Cette action a reçu le nom de Eubrewnet pour "European Brewer Network" et son but était l'harmonisation des réseaux de mesures de tous les Instituts européens disposant d'un spectrophotomètre Brewer (Figure 1). Cet instrument a été originellement développé afin de mesurer la quantité totale d'ozone dans l'atmosphère, mais il peut être aussi utilisé pour mesurer le rayonnement UV à la surface de la Terre (à partir duquel on détermine l'indice UV) ainsi que pour déduire l'obscurcissement de la lumière solaire par la présence d'aérosols dans l'atmosphère (représentée par l'épaisseur optique des aérosols - EOA).



Figure 2 : Aperçu des différentes stations qui transmettent leurs données à la base de données du réseau Eubrewnet

L'IRM dispose de trois instruments Brewer : deux d'entre eux se trouvent à Uccle, et le dernier a été installé à la base Princesse Elisabeth à Utsteinen en Antarctique. En Europe, on dénombre environ 50 spectrophotomètres Brewer en fonction dans les différents instituts nationaux (Figure 2), qui ont leurs propres manières de d'utiliser l'instrument et d'analyser les données. La conséquence de ceci est que les données recueillies par les divers instruments ne sont pas homogènes et donc pas directement comparables entre elles. Pour résumer, cette action a donc été menée afin de mettre en place un réseau de mesure cohérent de données harmonisées et où une approche a été développée afin que les procédures de contrôle de qualité soient consistantes. Quatre groupes de travail ont été mis sur pied afin d'atteindre les objectifs fixés lors de cette action. Le premier groupe s'est concentré sur la caractérisation et la calibration des instruments, afin d'obtenir une homogénéité de ceux-ci parmi les différents partenaires. Un workshop s'est chargé de définir la situation en début de projet et d'identifier les problèmes récurrents qui empêchaient un fonctionnement uniforme du réseau de mesures. Un deuxième workshop fut organisé plus tard afin d'étudier les avancées, les problèmes imprévus et les conséquences de l'implémentation des algorithmes développés. Le deuxième groupe de travail était responsable du développement des algorithmes utilisés afin de produire les données finales (ozone, UV et EOA).



Photo de groupe lors du workshop Eubrewnet à Ponta Delgada (mai 2016)

Différentes méthodes étaient utilisées parmi les institutions membres. Ces méthodes ont été comparées afin d'en tirer le meilleur, qui servirait de méthode de référence pour le réseau. De cette façon, les produits issus du réseau feront appel à un algorithme et à un protocole standard qui permettra leur inter-comparaison directe. Le troisième groupe de travail, duquel l'IRM assurait la présidence, avait pour but de développer une stratégie de collaboration et d'entretien du réseau de mesures. En pratique, ce groupe devait développer une procédure efficace de contrôle de qualité, ainsi que la construction et le contrôle des différentes versions des données. Et enfin, le quatrième groupe de travail assurait le lien entre le

réseau, les utilisateurs finaux, divers groupes d'intérêt et les opérateurs de différentes stations. Les stations de mesures peuvent directement envoyer leurs données brutes vers une base de données centrale où elles sont alors retravaillées pour fournir les produits finaux. Les données sont disponibles pour le grand public via un site internet (<http://rbcce.aemet.es/eubrewnet/default/index>). A la fin de cette action, le produit ozone était entièrement retravaillé. L'UV et l'EOA sont pour le moment toujours en développement. De amples renseignements et les nouveaux développements sont disponibles via les sites web suivants : <http://www.eubrewnet.org/cost1207/> et http://www.cost.eu/COST_Actions/essem/ES1207.



32 ans de flux radiatifs au sommet de l'atmosphère !

L'IRM a récemment publié une série temporelle des flux radiatifs mesurés au sommet de l'atmosphère, en étroite collaboration avec le Centre d'applications satellitaires consacré à la surveillance du climat (CM SAF).

Le CM SAF est un organisme européen ayant pour tâche de récupérer, archiver et distribuer des données climatiques permettant l'étude et la surveillance du climat. Plusieurs instituts météorologiques européens, dont l'IRM, collaborent étroitement au sein du CM SAF avec pour objectif de fournir des données de haute qualité issues de l'exploitation des mesures par satellite. Le CM SAF récupère et conserve ainsi de précieuses informations sur les variables climatiques essentielles (ECV) du système terrestre.

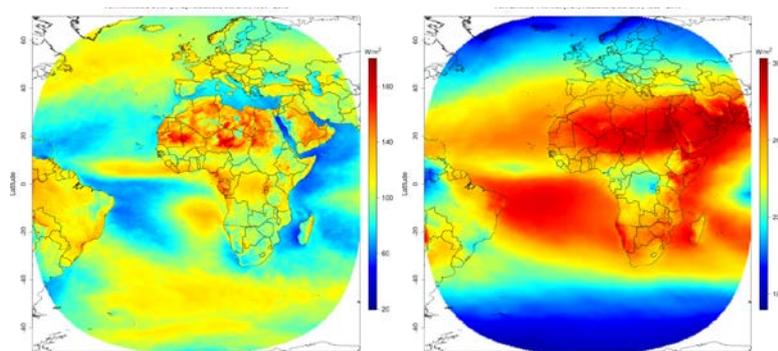
The EUMETSAT
Network of
Satellite
Application
Facilities



La mesure et le suivi des flux radiatifs au sommet de l'atmosphère sont particulièrement importants pour l'étude du bilan radiatif terrestre et donc pour l'étude du climat. Grâce à l'utilisation combinée de deux générations de satellites européens Meteosat, la création d'une longue série de mesures a été rendue possible. Cette série s'étend de février 1983 à avril 2015 et couvre donc 32 ans. En plus de couvrir une longue période, cette série dispose d'une très bonne résolution spatiale et temporelle. Les flux sont fournis

sous forme de moyennes journalières et mensuelles en plus du cycle diurne moyen mensuel. L'excellente résolution temporelle des instruments à bord des satellites Meteosat est particulièrement profitable à l'étude de ce cycle diurne.

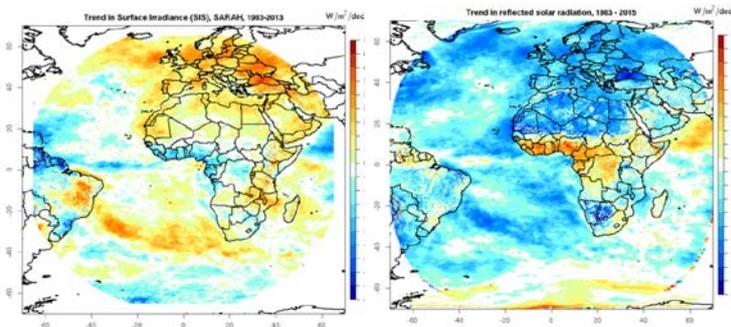
Cette toute nouvelle série de flux radiatifs mesurés au sommet de l'atmosphère offre de nombreuses opportunités. Il est par exemple possible de calculer la moyenne sur la période 1983-2015 des flux solaires réfléchis (voir Figure 1) et thermiques émis (voir Figure 2). La Figure 1 met bien en évidence des valeurs de flux solaires réfléchis plus importantes sur les continents que sur les océans. En effet, les océans sont plus sombres et réfléchissent donc moins le rayonnement reçu du Soleil. A l'inverse, les déserts de sable sont très clairs et réfléchissent donc très fortement le rayonnement, comme on le voit par exemple sur la Figure 1 au-dessus du Sahara. Dans les régions tempérées et à l'équateur, la réflexion sur les nuages provoque une augmentation du flux solaire réfléchi. La Figure 2 montre quant à elle des flux thermiques émis qui sont plus élevés aux tropiques et qui diminuent progressivement vers les pôles.



Figures 1 et 2 : Moyenne des flux solaires réfléchis (à gauche) et thermiques émis (à droite) au sommet de l'atmosphère sur la période 1983-2015.

Une autre application possible de cette série climatique est l'analyse de la tendance des flux radiatifs au sommet de l'atmosphère sur la période 1983-2015. A titre d'exemple, la tendance des flux solaires réfléchis est représentée dans la Figure 4. On y observe une augmentation des flux principalement dans la zone intertropicale.

Les flux au sommet de l'atmosphère peuvent également être comparés à ceux de surface. Cette comparaison a été réalisée par l'Institut Météorologique Allemand (Deutscher Wetterdienst) qui a comparé ses mesures de surface du flux solaire incident (Figure 3) à nos mesures au sommet de l'atmosphère du flux solaire réfléchi (Figure 4). Globalement, on constate que ces flux sont anti-corrélés, c'est-à-dire que là où les flux en surface sont élevés, les flux au sommet de l'atmosphère sont faibles, et réciproquement.



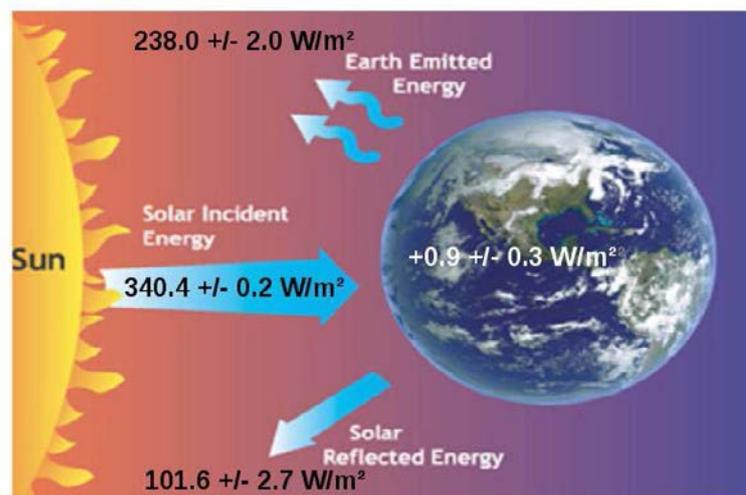
Figures 3 et 4: Tendances sur la période 1983-2015 des flux solaires incidents mesurés en surface (à gauche) et des flux solaire réfléchis mesurés au sommet de l'atmosphère (à droite).

Le principal utilisateur de cette toute nouvelle série climatique est le Centre Européen pour les Prévisions Météorologiques à Moyen Terme (ECMWF) qui utilise les mesures des flux radiatifs au sommet de l'atmosphère pour valider ses modèles de prévision, également utilisés par l'IRM.

Bilan radiatif de la Terre et climat : l'état de nos connaissances

La Terre reçoit une grande quantité d'énergie du Soleil et réémet celle-ci sous forme de rayonnement infra-rouge. Le bilan radiatif de la Terre décrit ces flux d'énergie qui sont d'une importance fondamentale pour comprendre le climat terrestre et appréhender les changements climatiques. En effet :

- 1) La température terrestre moyenne dépend directement du bilan radiatif.
- 2) Le bilan radiatif est positif (excès d'énergie) dans les régions équatoriales et négatif dans les régions polaires. Cette variation entre l'Equateur et les Pôles est le moteur des circulations océanique et atmosphérique, les éléments fondamentaux du climat et du temps.
- 3) Les gaz à effet de serre, tel que le CO₂, la vapeur d'eau, le méthane... sont responsable d'un léger déséquilibre du bilan radiatif : l'émission thermique vers l'espace est légèrement inférieure à l'énergie reçue du soleil. Avec le temps, ce petit déséquilibre induit l'augmentation de la température moyenne de la terre et des océans, la fonte des glaciers et banquises....





L'IRM a une réputation reconnue internationalement dans la mesure du bilan radiatif de la terre. Nous mesurons la quantité d'énergie solaire incidente (la fameuse "constante" solaire) depuis 1983 et le rayonnement quittant la terre depuis 2003. Un article revu vient d'être publié par deux chercheurs de l'IRM, avec deux résultats importants :

1) Durant la période de référence 2000-2005, le rayonnement solaire incident est estimé à $340.4 \pm 0.2 \text{ W/m}^2$, l'énergie solaire réfléchie à $101.6 \pm 2.7 \text{ W/m}^2$ et l'émission thermique infrarouge à $238.0 \pm 2.0 \text{ W/m}^2$. Malgré des progrès importants en métrologie spatiale, les incertitudes sur ces flux d'énergie ne permettent pas encore une estimation directe du déséquilibre radiatif. Celui-ci est dès lors être estimé indirectement à $0.9 \pm 0.3 \text{ W/m}^2$, par mesure du transfert d'énergie aux océans.

2) Le changement climatique n'est pas un phénomène monotone. Durant la période 1985-1997 le phénomène "El Nino" fut particulièrement important et ceci alla de pair avec une augmentation rapide de la température globale. Par contre, sur la période 2000-2009, le phénomène "La Nina" a pris le dessus et a induit un ralentissement de l'augmentation de température. Cette stagnation de la température n'est cependant pas attribuable à une diminution du déséquilibre énergétique, mais bien aux fluctuations naturelles du climat. D'après nos chercheurs, le déséquilibre durant cette période était même supérieur à celui observé lors de l'augmentation rapide de température.

SERVICE SCIENTIFIQUE L'IRM À DOORBES

L'IRM ÉQUIPE DE NOMBREUX OBSERVATOIRES MAGNÉTIQUES DANS LE MONDE

En 2017, le Centre de Physique du Globe de Dourbes a déployé ses instruments dans plusieurs sites de la planète et a préparé de nouvelles installations suite à des commandes reçues.

Antarctique

L'IRM a installé un de ses GYRODIF dans la base Juan Carlos 1 sur l'île Livingston, péninsule Antarctique, suite à l'achat d'un exemplaire par l'Espagne. 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. 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.

Un second GYRODIF a été préparé durant cette année pour équiper la base belge Princess Elizabeth en Antarctique Orientale. Les conditions y sont plus rudes qu'à Livingston puisque les températures peuvent y descendre à -40°C , ce qui demande des précautions spéciales. Ce GYRODIF sera installé au début de 2018.

Pakistan

L'agence spatiale Pakistanaise SUPARCO a acquis deux theodolites DIFLUX FLM4 en 2017 pour ses observatoires de Sonmiani et Islamabad. Elle prépare

aussi un nouvel observatoire à Gilgit, dans les montagnes du Karakoram. L'IRM est un acteur important pour le magnétisme d'observatoire au Pakistan car il fournit la plupart des magnétomètres et dispense des formations et des conseils pour le fonctionnement et la production de données de ses observatoires. Tel fut le cas pour une mission en novembre 2017 où le staff a été entraîné à l'utilisation du FLM4 et une maintenance a été faite aux variomètres LAMA.

Espagne

Outre la fourniture d'un GYRODIF, l'Observatoire de l'Ebre a acquis à l'IRM un theodolite DIFlux FLM4 pour ses mesures absolues de la déclinaison et inclinaison magnétique. Notons que la dernière mise à jour du logiciel du FLM4 permet de calculer l'azimut du soleil pour tout endroit ensoleillé de la planète à la seconde d'arc près.

Australie

Durant le courant de l'année, Geoscience Australia a approché l'IRM pour étudier la possibilité de mesures automatiques à l'Observatoire magnétique de Canberra. Suite à leur publication d'un marché public nous avons répondu avec notre produit AUTODIF et avons emporté le marché. Un AUTODIF sera donc construit et installé en Australie dans le courant de 2018. Nous nous attendons à de futures commandes de leur part étant donné leurs besoins en observatoires automatiques.

Chine et l'Indonésie

La Chine et l'Indonésie ont l'intention de déployer des DIFlux FLM4 et des AUTODIFs dans leurs observatoires. Les discussions sont en cours pour mener à bien ces projets. Des offres de prix ont été envoyées.

L'IRM CONTRIBUE AU PROGRAMME EUROPÉEN HORIZON 2020

Un nouveau projet faisant partie du programme européen Horizon 2020 "Framework Program for Research and Innovation" à un consortium international auquel la section "Ionosphère et Météorologie spatiale" de l'IRM participe. Le projet a pour titre «Warning and Mitigation Technologies for Traveling Ionospheric Disturbances, Tech-TIDE» (http://cordis.europa.eu/project/rcn/212425_en.html) et a débuté en novembre 2017.

Ce que l'on appelle les Travelling Ionospheric Disturbances (TIDs) sont des ondes de densité plasmiques qui se déplacent dans l'ionosphère à différentes vitesses et fréquences. Elles constituent un risque de mauvais fonctionnement des technologies faisant appel à l'ionosphère, comme par exemple la navigation par satellites, les communications radio à hautes fréquences et la radiolocalisation, la radioastronomie et bien d'autres.

Des TIDs se produisent chaque jour mais sous une grande variété de vitesse, de longueur d'onde, d'amplitude, etc. Il a, de ce fait, toujours été impossible de les détecter et de les classifier jusqu'à présent. Un des objectifs principaux de ce projet est le développement d'un système de détection automatique et de procédures permettant de protéger nos technologies qui utilisent les ondes radio.

Plus d'informations seront publiées sur le site internet du projet au fur-et-à-mesure de son avancement www.tech-tide.eu (en anglais).



Suivi en temps réel des perturbations ionosphériques migratoires

L'ionosphère terrestre (la partie ionisée de la haute atmosphère) est un plasma très dynamique, principalement constitué d'ions et d'électrons de différentes densités et températures. L'ionosphère est souvent perturbée car elle est exposée à différents facteurs tels que le rayonnement solaire, le champ magnétique terrestre, la gravité, etc. Une sorte de perturbations en particulier, les perturbations ionosphériques migratoires (Travelling Ionospheric Disturbances, ou TIDs) sont capables de se propager sur plusieurs milliers de kilomètres, répliquant les mêmes effets tout au long de leur parcours. Lorsque nous observons la distribution verticale des électrons ionosphériques au-dessus d'un certain endroit et pendant une période donnée, la densité de ceux-ci change lors du passage d'une TID. Elle est représentée par une sorte de vague à la Figure 1.

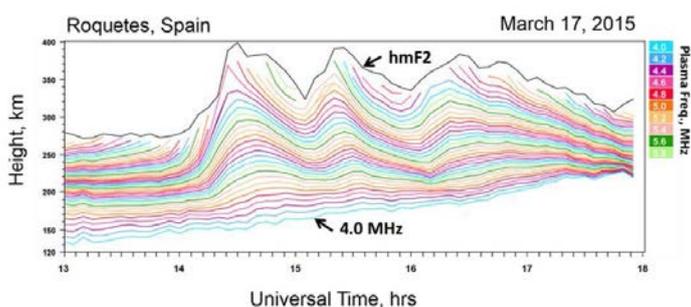


Figure 1 : Courbes de densité égale (contours d'isodensité) dans la partie inférieure de l'ionosphère (en dessous de hmF2), identifiées par leur fréquence plasmique correspondante (par couleur). Donc, chaque contour d'isodensité représente une certaine densité d'électrons et comment elle varie à travers le temps. Le graphe montre clairement le passage d'une TID, apparaissant comme une vague entre 14h00 et 17h00. Dans ce cas précis, à 250 km d'altitude, la vague a une période d'environ 45 minutes, et une amplitude de d'environ 25 km.

Les perturbations ionosphériques migratoires sont attribuées à des ondes de gravité atmosphérique qui s'associent au plasma ionosphérique. Elles contiennent des informations quant à la source qui les a générées, qu'elle soit naturelle ou artificielle. Les sources naturelles contiennent de l'énergie provenant des régions aurorales de la Terre, des tremblements de terre, des tsunamis, des ouragans, etc. Les sources artificielles peuvent être des explosions

nucléaires ou d'autres souffles puissants comme des incidents industriels ou même des lancements de fusées.

Il est très important de pouvoir identifier et suivre le développement et les déplacements des TIDs car elles influencent la technologie moderne basée sur la propagation des ondes radio dans l'ionosphère. Par exemple, les TIDs font dévier de leur trajectoire prévue les signaux radio à haute fréquence, causant des erreurs dans les systèmes utilisés pour fournir des services de positionnement et de navigation. Les TIDs perturbent aussi les systèmes de communication par radio.

Afin d'aider les opérateurs de tous systèmes technologiques affectés par les TIDs, les scientifiques de l'ionosphère en Europe, en collaboration avec leurs collègues américains, ont développé une technique qui permet de mesurer les caractéristiques des TIDs en temps réel. La nouvelle technique qui a été développée est basée sur l'exploitation du réseau européen des sondes ionosphériques digitales les plus perfectionnées, les DPS4D (voir Figure 2). L'utilisation de ces sondes peut être synchronisée afin de pouvoir effectuer la caractérisation des TIDs en temps réel.



Figure 2 : Le réseau européen des sondes ionosphériques digitales DPS4D. Chaque sonde est référencée par son code international (DB049 pour la sonde de Doubes, par exemple). Les lignes qui relient certaines sondes représentent les liens les plus fréquemment utilisés. Le réseau comporte des liaisons courte distance (moins de 1000 km) et des liaisons longue distance (plus de 1000 km).

L'implémentation en temps réel dans le réseau européen de sondes digitales de cette nouvelle technique était l'objectif du projet international de recherche récemment terminé, Net-TIDE, et financé par le programme de l'OTAN Science for Peace and Security. Il en a résulté la mise en place d'un réseau pilote de détection en temps réel des TIDs et d'un système d'avertissements en cas de TID particulièrement forte (voir Figure 3).

Ce que l'on appelle les Travelling Ionospheric Disturbances (TIDs) sont des ondes de densité plasmiques qui se déplacent dans l'ionosphère à différentes vitesses et fréquences. Elles constituent un risque de mauvais fonctionnement des technologies faisant appel à l'ionosphère, comme par exemple la navigation par satellites, les communications radio à hautes fréquences et la radiolocalisation, la radioastronomie et bien d'autres.

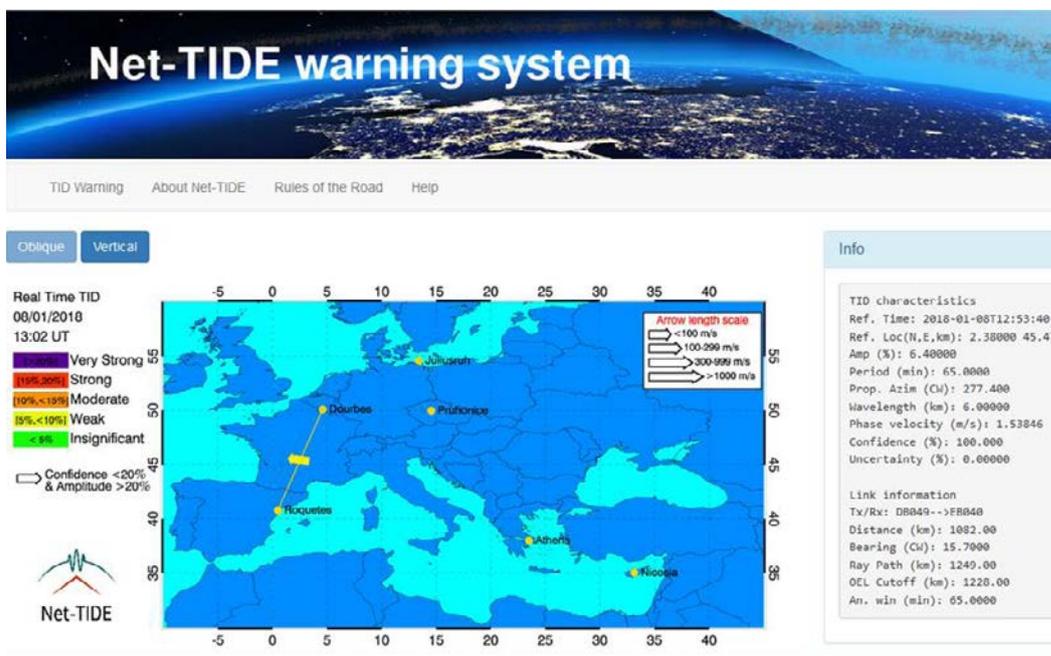


Figure 3 : Capture d'écran du système de monitoring et d'avertissements en temps réel développé durant le projet international Net-TIDE.

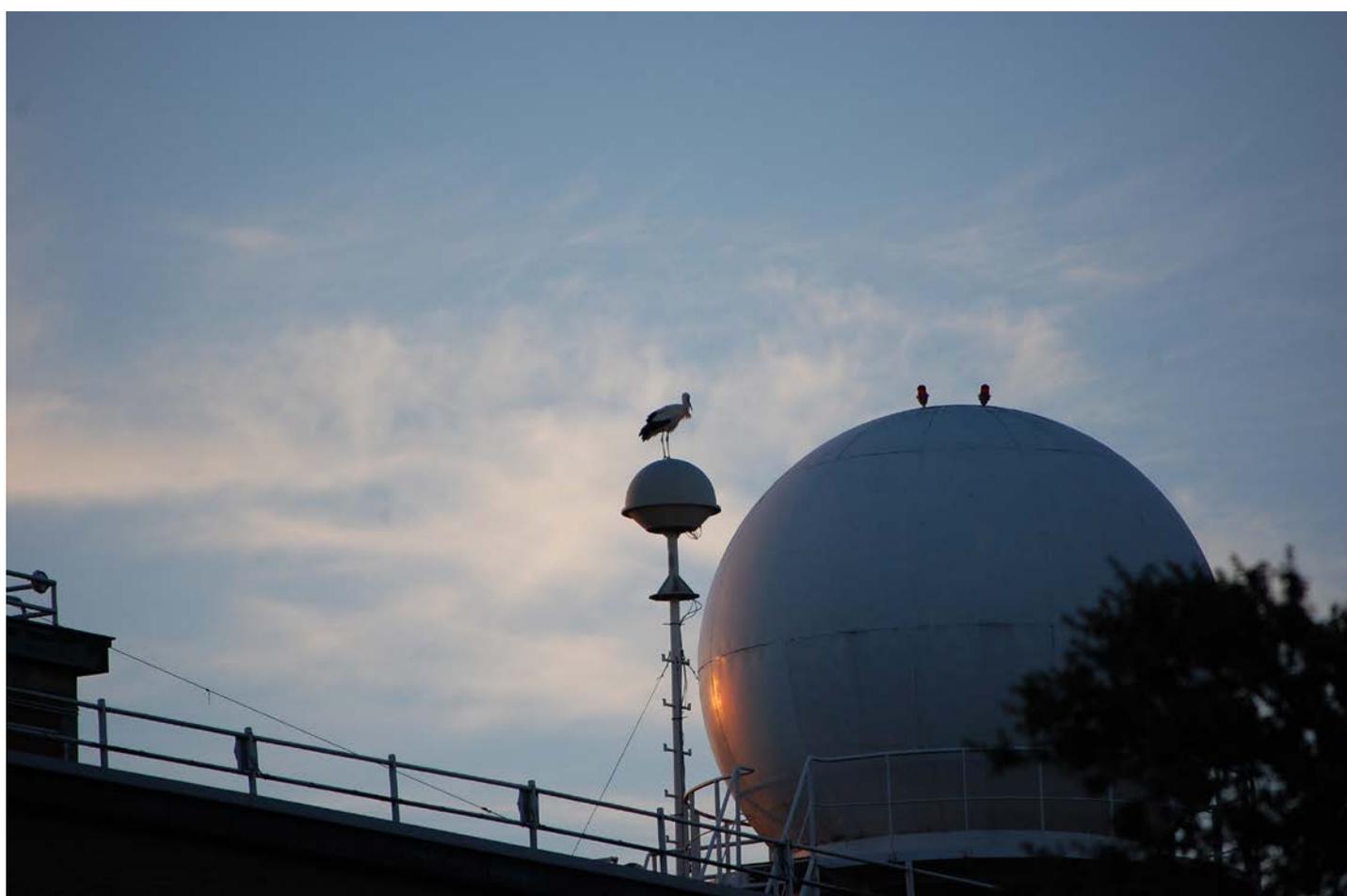
L'IRM contribue au programme européen Horizon 2020

Un nouveau projet faisant partie du programme européen Horizon 2020 "Framework Program for Research and Innovation" à un consortium international auquel la section "Ionosphère et Météorologie spatiale" de l'IRM participe. Le projet a pour titre «Warning and Mitigation Technologies for Traveling Ionospheric Disturbances, Tech-TIDE» et a débuté en novembre 2017.

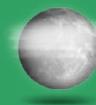
Des TIDs se produisent chaque jour mais sous une grande variété de vitesse, de longueur d'onde, d'amplitude, etc. Il a, de ce fait, toujours été impossible de les détecter et de les classifier jusqu'à présent. Un des objectifs principaux de ce projet est le développement d'un système de détection automatique et de procédures permettant de protéger nos technologies qui utilisent les ondes radio.

Plus d'informations seront publiées sur le site internet du projet au fur-et-à-mesure de son avancement

www.tech-tide.eu (en anglais).







SONDAGES ATMOSPHÉRIQUES SOUS PRESSION

Durant 4 semaines (du 8 octobre au 4 novembre), des scientifiques du monde entier se rassemblent au centre de recherches de Jülich (Allemagne) pour une campagne de comparaisons de sondes d'ozones.

Il ne s'agit pas de la première campagne de la sorte organisée à Jülich : la première date déjà de 1996 ! Ce qui rend cette édition-ci un peu plus spéciale est l'attention portée à 9 stations de mesures de l'hémisphère sud et des Tropiques, qui ensemble, forment un même réseau de sondages d'ozone. L'IRM ne dispose pas de station de mesure d'ozone dans l'hémisphère sud ou sous les Tropiques, mais étant donné que nous bénéficions d'une expérience (de presque 50 ans !) reconnue dans le lancement de sondes d'ozone, notre collègue Roeland Van Malderen a été invité en tant que "expert en sondes d'ozone" pour la deuxième partie de cette campagne. Sa tâche sur place consiste principalement à archiver les différences entre les diverses procédures utilisées en stations, à veiller au respect des procédures standard fournies, à analyser les données observées et à fournir ses conseils pour les expériences qui doivent encore être réalisées.



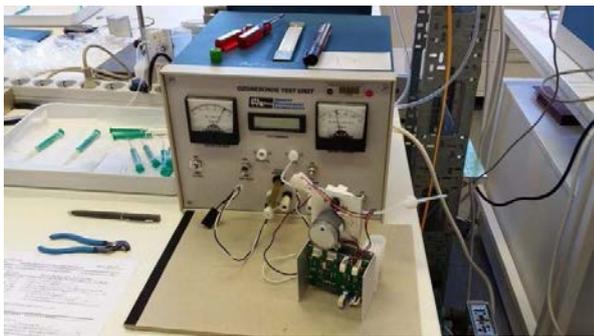
Notre collègue Roeland Van Malderen (à gauche) en conversation avec Herman Smit du centre de recherches de Jülich, à la tête de la campagne de comparaisons.

Les sondes d'ozone sont de petits instruments que l'on protège dans une boîte isolante en polystyrène, elle-même attachée à un ballon météorologique. Ces sondes mesurent les concentrations en ozone dans l'atmosphère jusqu'à une altitude d'environ 35 km.



Lancement d'un ballon météorologique et d'une sonde dans sa boîte de protection, lors de portes-ouvertes à l'IRM.

Le fonctionnement d'une sonde d'ozone reste assez simple : l'air extérieur est aspiré par une petite pompe via un tuyau et est injecté vers deux cellules électrochimiques contenant un liquide chargé positivement, et un autre liquide chargé négativement. Ces liquides réagissent uniquement aux molécules d'ozone, à partir desquelles ils émettent un courant électrique. Il s'agit en quelque sorte d'une pile « humide ». Ce courant électrique généré est mesuré et converti en quantité d'ozone présent dans l'atmosphère !



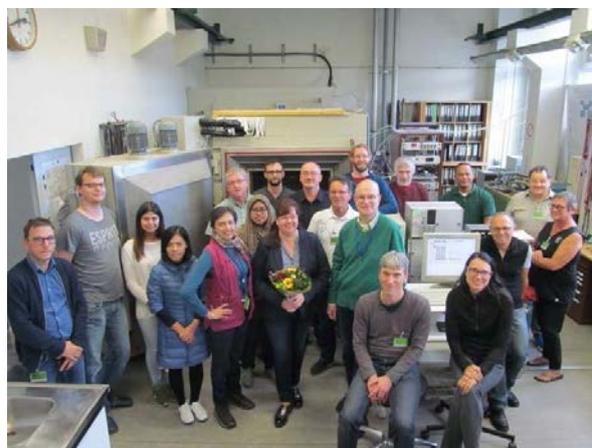
L'unité de tests des sondes d'ozone utilisée pour la préparation, le test et la caractérisation des sondes. La sonde elle-même se trouve à l'avant-plan (la pompe à air en gris à l'avant, les cellules réactives en blanc, à l'arrière).

Ces instruments existent depuis environ 55 ans, mais ils n'ont pas encore livré tous leurs secrets. Avant d'être utilisés, ils doivent être préparés, testés et caractérisés car, une fois dans le ciel, ils sont hors de contrôle. Il semble cependant que ces procédures varient d'une station à l'autre, et les scientifiques osent parfois expérimenter d'autres compositions de liquides pour les cellules électrochimiques. En résumé, une comparaison entre ces différentes procédures s'imposait, afin d'en estimer l'impact sur les observations finales. C'est pourquoi des vols en ballons-sondes sont simulés en chambre à pression pour 4 types de sondes d'ozone, au centre mondial de calibration des sondes d'ozone, à Jülich.



La chambre à pression du centre de recherches de Jülich, contenant 4 sondes d'ozone différentes.

Ces chambres à pression permettent de faire baisser artificiellement la pression atmosphérique jusqu'aux valeurs régnant à environ 35 km d'altitude. Les conditions de température, d'humidité et d'ozone peuvent aussi y être simulées et contrôlées. De plus, un instrument de référence de mesure d'ozone peut être installé dans cette chambre ; instrument qui est trop lourd et pas suffisamment résistant aux chocs que pour pouvoir l'envoyer par ballon météorologique. Les comparaisons entre les mesures de l'instrument-référence et les 4 autres sondes pourront ainsi livrer des éléments insoupçonnés et inestimables sur la qualité des différents types de sondes, sur l'importance de certaines procédures de préparation et de test, sur la composition optimale des liquides réactifs, etc.



Les participants à la deuxième partie de la campagne de comparaisons, devant la chambre à pression.

Nous attendons avec impatience les résultats de la campagne !



L'IRM EN ANTARCTIQUE : NOUVELLES CAMPAGNES DE MESURES

Cet hiver – ou été en hémisphère sud – plusieurs chercheurs de l'IRM ont été présents à la station polaire belge Princesse Elisabeth en Antarctique (pôle Sud). Les activités de ce voyage se sont déroulées dans le cadre de l'expédition scientifique belge en Antarctique (BELARE 2017-2018), organisée par le Secrétariat Polaire et la Politique Scientifique Fédérale (BELSPO). L'IRM fait partie de plusieurs projets scientifiques actifs à la station polaire : AEROCLOUD, CHASE, GEOMAG et MASS2ANT.



La station Princesse Elisabeth et le conteneur avec les instruments de mesures des propriétés des aérosols.

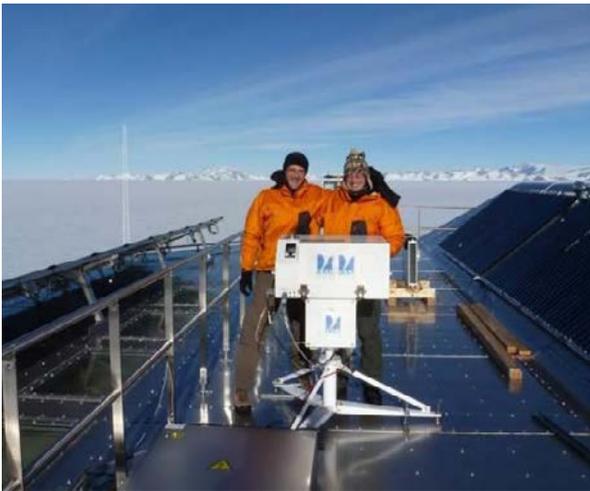
Dans le projet AEROCLOUD (projet financé par BELSPO ; www.aerocloud.be), l'IRM travaille avec l'Université Catholique de Louvain (KULeuven) et l'Institut Royal d'Aéronomie Spatiale de Belgique (IASB) pour étudier les relations entre les aérosols, les nuages et les précipitations. La présence d'aérosols est nécessaire à la formation des nuages ; ces mêmes nuages transportant de l'humidité vers l'Antarctique. Ces précipitations neigeuses provenant des nuages sont la seule source alimentant la masse de la calotte glaciaire de l'Antarctique. Cette série de mesures scientifiques inédites va contribuer à mieux comprendre la stabilité de la calotte glaciaire de l'Antarctique dans un futur climat changeant et

elle servira à la compréhension des mécanismes atmosphériques en Antarctique. Le Dr. Alexander Mangold, chercheur à l'IRM, est parti de la mi-novembre jusqu'au 20 décembre à la base polaire belge dans le cadre de ce projet.



Lancement d'un ballon-sonde.

Ces quelques semaines bien remplies ont été consacrées à la maintenance de 12 instruments de mesures permettant de caractériser les propriétés physiques des aérosols ainsi que les propriétés des nuages et des précipitations. Normalement, ces instruments fonctionnent automatiquement pendant toute l'année – c'est-à-dire aussi pendant la période où la station est inhabitée (entre le mois de mars et le mois de novembre). La station et les instruments sont alors gérés via des canaux de communication à long distance mais il faut tout de même vérifier le bon fonctionnement de chaque instrument. En plus de ceci, notre chercheur va également procéder à la réinstallation des instruments de mesure trop sensibles pour fonctionner sans surveillance directe ou qui ont dû subir une maintenance en Belgique après la dernière campagne de mesures. Parmi ces instruments, il y a notamment le spectrophotomètre 'Brewer', un instrument qui mesurera la quantité d'UV arrivant au sol ainsi que la quantité totale d'ozone contenue dans l'atmosphère. Ceci permettra de suivre l'évolution du trou dans la couche d'ozone. Un système de radiosondage par ballon météorologique permettra d'envoyer des capteurs météo en altitude.



Le spectrophotomètre BREWER

Le Dr. Alexander Mangold travaillera également sur place avec deux collègues de l'Université de Gand, de l'Université Libre de Bruxelles (ULB) et de la Vrije Universiteit Brussel (VUB) dans le cadre du projet CHASE (projet financé par BELSPO). Ce projet a pour objectif d'étudier la composition chimique des particules atmosphériques, collectées sur des filtres et dans la neige. Les résultats vont donner des informations sur la provenance des aérosols qui arrivent via le transport atmosphérique dans cette région. En outre, ces mesures vont montrer l'influence relative des sources naturelles et générées par l'homme, des particules présentes dans cette région de l'Antarctique.

Dans le projet GEOMAG (projet financé par Magnetic Valley), l'IRM travaille à l'installation d'un observatoire magnétique 100 % automatisé dans le but de compléter le réseau international d'observatoires magnétiques INTERMAGNET. Il s'agira du premier observatoire complet fonctionnant dans un environnement inhabité. Lors de l'expédition vers la station en 2014-2015, l'infrastructure (le 'shelter' ou dôme) et deux instruments ont été installés (voir figures) :

- un instrument scalaire qui mesure l'intensité du champ magnétique,
- un instrument vectoriel qui mesure les variations du vecteur magnétique.



Le nouvel observatoire magnétique de l'IRM, installé dans un radôme à quelques centaines de mètres de la station Princess Elizabeth, au pied du mont Utsteinen.

Ce dernier nécessite une mesure du champ magnétique dite absolue. Celle-ci donne la valeur de référence du champ magnétique à laquelle on peut ajouter les variations. Dans un observatoire habité, ces mesures sont réalisées chaque semaine par un opérateur. Depuis quelques années, l'IRM développe un instrument qui rend cette mesure complètement automatique. C'est cet instrument, appelé GyroDIF, qui va être installé cette saison en février 2018, par l'lr Stephan Bracke et le Dr Antoine Poncelet. Nos chercheurs vont aussi procéder à la maintenance des instruments déjà présents. En plus, ils vont effectuer des mesures de contrôle manuel qui pourront être comparées aux mesures automatiques.

Nos chercheurs devront également se rendre sur le site de la défunte station Roi Baudouin afin d'y effectuer des mesures du champ magnétique qui permettront de faire le lien entre les mesures du passé faites dans cette station, avec celles du nouvel observatoire à la station Princesse Elisabeth.



Vue panoramique de l'intérieur de l'observatoire magnétique. Les différents piliers sont destinés à recevoir les instruments de mesure.

Le projet Mass2Ant est une collaboration entre le service Earth and Life Institute de l'Université Catholique de Louvain (UCL), le laboratoire de glaciologie de l'ULB et l'IRM. Ce projet a deux objectifs principaux. Tout d'abord, nous cherchons à comprendre les processus locaux responsables de la variabilité du bilan de masse en surface (l'accumulation de la calotte glaciaire) dans la région de la côte de la Princesse Ragnhild (PRC) et à documenter les changements au cours des 300 dernières années. Ensuite, nous établirons les liens entre les processus locaux, régionaux et à grande échelle pour déterminer l'origine de la variabilité du bilan de masse en surface. Cela permettra de déterminer si le gain de masse observé dans un enregistrement tiré récemment d'une carotte de glace collectée près de la PRC est représentatif d'une zone plus vaste et si les changements sont le résultat d'un forçage anthropique et / ou liés à la variabilité naturelle de la circulation océanique et atmosphérique. Enfin, on évaluera la représentation de la variabilité du bilan de masse en surface de l'Antarctique de l'Est dans les modèles du système Terre et les implications pour les projections futures du bilan de masse en surface seront analysées.

Les analyses seront basées sur : i) des nouvelles données météorologiques et les enregistrements déduits de deux nouvelles carottes de glace, ii) la compilation d'enregistrements existants et des données instrumentales, iii) la caractérisation détaillée des propriétés spatio-temporelles des données et iv) les résultats de modèles régionaux et globaux existants et de nouvelles simulations. Cette approche combinée d'observations-modélisation, axée spécifiquement sur l'analyse et l'assimilation des données, permettra d'étudier les interactions entre différentes échelles temporelles et spatiales.

COLLABORATION AVEC L'INSTITUT D'ÉCOLOGIE ET DE GÉOGRAPHIE DE XINJIANG

Le 23 février 2016, l'IRM a signé un "Memorandum of Understanding" avec l'Institut d'Ecologie et de Géographie de Xinjiang (XIEG, qui fait partie de l'Académie des Sciences de Chine) dans le but est de stimuler la collaboration entre les deux instituts dans le domaine de la modélisation régionale du climat et les changements d'occupation du sol dans la région de l'Asie centrale. Dans ce cadre, l'IRM a accueilli trois étudiants doctorants venant de XIEG durant l'été 2017 pour travailler sur l'application du modèle régional du climat de l'IRM ALARO ainsi que son schéma de surface SURFEX sur la région d'Asie Centrale et plus particulièrement sur la région du Xinjiang en Chine. Les trois étudiants ont travaillé sur l'amélioration de la base de données d'occupation du sol actuellement utilisée par le schéma de surface et qui n'était pas mise à jour surtout que la région a connu un très fort changement d'occupation du sol ces dernières décades. Le travail se poursuit pour le moment et donnera l'année prochaine une première évaluation du modèle ALARO couplé à SURFEX sur cette région du globe.







VISITE DE M^{ME} LA SECRÉTAIRE D'ETAT ZUHAL DEMIR AUX TROIS INSTITUTS DU PLATEAU D'UCCLE

Le 16 mai 2017, l'IRM ainsi que l'Observatoire royal (ORB) et l'Institut royal d'Aéronomie spatiale (IASB) ont eu l'honneur de recevoir la visite de la Secrétaire d'Etat en charge de la Politique Scientifique, Madame Zuhail Demir.

Après une présentation des activités de l'ORB, Mme Demir a reçu une description des activités de l'IRM et des défis à relever dans le futur.

Elle s'est ensuite intéressée au travail quotidien des prévisionnistes, mais aussi à la recherche qui est effectuée au niveau de la modélisation numérique et du climat à l'IRM. Etroitement lié au fonctionnement optimal de ces nouvelles techniques, elle a également tenu à voir le super ordinateur financé par la Politique Scientifique.

Après un passage dans le parc d'observations climatologiques, M^{me} Demir a rejoint l'IASB afin de poursuivre et terminer sa visite.



VISITE DE M^{ME} LA SECRÉTAIRE D'ETAT ZUHAL DEMIR AU CENTRE DE PHYSIQUE DU GLOBE

Ce 31 octobre 2017, le Centre de Physique du Globe de l'IRM a eu l'honneur de recevoir la visite de Mme Zuhail DEMIR, Secrétaire d'Etat à la Politique Scientifique.

Au cours de cette visite, nous avons donné un aperçu des différentes activités menées au Centre de Physique du Globe : activités du laboratoire de magnétisme environnemental (comprenant notamment l'archéomagnétisme et le développement de nanoparticules destinées à de nouvelles méthodes magnétiques de traitement du cancer), activités de la section ionosphère et rayonnement cosmique (créant des services de météo spatiale), ainsi que les activités de mesure du champ magnétique terrestre (comprenant la conception et la réalisation des instruments de mesures). Le projet Magnetic Valley, comprenant le développement des infrastructures du Centre, une forte composante d'engineering et un volet de sensibilisation des sciences auprès du jeune public, a également été présenté en mettant l'accent sur les réalisations et les activités à venir. Enfin, nous avons illustré le processus de valorisation économique de la recherche mené dans le cadre du projet Magnetic Valley à travers l'exemple des observatoires magnétiques automatiques.

Mme la Secrétaire d'Etat s'est dite impressionnée par l'activité du Centre, et nous la remercions vivement pour son intérêt.



VISITE À L'IRM DE M^{ME} LA MINISTRE MARIE-CHRISTINE MARGHEM

Le 24 avril 2017, l'IRM a eu l'honneur de recevoir la visite de Mme la Ministre de l'Énergie, de l'Environnement et du Développement durable, Marie-Christine Marghem.

En plus d'une présentation des tâches et responsabilités de l'IRM, l'accent fut mis sur la vision qu'a l'IRM pour la création d'un centre belge pour le climat. La présence d'un tel centre est indispensable à la mise en place de services climatiques belges. Le but de ces services climatiques est de valoriser nos connaissances scientifiques à propos du climat pour pouvoir fournir des informations utilisables par les différentes parties prenantes. L'impact du changement de climat joue un rôle primordial dans leurs activités. La réalisation de ces études d'impacts est multidisciplinaire. L'IRM joue ici un rôle clé dans l'étude du climat, mais des collaborations avec d'autres acteurs nationaux et internationaux sont indispensables à la réalisation de cette tâche. Un exemple récent de ce type de collaborations est le projet CORDEX.be financé par BELSPO. Ce projet peut être considéré comme un projet test pour de futures actions plus structurées dans le cadre d'un centre climatique. Nous avons à cette occasion pu discuter avec la Ministre de comment nous pourrions collaborer à cet effet dans le futur.

L'IRM S'ENGAGE POUR L'ÉLECTRICITÉ VERTE

L'Institut Royal Météorologique poursuit son engagement dans l'utilisation des énergies vertes

C'est dans ce but que, déjà en 2015, un effort avait été fait afin de placer de l'éclairage économique, ainsi que des détecteurs et des minuteries pour éviter toute dépense inutile d'énergie. C'était aussi l'occasion de passer à une alimentation en énergie plus écologique : l'Institut même à Uccle, les stations météo, les radars et le Centre de Géophysique à Dourbes (un des services scientifiques de l'IRM), sont alimentés depuis 2017 exclusivement par de l'énergie «verte».

Afin de pouvoir subvenir entièrement à nos besoins en énergie, des panneaux photovoltaïques vont être installés sur les toitures des bâtiments de l'IRM à Uccle courant 2017. Le Centre de Géophysique de l'IRM à Dourbes produit déjà de l'électricité verte grâce à quelque 1224 panneaux qui constituent le plus grand parc à panneaux solaires de Wallonie.

Étant donné que le site de Dourbes est entièrement chauffé par électricité, il était d'autant plus intéressant d'y installer des panneaux photovoltaïques. Le plus gros de la consommation électrique s'y produit pendant la journée, en même temps que les panneaux redistribuent leur énergie.

Une convention pour la réalisation de ce projet a été signée en 2012 entre 4 partenaires : l'IRM, Belspo, Fedesco et la Régie des Bâtiments, afin d'y investir 1 million d'euros.

Le parc de panneaux solaires de Dourbes est déjà actif depuis 2014.

Grâce à ces efforts, l'IRM tente d'être un exemple de management écologique responsable.







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

CONSEIL SCIENTIFIQUE

- Président:



Prof. Dr. Ir. C. Bouquegneau
(jusqu'au 30/09/2017)



Prof. Dr J. Cornelis
(à partir du 01/10/2017)

- Directeur général a.i. de l'IRM, membre d'office:
Dr. D. Gellens
- Membres du personnel dirigeant de l'IRM:
Dr. J. Rasson
Dr. C. Tricot
Dr. S. Dewitte
Dr. P. Termonia
- Éminents scientifiques choisis en dehors de l'IRM:
Prof. Dr J.- P. van Ypersele
Prof. Dr H. Dejonghe
Prof. Dr C. De Mol
Prof. Dr C. Maes

CONSEIL DE DIRECTION

- Directeur général de l'IRM, président d'office:
Dr. D. Gellens
- Membres du personnel dirigeant de l'IRM:
Dr. J. Rasson
Dr. C. Tricot
Dr. S. Dewitte
Dr. P. Termonia

COMMISSION DE GESTION

- Président:



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

JURY

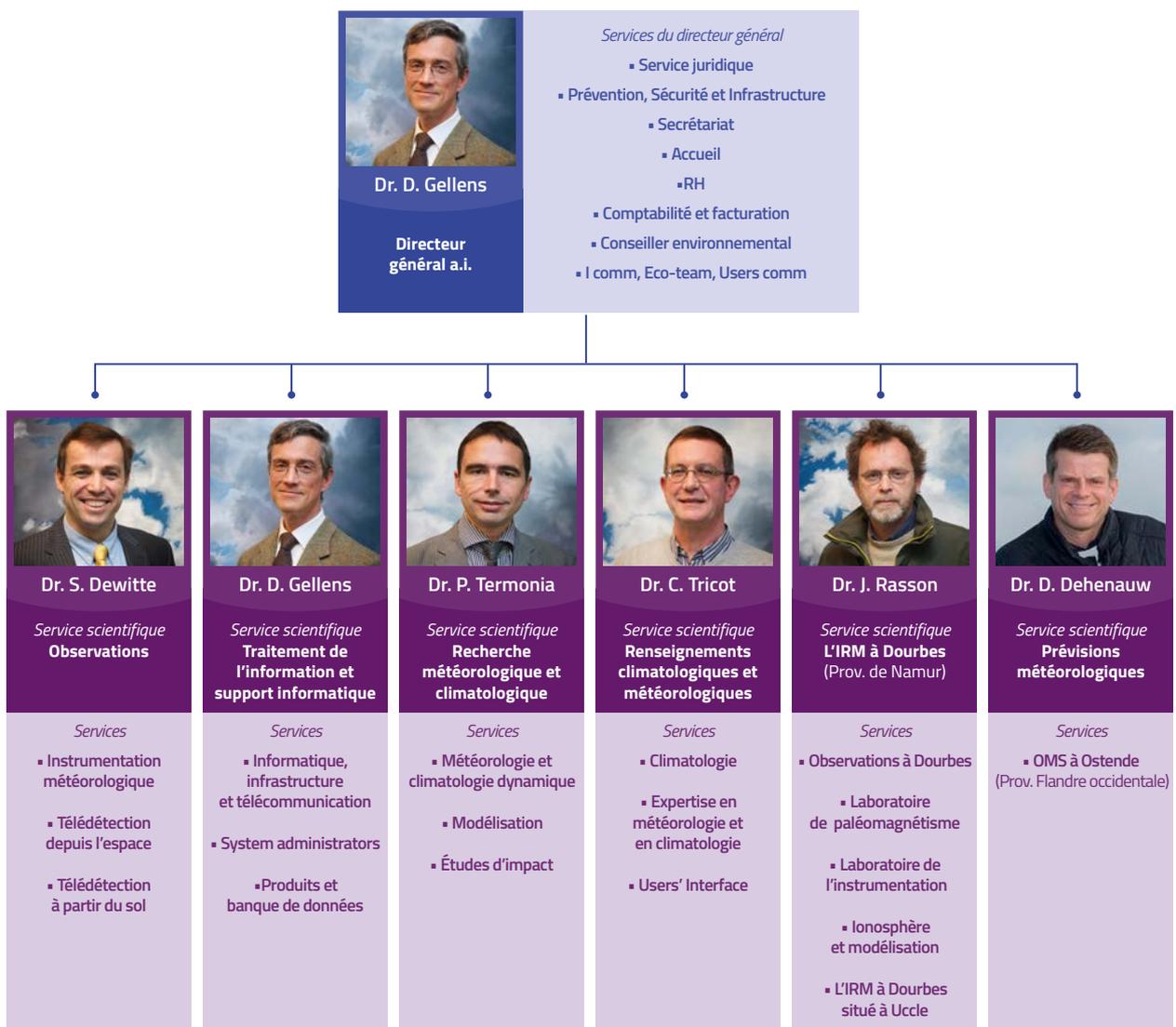
- Président:



Mr. M. Beumier

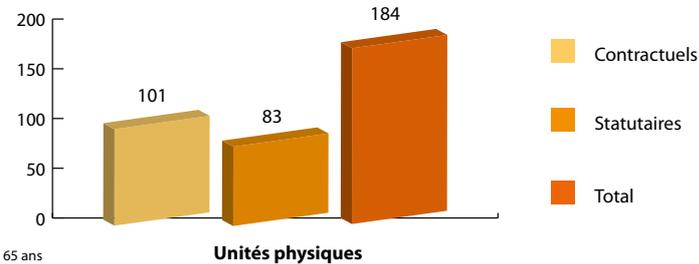
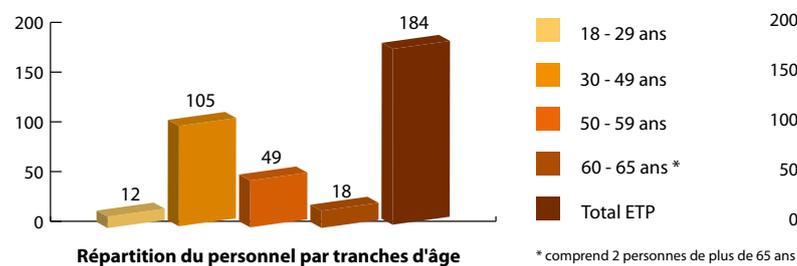
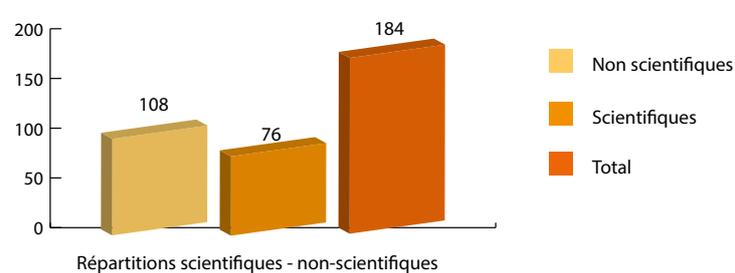
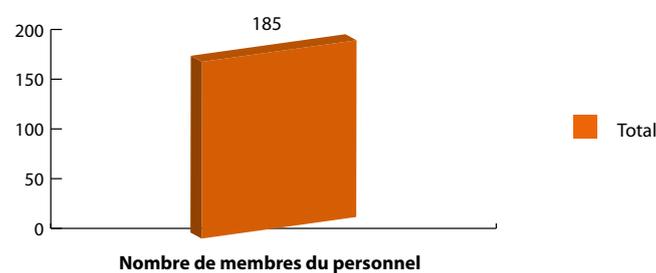
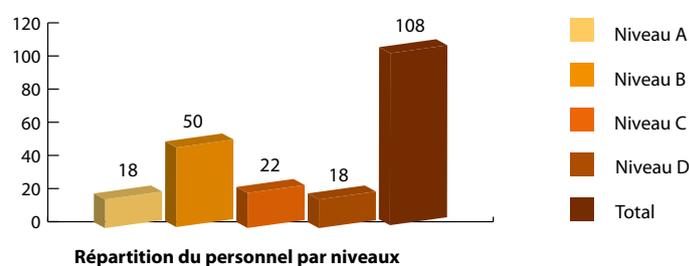
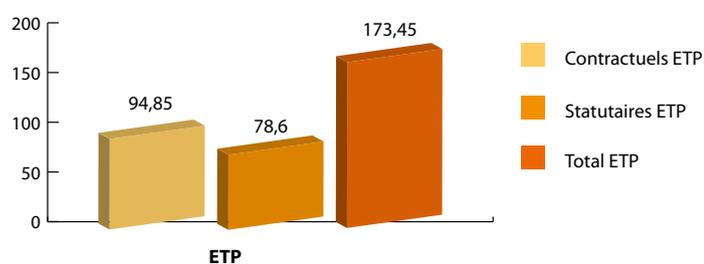
- Directeur général a.i. de l'IRM, membre d'office:
Dr. D. Gellens
- Éminents scientifiques choisis en dehors de l'IRM:
Prof. dr. P. De Mayer
Prof. dr. H. Goosse

ORGANIGRAMME DE L'IRM





LE PERSONNEL EN 2017



Nombre de femmes	Nombre d'hommes	Total
41	143	184
Néerlandophones	Francophones	Total
92	92	184





PUBLICATIONS DANS DES REVUES INTERNATIONALES AVEC COMITÉ DE LECTURE

Baguis, P., Roulin, E. : Soil Moisture Data Assimilation in a Hydrological Model: A Case Study in Belgium Using Large-Scale Satellite Data. *Remote Sens. Vol. 10*, p.820, 2017.

Bauer, P., Wedi, N., Baldauf, M., Benard, P., Fuhrer, O., Kulczewski, M., McKinstry, A., Messmer, P., New, M., HansenSass, B., Szmelter, J., Termonia, P., Vigouroux, X.: Energy-efficient Scalable Algorithms for Weather Prediction at Exascale. *Impact*, p. 69-71, 2017.

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., Arneht, 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 Discuss.*, in review, 2017.

Berckmans J., Giot, O., De Troch, R., Hamdi, R., Ceulemans, R., Termonia, P.: Reinitialised versus continuous regional climate simulations using ALARO-0 coupled to the land surface model SURFEXv5. *Geosc. Mod. Dev.*, 10, p. 223-238, 2017.

Bolle, O., Diot, H., Vander Auwera, J., Dembele, A., Schittekat, J., Spassov, S., Ovtcharova, M., Schaltegger, U.: Pluton construction and deformation in the Sveconorwegian crust of SW Norway constrained by detailed magnetic fabrics and high-precision U-Pb geochronology of the Kleivan and Sjelset granitic complexes. *Precambrian Research* 305, p. 247-267, 2017.

Bruffaerts, N., De Smedt, T., Delcloc, A., Simons, K., Hoebeke, L., Verstraeten, C., Van Nieuwenhuysse, A., Packeu, A., Hendrickx, M.: Comparative long-term trend analysis of daily weather conditions with daily pollen concentrations in Brussels, Belgium. *Int J Biometeorol*, 2017.

Chikh Alard, I., Soubhye, J., Berger, G., Gelbcke, M., Spassov, S., Hubin, A., Amighi, K., Goole J., Meyer, F.: Triple-stimuli responsive polymers with fine tuneable magnetic response. *Polymer Chemistry*, 2017.

De Meutter, P., Camps, J., Delcloc, A., Termonia, P. : Assessment of the announced North Korean nuclear test using long-range atmospheric transport and dispersion modelling. *Scientific Reports*, 7(1), 2017.

De Meutter, P., Camps, J., Delcloc, A., Termonia, P.: Assessment of the Announced North Korean Nuclear Test Using Long-range Atmospheric Transport and Dispersion Modelling. *Scientific Reports* nr. 7, 2017.

De Niel, J., Demarée, G., Willems, P.: Weather typing-based flood frequency analysis verified for exceptional historical events of past 500 years along the Meuse River. *Water Resources Research*, nr. 53, 2017.

Delpomdor, F.R.A., Devleeschouwer, X., Spassov, S., Préat, A.R.: Stratigraphic correlations in mid- to late-Proterozoic carbonates of the Democratic Republic of Congo using magnetic susceptibility. *Sedimentary Geology* 351, p. 80-101, 2017.

Demaeyer, J., Vannitsem, S.: Stochastic parameterization of subgrid-scale processes in coupled ocean-atmosphere systems: Benefits and limitations of response theory. *Quart. J. Roy. Met. Soc.*, nr. 143, p. 881-896, 2017.

Demarée, G.R., Ogilvie, A.E.J.: L'éruption du Lakagígur en Islande ou 'Annus Mirabilis 1783' Chronique d'une année extraordinaire. *SÉ-MATA, Ciencias Sociais e Humanidades*, vol. 29, p. 239-260, 2017.

Duerinckx, A., Hamdi, R., Deckmyn, A., Djebbar, A., Mahfouf, J.-F., Termonia, P.: Combining an EKF soil analysis with a 3D-Var upper-air assimilation in a limited area NWP model. *Q.J.R. Meteorol. Soc.*, nr. 143, p.2999–3013, 2017.

Ech-chakrouni, S., Hus, J., Van Liefferinge, F.: Brick kilns as good recorders of the geomagnetic field. *Studia Geophysica et Geodaetica*, 2017.

Gossart, A., Souverijns, N., Gorodetskaya, I. V., Lhermitte, S., Lenaerts, J. T. M., Schween, J. H., Mangold, A., Laffineur, Q., van Lipzig, N. P. M.: Blowing snow detection from ground-based ceilometers: application to East Antarctica. *The Cryosphere*, nr. 11, p. 2755-2772, 2017.

Goudenhoofd, E., Delobbe, L., Willems, P.: Regional frequency analysis of extreme rainfall in Belgium based on radar estimates. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, nr. 21, p. 5385-5399, 2017.

Gustafsson, N., Janjić, T., Schraff, C., Leuenberger, D., Weissman, M., Reich, H., Brousseau, P., Montmerle, T., Wattrelot, E., Bučánek, A., Mile, M., Hamdi, R., Lindskog, M., Barkmeijer, J., Dahlbom, M., Macpherson, B., Ballard, S., Inverarity, G., Carley, J., Alexander, C., Dowell, D., Liu, S., Ikuta, Y., Fujita, T.: Survey of data assimilation methods for convective-scale numerical weather prediction at operational centres. *Q.J.R. Meteorol. Soc.*, 2017.

Hoebeke, L., Bruffaerts, N., Verstraeten, W., Delcloc, A., De Smedt, T., Packeu, A., Detandt, M., Hendrickx, M.: Thirty-four years of pollen monitoring: an evaluation of the temporal variation of pollen seasons in Belgium. *Aerobiologia*, 2017.

Huang, G., Liu, X., Chance, K., Yang, K., Bhartia, P. K., Cai, Z., Allaart, M., Ancellet, G., Calpini, B., Coetzee, G. J. R., Cuevas-Agulló, E., Cupeiro, M., De Backer, H., Dubey, M. K., Fuentetaja, H. E., Fujiwara, M., Godin-Beekmann, S., Hall, T. J., Johnson, B., Joseph, E., Kivi, R., Kois, B., Komala, N., König-Langlo, G., Laneve, G., Leblanc, T., Marchand, M., Minschwaner, K. R., Morris, G., Newchurch, M. J., Ogino, S.-Y., Ohkawara, N., Pithers, A. J. M., Posny, F., Querel, R., Scheele, R., Schmidlin, F. J., Schnell, R. C., Schrems, O., Selkirk, H., Shiotani, M., Skrivánková, P., Stübi, R., Taha, G., Tarasick, D. W., Thompson, A. M., Thouret, V., Tully, M. B., Van Malderen, R., Vömel, H., von der Gathen, P., Witte, J. C., Yela, M.: Validation of 10-year SAO OMI Ozone Profile (PROFOZ) product using ozone-sonde observations, *Atmos. Meas. Tech.*, nr. 10, p. 2455-2475, 2017.

Lukach, M., Foresti, L., Giot, O., Delobbe, L.: Estimating the occurrence and severity of hail based on 10 years of observations from weather radar in Belgium. *Met. Apps*, nr. 24, p. 250–259, 2017.

Namaoui, H., Kahlouche, S., Belbachir, A.H., Van Malderen, R., Brenot, H., Pottiaux, E.: GPS water vapor and its comparison with radiosonde and ERA-Interim data in Algeria. *Adv. Atmos. Sci.*, nr. 34(5), p.623–634, 2017.

Nicolis C., Nicolis, G.: Coupling-enhanced stochastic resonance. *Phys. Rev. E*96, 2017.

Nicolis C., Nicolis, G.: Stochastic resonance across bifurcation cascades. *Phys. Rev. E*95, 2017.

Pelosi, A., Medina, H., Van den Bergh, J., Vannitsem, S., Chirico, G.B.: Adaptive Kalman Filtering for Postprocessing Ensemble Numerical Weather Predictions. *Mon. Wea. Rev.*, nr. 145, p. 4837–4854, 2017.

Poelman, D. R., Schulz, W., Kaltenboeck, R., Delobbe, L.: Analysis of lightning outliers in the EUCLID network. *Atmos. Meas. Tech.*, nr. 10, p. 4561–4572, 2017.

Schmalwieser, A. W., Gröbner, J., Klotz, B., Blumthaler, M., De Backer, H., Bolsee, D., Werner, R., Tomsic, D., Metelka, L., Eriksen, P., Jepsen, N., Aun, M., Heikkilä, A., Duprat, T., Sandmann, H., Weiss, T., Bais, A., Toth, Z., Siani, A.M., Vaccaro, L., Diemoz, H., Lorenzetto, G., Grifoni, D., Zipoli, G., Petkov, B., di Sarra, A.G., Massen, F., Yousif, C., Aculinin, A., den Outer, P., Svendby, T., Dahlback, A., Johnsen, B.J., Biszczuk-Jakubowska, J., Krzyscin, J.W., Henriques, D., Chubarova, N., Kolarž, P., Mijatovic, Pribulova, A., Groselj, D., Bilbao, J., Moreta González, J. R., Vilaplana Guerrero, J.M., Serrano, A., Andersson, S., Vuilleumier, L., Webb, A., O'Hagan, J.B.: UV Index monitoring in Europe. *Photochem. Photobiol. Sci.*, 2017.

Souverein, N., Gossart, A., Gorodetskaya, I. V., Lhermitte, S., Mangold, A., Laffineur, Q., Delcloc, A., van Lipzig, N. P. M.: How does the ice sheet surface mass balance relate to snowfall? Insights from a ground-based precipitation radar in East Antarctica, *The Cryosphere Discuss.*, in review, 2017.

Stankov S., Bergeot, N., Berghmans, D., Bolsée, D., Bruyninx, C., Chevalier, J.-M., Clette, F., De Backer, H., De Keyser, J., D'Huys, E., Dominique, M., Lemaire, J.F., Magdalenić, J., Marqué, C., Pereira, N., Pierrard, V., Sapundjiev, D., Seaton, D.B., Stegen, K., Van der Linden, R., Verhulst, T.G.W., West, M.J.: Multi-instrument observations of the solar eclipse on 20 March 2015 and its effects on the ionosphere over Belgium and Europe. *J. Space Weather Space Clim.*, nr. 7, 2017.

Stankov, S.M., Bergeot, N., Berghmans, D., Bolsée, D., Bruyninx, C., Chevalier, J.M., Clette, F., De Backer, H., De Keyser, J., D'Huys, E., Dominique, M., Lemaire, J. F., Magdalenić, J., Marqué, C., Pereira, N., Pierrard, V., Sapundjiev, D., Seaton, D.B., Stegen, K., Van der Linden, R., Verhulst, T.G.W., West, M.J.: Multi-instrument observations of the solar eclipse on 20 March 2015 and its effects on the ionosphere over Belgium and Europe. *Journal of Space Weather and Space Climate*, Vol.7, nr. A19, 2017.

Vanderhoeven, S., Adriaens, T., Desmet, P., Strubbe, D., Bäckeljaou, T., Barbier, Y., Brosens, D., Cigar, J., Coupremagne, M., De Troch, R., Eggermont, H., Heughebaert, A., Hostens, K., Huybrechts, P., Jacquemart, A.L., Lens, L., Monty, A., Paquet, J.Y., Prévot, C., Robertson, T., Termonia, P., Van De Kerchove, R., Van Hoey, G., Van Schaeybroeck, B., Vercayie, D., Verleye, T., Welby, S., Groom, Q.: Tracking Invasive Alien Species (TriAS) : Building a data-driven framework to inform policy. *Research Ideas and Outcomes* 3: e13414, 2017.

Vannitsem, S., Ghil, M.: Evidence of coupling in the Ocean-Atmosphere dynamics over the North Atlantic. *Geophys. Res. Lett.*, nr. 44, p. 2016–2026, 2017.

Vannitsem, S.: Predictability of large-scale atmospheric motions: Lyapunov exponents and error dynamics. *Chaos*, nr. 27, 032101, 2017.

Verhulst, T.G.W., Altadill, D., Mielich, J., Reinisch, B., Galkin, I., Moutzakakis, A., Belehaki, A., Buresova, D., Stankov, S.M., Blanch, E., Koubba, D.: Vertical and oblique HF sounding with a network of synchronized ionosondes. *Advances in Space Research*, Vol.60, nr.8, p.1644–1656, 2017.

Verhulst, T.G.W., Stankov, S.M.: Height-dependent sunrise and sunset: effects and implications of the varying times of occurrence for local ionospheric processes and modelling. *Advances in Space Research*, Vol.60, nr.8, p.1797–1806, 2017.

Wang, Y., Meirold-Mautner, I., Kann, A., Šajin Slak, A., Simon, A., Vivoda, J., Bica, B., Böcskő, E., Brezková, L., Dantinger, J., Giszterowicz, M., Heizler, G., Iwanski, R., Jachs, S., Bernard, T., Kršman, R., Merše, J., Micheletti, S., Schmid, F., Steininger, M., Haiden, T., Regec, A., Buzzi, M., Derková, M., Kozarić, T., Qiu, X., Reyniers, M., Yang, J., Huang, Y., Vadislavsky, E.: Integrating nowcasting with crisis management and risk prevention in a transnational and interdisciplinary framework. *Meteorologische Zeitschrift*, 2017.

Williams, J.E., Boersma, K.F., Le Sager, P., Verstraeten, W.W.: The high-resolution version of TM5-MP for optimized satellite retrievals: description and validation. *Geosci. Model Dev.*, nr. 10, p.721–750, 2017.

Yano, J.I., Ziemiański, M.Z., Cullen, M., Termonia, P., Onvlee, J., Bengtsson, L., Carrassi, A., Davy, R., Deluca, A., Gray, S.L., 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*, 2017.

Young, P.J., Naik, V., Fiore, A. M., Gaudel, A., Guo, J., Lin, M. Y., Neu, J., Parrish, D., Reider, H. E., Schnell, J. L., Tilmes, S., Wild, O., Zhang, L., Brandt, J., Delcloc, A., Doherty, R. M., Geels, C., Hegglin, M., Hu, L., Im, U., Kumar, R., Luhar, A., Murray, L., Plummer, D., Rodriguez, J., Saiz-Lopez, A., Schultz, M. G., Woodhouse, M., Zeng, G., Ziemke, J.: Tropospheric Ozone Assessment Report: Assessment of global-scale model performance for global and regional ozone distributions, variability, and trends. *Elementa: Science of the Anthropocene*, 2017.



Zerefos, C.S., Eleftheratos, K., Kapsomenakis, J., Solomos, S., Inness, A., Balis, D., Redondas, A., Eskes, H., Allaart, M., Amiridis, V., Dahlback, A., De Bock, V., Diémoz, H., Engelmann, R., Eriksen, P., Fioletov, V., Gröbner, J., Heikkilä, A., Petropavlovskikh, I., Jaroslowski, J., Josefsson, Karppinen, T., Köhler, U., Meleti, C., Repapsis, C., Rimmer, J., Savinykh, V., Shiroto, V., Siani, A.M., Smedley, A.R.D., Stanek M., Stübi, R.: Detecting volcanic sulfur dioxide plumes in the Northern Hemisphere using the Brewer spectrophotometers, other networks, and satellite observations. *Atmos. Chem. Phys.*, nr. 17, p. 551-574, 2017.

Zhang, M., Luo, G., Hamdi, R., Qiu, Y., Wang, X., Maeyer, P.D., Kurban, A.: Numerical Simulations of the Impacts of Mountain on Oasis Effects in Arid Central Asia. *Atmosphere* nr. 8, p. 212, 2017.

PUBLICATIONS DANS DES REVUES NATIONALES AVEC COMITÉ DE LECTURE

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*, Vol. 25, 2017.

Hamdi, R. : Les villes et le changement climatique. *Science connection*, 2017.

MONOGRAPHIES INTERNATIONALES

Hus, J.J.: Some magnetic properties of a loess palaeosol sequence. In: Ann van Baelen, *The Lower to Middle Palaeolithic Transition in Northwestern Europe. Evidence from Kesselt-Op de schans*, Leuven University Press, p. 64-70, 2017.

PROCEEDINGS

Aerts, R., Van Nieuwenhuysse, A., Hendrickx, M., Hoebeke, L., Dendoncker, N., Linard, C., Dujardin, S., Verstraeten, W., Delcloo, A., Hamdi, R., Saenen, N., Nawrot, T., Aerts, J.M., Van Orshoven, J., Somers, B.: Cumulative diversity dose CDD as an integrated measure of human exposure to biodiversity. *European One Health/ Ecohealth Workshop*, Brussels, Belgium, 6-7 oct 2017.

Aerts, R., Van Nieuwenhuysse, A., Hendrickx, M., Hoebeke, L., Dendoncker, N., Linard, C., Dujardin, S., Verstraeten, W., Delcloo, A., Hamdi, R., Saenen, N., Nawrot, T., Aerts, J.M., Van Orshoven, J.,

Somers, B.: Cumulative diversity dose CDD as an integrated measure of human exposure to biodiversity. *International Conference on Landscape and Human Health: Forests, Parks and Green Care*, Vienna, 17-19 May 2017.

Altadill, D., Blanch, E., Paznukhov, V., Zornoza, M.J., Belehaki, A., Verhulst, T., Galkin, I., Reinisch, B., Buresova, D., Mielich, J., Parkinson, M., Subirana, J.S.: Interferometry method to conventional ionosonde data in support of a pilot network for identification of travelling ionospheric disturbances. *Pres. URSI General Assembly*, Montreal, Canada, 19-26 August 2017.

Arboleda, A., Ghilain, N., Gellens-Meulenberghs, F.: Continuous monitoring of evapotranspiration (ET): Overview of LSA-SAF evapotranspiration products. *SPIE Remote Sensing 2017*, Warsaw, Poland, 11 – 14 September 2017.

Barrios, J.M., Ghilain, N., Arboleda, A., Gellens-Meulenberghs, F.: Evaluating an energy balance setting and random forest-based downscaling for the estimation of daily ET at sub-kilometer spatial resolution. 2017.

De Meutter, P., Camps, J., Delcloo, A., Termonia, P. (2017). Uncertainty quantification of atmospheric transport modelling of radionuclides. *NERIS workshop proceedings 2017*, Lisbon, Portugal, 17-19 May 2017.

De Meutter, P., Camps, J., Delcloo, A., Termonia, P. : Backtracking Radioxenon in Europe Using Ensemble Transport and Dispersion Modelling; in: C. Mensink and G. Kallos (eds.), *Air Pollution Modelling and Its Application XXV*, Springer Proceedings in Complexity, 2017.

Martínez, B., Campos-taberner, M., Sánchez-Ruiz, S., García-Haro, F. J., Amparo Gilabert, M., Arboleda, A., Ghilain, N., Gellens-Meulenberghs, F.: Water stress correction of daily gross primary estimates for Europe and Africa using SEVIRI/MSG data. *EUMETSAT Satellite conference 2017*, Rome, Italy, 2-5 October 2017.

Reinisch, B., Galkin, I., Belehaki, A., Paznukhov, V., Huang, X., Mielich, J., Altadill, D., Buresova, D., Verhulst, T., Stankov, S., Blanch, E., Kouba, D., Tsagouri, I., Mouzakis, A., Messerotti, M., Parkinson, M., Ishii, M.: NetTIDE - Pilot Ionosonde Network for Identification of Travelling Ionospheric Disturbances. *Pres. URSI General Assembly*, Montreal, Canada, 19-26 August 2017.

Sapundjiev, D., Verhulst, T., Stankov, S., Jodogne, J.C.: The Belgian space weather observatory in Dourbes. *Pres. IAU Symposium 335 «Space Weather of the Heliosphere: Processes and Forecasts»*, Exeter, UK., 17-21 July 2017.

Schulz, W., Poelman, D.R., Kaltenboeck, R., Goudenhoofd, E., Delobbe, L.: Analysis of outliers in the EUCLID network. *10th Asia-Pacific International Conference on Lightning (APL)*, Krabi, Thailand, 2017.

Schulz, W., Poelman, D.R., Kaltenboeck, R., Goudenhoofd, E., Delobbe, L.: Analysis of outliers in the EUCLID network, *CIGRE International Colloquium on Lightning and Power Systems (ICLPS)*, Ljubljana, Slovenia, 2017.

Stankov, S., Verhulst, T.: Nowcast of the BeNeLux regional magnetic activity for use in space weather applications. Pres. IAPSO-IA-MAS-IAGA Joint Assembly, Cape Town, South Africa, 27 Aug – 1 Sep 2017.

Stankov, S., Verhulst, T.: On the importance of solar eclipse geometry in the interpretation of ionospheric observations. Pres. American Geophysical Union (AGU) Fall Meeting, New Orleans, USA, 11-15 Dec 2017.

Trigo, I.F., Freitas, S.C., da Camara, C., Carrer, D., García-Haro, J., Göttsche, F.M., Gellens-Meulenberghs, F., Irsic, M., Roujean, J.-L., Smets, B., Stoyanova, J., Wooster, M.: The Satellite Applications Facility on Land Surface Analysis: Evolution towards the Next Generation of EUMETSAT Satellites. Proceedings of the EUMETSAT Meteorological Satellite Conference, Rome, Italy, 2-6 October 2017.

Van Malderen, R., Pottiaux, E., Klos, A., Bock, O., Bogusz, J., Chimani, B., Elias, M., Gruszczynska, M., Guijarro, J., Zengin Kazanci, S., Ning T.: Homogenizing GPS integrated water vapour time series: methodology and benchmarking the algorithms on synthetic datasets. the Ninth Seminar for Homogenization and Quality Control in Climatological Databases and Fourth Conference on Spatial Interpolation Techniques in Climatology and Meteorology, WMO, WCDMP-No. 845, edited by T. Szentimrey, M. Lakatos, L. Hoffmann, pp. 102-114, Budapest, Hungary, 2017.

Verhulst, T., Stankov, S.: Effect of altitude-dependent times of sunrise and sunset in ionospheric modelling. Pres. URSI General Assembly, Montreal, Canada, 19-26 August 2017.

RAPPORTS INTERNES ET EXTERNES SANS COMITÉ DE LECTURE

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

Baguis, P., Roulin, E.: Assimilating satellite data for soil moisture in a hydrological model; a case study in Belgium.

Baguis, P., Roulin, E.: Case studies for H-SAF precipitation products.

Deckmyn, G., Al Mahaini, T., Andivia, E., Bortier, M., Deckmyn, A., Genon, J.G., Giot, O., Hamdi, R., Jonard, M., Ponette, Q., Sarioglu, S., Vives i Batlle, J., Ceulemans, R.: A decision support tool to manage climate change risks to forest ecosystems "ECORISK". Final Report. Brussels, Belgian Science Policy 2017.

Ech-chakrouni, S., Hus, J.: Archeologische opgraving Aalst peperstraat (prov. Oost-Vlaanderen)/archeomagnetisch onderzoek. Basisrapport. Monument Van Dekerckhove., 2017.

Gobin, A., Van de Vyver, H., Vanwindekens, F., Curnel, Y., Planchon, V., Verspecht, A., de Frutos Cachorro, J., Buysse, J.: Meteorological risks as drivers of environmental innovation in agro ecosystem management. Final Report. Brussels: Belgian Science Policy 2017.

Rio, J., Smet, G.: Convection permitting EPS on Madeira cases, FR stay at RMI, Belgium, Brussels, 18-22 September 2017.

Smet, G.: RMI-EPS: a prototype convection-permitting EPS for Belgium. Joint ALADIN-HIRLAM Newsletter nr. 8, January 2017.

RÉSUMÉS DE CONFÉRENCES ET POSTERS

Arboleda, A., Ghilain N., Trigo, I., Coelho, S., Martins, J. P., Gellens-Meulenberghs, F.: LSA-SAF evapotranspiration and surface heat flux products 2.0. EUMETSAT Satellite conference 2017, Rome, Italy, 02-05 October 2017.

Arboleda, A.: Evapotranspiration and LSA-SAF Products. Training course on the use of satellite products for drought monitoring and agro-meteorological applications. WMO/ EUMETSAT, OSMZ HQ Budapest, Hungary, 24-28 April 2017.

Barrios, J.M., Gellens-Meulenberghs, F., Hamdi, R., Sebastian, W., Janssens, I., Balzarolo, M.: Landscape heterogeneity around ICOS Belgian eddy covariance sites investigated through satellite imagery. ICOS Belgium Science Conference, 20 October 2017.

Barrios, J.M., Gellens-Meulenberghs, F., Hamdi, R., Wieneke, S., Janssens, I., Balzarolo, M.: Landscape heterogeneity around ICOS Belgian eddy covariance sites investigated through satellite imagery. ICOS Belgium Science Conference, Gembloux Belgium, 20 October 2017.

Barrios, J.M., Ghilain, N., Arboleda, A., Gellens-Meulenberghs, F.: Testing the potential of Sentinel-3 in the generation of daily ET estimates at 1 km resolution over wetland ecosystems. Conference: Remote sensing of fluorescence, photosynthesis and vegetation status, ESA-ESRIN, Frascati, Italy, 17 - 19 January 2017.

Bauwens M., Müller, J.-F., Stavrakou, T., De Cruz, L., Van Schaeybroeck, B., Termonia, P., De Troch, R., Berckmans, J., Hamdi, R.: Effect of climate change and CO2 inhibition on isoprene emissions in Europe calculated using the ALARO-0 regional climate model. EGU General Assembly Conference Abstracts 19, 2017.

Bauwens M., Stavrakou, T., Müller, J.-F., De Cruz, L., De Troch, R., Berckmans, J., Giot, O., Hamdi, R., Termonia, P., Schaeybroeck, B.: Effect of climate change and CO2 inhibition on isoprene emissions



in Europe calculated using the ALARO-0 regional climate model. 18th GEIA Conference, Hamburg, 13-15 September 2017.

Berckmans J., Hamdi, R., Dendoncker, N., Ceulemans, R.: Modelling the impact of land use and climate changes at the regional scale. EMS Annual Meeting Abstracts, Vol. 14, 2017.

Berckmans J., Van Malderen, R., Pottiaux, E., Hamdi, R.: Evaluation of the atmospheric water vapor content in the regional climate model ALARO-0 using GNSS observations. GNSS4SWEC Final workshop, Noordwijk, The Netherlands, 21-23 February 2017.

Berckmans J., Van Malderen, R., Pottiaux, E., Pacione, R.: Evaluation of the atmospheric water vapor content in the regional climate model ALARO-0 using GNSS observations from EPN Repro2. EMS Annual Meeting Abstracts, Vol. 14, 2017.

De Cruz L., Reyniers, M., Delobbe, L., Foresti, L.: Impact of blending high-frequency NWP precipitation forecasts in a stochastic now-casting scheme. Symposium on Weather Radar and Hydrology, Seoul, Republic of Korea, 10-13 April 2017.

De Cruz L., Schubert, S., Demaeyer, J., Lucarini, V., Vannitsem, S.: Predictability study of the coupled ocean-atmosphere system with MAOAM. Fifth Annual CliMathNet Conference, Reading, United Kingdom, 29 August - 1 September 2017.

Demaeyer, J., Vannitsem, S.: Comparison of recent physically-based stochastic subgrid parameterization. EGU, Vienna, 24-28 April 2017.

Demarée, G. R., Verheyden, R.: Walthère Victor Spring, a forerunner in the study of the greenhouse effect, at the University of Liège, Belgium. 5th PAGES Open Science Meeting, Zaragoza, Spain, 09-13 May 2017.

Ech-chakrouni, S., Hus, J.: Archaeomagnetic SV curve for Belgium, EGU2017-17385, European Geosciences Union General Assembly 2017, Vienna, Austria, 23-28 April 2017.

Ghilain, N., Arboleda, A., Barrios, J.-M., Gellens-Meulenberghs, F.: Impact of land cover map classification and spatiotemporal characteristics on 300 m to 5 km operational evapotranspiration mapping at continental-scale. ESA Worldcover conference, Frascati, Italy, March 2017.

Ghilain, N., Arboleda, A., Barrios, J.-M., Gellens-Meulenberghs, F.: Operational land surface fluxes and evapotranspiration mapping over continents and validation with FLUXNET/ICOS observations. ICOS-BE conference, Gembloux, Belgium, October 2017.

Ghilain, N., Trigo, I. F., Arboleda, A., Barrios, J.-M., Batelaan, O., Gellens-Meulenberghs, F.: A soil moisture index derived from thermal infrared sensor on-board geostationary satellites over Europe, Africa and Australia. EGU general assembly, Vienna, Austria, April 2017.

Gobin, A., Van de Vyver, H., Vanwindekens, F., de Frutos Cachorro, J., Verspecht, A., Planchon, V., Buysse, J.: Meteorological risks are

drivers of environmental innovation in agro-ecosystem management. Geophysical Research Abstracts Vol. 19, 2017.

Hamdi, R.: On the use of SURFEX as a new land surface scheme for the limited area NWP model ALARO. SURFEX Users Workshop. Météo-France, Toulouse, France, February 27th - March 1st 2017.

Janssens, I., Balzarolo, M., Wieneke, S., Maleki, M., Vicca, S., Campioli, M., Gellens-Meulenberghs, F., Hamdi, R., Barrios, M., Ciais, P., Maignan, F., Bastos, A., Piao, S., Peng, P.: ECOPROPHET - Improved ECOSystem PROductivity Modeling by Innovative Algorithms and Remotely Sensed PHEnology Indicators. ICOS Belgium Science Conference, Gembloux, Belgium, 20 October 2017.

Kosareva, L.R., Kuzina, D.M., Spassov, S., Nourgaliev, D.K., Sitdikov, A.G., Khasanov, D.I.: Archaeomagnetic analyses from a pottery kiln in Bolgar (Tatarstan). International Conference on Paleomagnetism and Rock Magnetism, Kazan, Russia, 2-7 October 2017.

Leemans, V., De Cruz, L., Dumont, B., Hamdi, R., Delaplace, P., Heinesh, B., Garré, S., Verheggen, F., Theodorakopoulos, N., Longdoz, B.: Selection of meteorological conditions to apply in an Ecotron facility. Geophysical Research Abstracts Vol. 19, 2017.

Martins, J. P. A., Trigo, I. F., Ghilain, N., Goettsche, F.-M., Ermida, S., Olesen, F.-S., Gellens-Meulenberghs, F., Arboleda, A.: A comparison of all-weather land surface temperature products. EGU general assembly, Vienna, Austria, April 2017.

Pelosi, A., Battista Chirico, G., Van den Bergh, J., Vannitsem, S.: Adaptive correction of ensemble forecasts. EGU, Vienna, 24-28 April 2017.

Stas, M., Heylen, S., Aerts, R., Delclocq, A., Dendoncker, N., Hamdi, R., Hendricks, M., Linard, C., Nawrot, T., Van Nieuwenhuysse, A., Aerts, J.M., Somers, B., Van Orshoven, J.: Predicting allergenic tree species distributions from the Belgian soil map and a grid-based databank of vascular plants. Soil Science Society of Belgium, Thematic Day 2017, Brussels, Belgium, 5 December 2017.

Termonia, P.: Going through the gray zone with the ALADIN System, ECMWF Gray zone seminar, ECMWF, 13-16 November 2017.

Van Bever, J.: Scalability of the ALARO reference configurations + ATLAS LAM extensions. 2nd ESCAPE dissemination workshop, Poznan, Poland, 5-7 September 2017.

Van de Vyver, H.: A multiscaling model of an intensity-duration-frequency relationship for extreme precipitation. STAHY 2017 Warsaw, Poland, 21-22 September 2017.

Van den Bergh, J., Roulin, E.: Member-by-member postprocessing of hydrological ensemble predictions, based on reforecasts, EMS Annual Meeting Abstracts, Vol. 14, 2017.

Van Schaeuybroeck, B., Termonia, P., Berckmans, J., De Ridder, K., Fettweis, X., Gobin, A., Luyten, P., Marbaix, P., Pottiaux, E., Stavra-

kou, T., Van Lipzig, N., van Ypersele, J.-P., Willems, P.: The foundations of climate services in Belgium: CORDEX.be, European Conference for Applied Meteorology and Climatology, Dublin, 4-8 September 2017.

Van Schaeybroeck, B., Termonia, P., De Ridder, K., Fettweis, X., Gobin, A., Luyten, P., Marbaix, P., Pottiaux, E., Stavrakou, T., Van Lipzig, N., van Ypersele, J.-P., Willems, P.: The foundation for climate services in Belgium: CORDEX. Be. EGU General Assembly Conference Abstracts 19, 2017.

Van Schaeybroeck, B., Vannitsem, S., Termonia, P.: Using bias correction to achieve reliable near-term climate projections, EGU, Vienna, 24-28 April 2017.

Van Schaeybroeck, B., Vannitsem, S., Termonia, P.: Using bias correction to achieve reliable near-term climate projections. EGU General Assembly Conference Abstracts 19, 2017.

Vannitsem, S.: Lyapunov instability properties of a hierarchy of atmospheric models. Vienna, Austria, 24-28 April 2017.

Vannitsem, S., Ghil, M.: Evidence of coupling in ocean-atmosphere dynamics over the North Atlantic. EGU, Vienna, 24-28 April 2017.

CONFÉRENCES ET POSTERS SANS RÉSUMÉ

De Bock, V., Mangold, A., Delcloo, A., Hermans, C., De Backer, H.: Measurements of aerosol optical properties at a suburban site in Belgium. European Aerosol Conference 2017, Zürich, Switzerland, 27 August-1 September 2017.

De Bock, V., Tilstra, G., Tuinder, O., Mangold, A., Laffineur, Q., Delcloo, A.: Validation of the aerosol absorbing height (AAH) products from GOME-2 instruments on-board MetOp-A and MetOp-B within the framework of the AC SAF. Eumetsat conference, Rome, Italy, 2-6 October 2017.

De Cruz L., Berckmans, J., Caluwaerts, S., De Troch, R., Duchêne, F., Giot, O., Hamdi, R., Termonia, P., Van Schaeybroeck, B.: Validation and climate projections of the ALARO-0 model on the EURO-CORDEX domain by RMIB & UGent. EURO-CORDEX General Assembly, Hamburg, Germany, 30 January - 2 February 2017.

De Cruz L., Foresti, L., Reyniers, M., Delobbe, L., Degrauwe, D., Duerinckx, A.: Blending STEPS-BE with high-frequency, high-resolution precipitation forecasts from a numerical weather model. PLURISK Symposium, Brussels, Belgium, 4 October 2017.

De Cruz L., Foresti, L., Reyniers, M., Delobbe, L., Degrauwe, D., Duerinckx, A.: STEPS experiences at the Royal Meteorological Institute of Belgium. "Six S" precipitation nowcasting workshop, Locarno, Switzerland, 10-12 October 2017.

Delcloo, A., Camps, J., De Meutter, P., Gueibe, C., Olyslaegers, G.: Intercomparison Study Between Different Types Of Models For The Dry Deposition Of I-131. CTBT: Science and Technology 2017 conference, Vienna, Austria, 26-30 June, 2017.

Delcloo, A., Tuinder, O., Heue, K.-P.: Validation of GOME-2A and GOME-2B Ozone Profiles and Tropospheric Ozone Column Products in an Operational Context, Using Balloon Sounding Data. EUMETSAT conference 2017, Rome, Italy, 2-6 October 2017.

Dewitte, S., Clerbaux, N., Ipe, A., Laffineur, Q., De Backer, H.: Stereo vision using the new dual view Meteosat Second Generation capability. Eumetsat conference, Rome, Italy, 2-6 October 2017.

Gellens-Meulenberghs, F., Laffineur, Q.: First steps towards eddy covariance measurements of turbulent and CO2 fluxes at RMI: results of one year test phase in Uccle. Royal Meteorological Institute of Belgium seminar series, Brussels, Belgium, 22nd June 2017.

Gellens-Meulenberghs, F., Laffineur, Q.: Test phase in Uccle towards eddy covariance measurements of sensible, latent and CO2 fluxes at RMI. ICOS-BE conference, Gembloux, Belgium, October 2017.

Gellens-Meulenberghs, F., Laffineur, Q.: Test phase in Uccle towards eddy-covariance measurements of sensible, latent and CO2 fluxes at RMI. ICOS Belgium Science Conference 2017, Gembloux, Belgium, 20 October 2017.

Gerard, L.: Can we unify clouds representation throughout Alaro Physics? ALADIN-HIRLAM Clouds WW, Toulouse, 16-18 January 2017.

Gerard, L.: The Future of Cumulus Parametrization Cumulus. Grey zone transition using a perturbation mass-flux parameterization. Delft, The Netherlands, 10-14 July 2017.

Ghilain, N.: Daily mapping of surface soil moisture over several continents with geostationary satellites. Royal Meteorological Institute of Belgium seminar series, Brussels, Belgium, February 2017.

Hamdi, R.: Connaissances et incertitudes sur les projections climatiques régionales et locales : Le cas de la Région de Bruxelles Capitale. 14-03-colloque-perspectives-bruxelles-anticiper-pour-mieux-gouverner-q/, Bruxelles Belgique, 14 mars 2017.

Hamdi, R.: Le changement climatique et les villes : connaissances et incertitudes sur les projections régionales et locales. TRECLIM, UCL LLN, Belgium, 27 November 2017.

Hamdi, R.: Climate change and cities: Downscaling from global climate model to urban impact model. IGSNRR, Beijing, China, 22 August 2017.

Hamdi, R.: Future climate projection over Belgium based on the RMI regional climate model ALARO-0. FORBIOCLIM, Leuven, 29th November 2017.

Hamdi, R.: Overview of ALADIN surface activities. 39th EWGLAM and 24th SRNWP Meeting. ECMWF, Reading, U.K., 2-5 October 2017.

Hamdi, R.: Preliminary tests of the CMC ALARO-1 coupled to SUR-



FEX-8 using CY43T2 over Belgium. Joint 27th ALADIN Workshop & HIRLAM All Staff Meeting 2017, Helsinki, Finland. 3-7 April 2017.

Hamdi, R.: Urban climate modeling at the RMI. Paris, France, 7 September 2017.

Hamdi, R.: Urban heat island and heat waves and its uncertainties. Paris, France, 7 September 2017.

Hamdi, R.: Urban micro-climate modeling. RESPIRIT, RMI, Brussels, 18 September 2017.

Herenz, P., Wex, H., Mangold, A., Stratmann, F.: CCN measurements at the Princess Elisabeth Antarctica Research station. 20th International Conference on Nucleation and Atmospheric Aerosols, Helsinki, Finland, 25-30 June 2017.

Keppens, A., Lambert, J.C., Hubert, D., Verhoelst, T., Granville, J., Ancellet, G., Balis, D., Delcloo, A., Duflost, V., Godin-Beekmann, S., Koukoulis, M., Leblanc, T., Stavrakou, T., Steinbrecht, W., Stübi, R., Thompson, A.: Validation of Copernicus Height-resolved Ozone data Products from Sentinel-5P TROPOMI using global sonde and lidar networks (CHEOPS-5P). European Geosciences Union General Assembly 2017, Vienna, Austria, 23 - 28 April 2017.

Klos, A., Van Malderen, R., Pottiaux, E., Bock, O., Bogusz, J., Chimani, B., Elias, M., Gruszczynska, M., Guijarro, J., Zengin Kazanci, S., Ning, T.: Study on homogenization of synthetic GNSS-retrieved IWV time series and its impact on trend estimates with autoregressive noise. European Geosciences Union General Assembly 2017, Vienna, Austria, 23-28 April 2017.

Laffineur, Q., Haefelin, M., Bravo-Aranda, J.-A., Drouin, M.A., Casquero-Vera, J.-A., Dupont, J.-C., De Backer, H.: Forecasting of radiation fog with a new decision support system based on automatic LIDAR-ceilometer measurements, European Geosciences Union General Assembly 2017, Vienna, Austria 23-28 April 2017.

Mangold, A., Laffineur, Q., De Backer, H., De Bock, V., Delcloo, A., Hermans, C., Gielen, C., Herenz, P., Wex, H.: Atmospheric aerosol and CCN properties in Dronning Maud Land, East Antarctica. European Aerosol Conference 2017, Zürich, Switzerland, 2017.

Pacione, R., Pottiaux, E., the IAG JWG 4.3.8 Team: IAG JWG 4.3.8: GNSS tropospheric products for Climate: Objectives and Future Plans. European Geosciences Union General Assembly 2017, Vienna, Austria, 23-28 April 2017.

Pinardi, G., Van Roozendaal, M., Lambert, J.C., Granville, J., de Maziere, M., Langerock, B., De Smedt, I., Hendrick, F., Lerot, C., Theys, N., van Gent, J., Delcloo, A., Koukoulis, M., Valks, P.: Trace gases validation and quality assessment within the AC SAF. EUMETSAT conference 2017, Rome, Italy, 2-6 October 2017.

Sapundjiev, D., Stankov, S., Jodogne, J.C.: Past, present and future of the cosmic ray observatory in Dourbes, Belgium. Pres. Workshop on the occasion of the 10-th anniversary of the international Neutron Monitor Database (NMDB), Athens, Greece, 20-23 Mar 2017.

Smet, G.: RMI-EPS: a prototype convection-permitting EPS for Belgium, Joint 27th ALADIN Workshop & HIRLAM All Staff Meeting 2017, Helsinki, Finland, 3 April - 7 April 2017.

Tuinder, O., Delcloo, A., Hess, M., Shah, S.: Reprocessed MetOp/GOME-2 vertical ozone profiles. EUMETSAT conference 2017, Rome, Italy, 2-6 October, 2017.

Van Schaeuybroeck, B.: Meteorological extremes for Belgium. CORDEX.be stakeholders meeting at Uccle, Belgium, 25 September 2017.

Vannitsem, S.: A dynamical systems approach to investigating the low-frequency variability of the ocean-atmosphere coupled system. Climathnet conference, Reading, UK, 29 august-1 September 2017.

Vannitsem, S.: Low-frequency variability and predictability of the ocean-atmosphere coupled system. Symposium in honor of Anna Trevisan, Bologna, Italy, 17-20 October 2017.

Verhulst, T.: Digisonde-to-Digisonde (D2D) network operations. Pres. Net-TIDE Project Final Meeting, Heraklion, Crete, 4-6 October 2017.

Verhulst, T.: Pilot Network for Identification of Travelling Ionospheric Disturbances in Europe. Pres. RMI Conference on Ionosphere and Space Weather, Brussels, Belgium, 08 March 2017.

Verhulst, T.: Sanity checking of the Frequency-Angular-Sounding (FAS) results. Pres. Net-TIDE Project Final Meeting, Heraklion, Crete, 4-6 October 2017.

THÈSES EN VUE DE L'OBTENTION DU GRADE DE DOCTEUR

N/A





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

