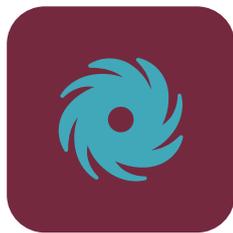
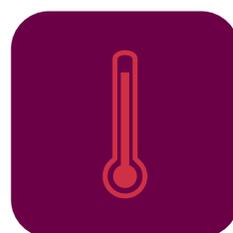


# RAPPORT ANNUEL

**IRM**

# 2008

Institut  
Royal  
Météorologique  
de Belgique





**IRM**

Institut **R**oyal **M**étéorologique

Avenue Circulaire 3

B-1180 Bruxelles

Tél. +32 2 373 06 11

Fax +32 2 375 12 59

**[www.meteo.be](http://www.meteo.be)**

**Editeur responsable :** Dr. H. Malcorps ISSN/1377-2406

**Coordinatrice :** Heidi Langenus

**Conception et réalisation graphique :** Trinome.be

<b>AVANT-PROPOS</b>	<b>7</b>
<b>FAITS REMARQUABLES</b>	<b>9</b>
1. Magnetic Valley	9
2. SOVIM van de grond	9
3. Construction d'une tour radar à Jabbeke, intérêt du radar à cet endroit	10
4. Préparation de l'expédition en Antarctique	10
5. Installation du bureau de coordination d'EUMETNET	11
6. Forum International Météo	11
8. Réunion EUMETNET à Bruxelles	12
9. Réunion de l'ICWED à Bruges	13
<b>AMÉLIORATION DES AVERTISSEMENTS SUR TERRE ET EN MER</b>	<b>15</b>
1. Contrôle de qualité des avertissements	15
2. Amélioration des avertissements relatifs aux conditions météorologiques dangereuses	20
<b>DÉVELOPPEMENT DES CONNAISSANCES SUR LE CLIMAT</b>	<b>33</b>
1. Approche intégrée faisant intervenir les erreurs sur les conditions initiales et de modélisation	33
2. La correction des prévisions	33
3. L'assimilation de données	34
4. Analyse des mesures de la vapeur d'eau (projet AGACC)	34
5. Contribution au projet GEMS: Vérification des observations des aérosols à l'aide de modélisations	35
6. Poussières fines et santé (projet PARHEALTH)	35
7. Résultats scientifiques et mesure de l'irradiance solaire	36
8. Mesures GERB/CMSAF	36
<b>EXTENSION ET AMÉLIORATION DES SYSTÈMES D'ALERTE</b>	<b>39</b>
1. Enregistrement du champ géomagnétique	39
2. Tour radar à Jabbeke	39
3. Webcams	40
4. Début du renouvellement des pluviomètres dans les stations automatiques	40
5. Étalonnage des instruments Brewer	41
6. Validation des profils d'ozone	41
<b>AMÉLIORATION ET ÉLARGISSEMENT DES PRODUITS ET SERVICES AUX GROUPES D'UTILISATEURS</b>	<b>43</b>
1. Le produit cartographique DMFI: obtenir la Déclinaison Magnétique en tout point du Benelux	43
2. Des données statistiques sur la grêle en Belgique	43
3. Cartes journalières informatisées des dégâts d'origine météorologique	43



4. Marché de services pour l'IBGE . . . . .	45
5. Amélioration des prévisions UV . . . . .	45
6. Énergie solaire . . . . .	46
7. Amélioration de l'infrastructure informatique . . . . .	47
8. Accès à l'information/service aux utilisateurs . . . . .	47

**CONTRIBUTIONS AU RAYONNEMENT INTERNATIONAL DE LA BELGIQUE 49**

1. Exporter les produits de l'IRM. . . . .	49
2. Coopération ALADIN et HIRLAM . . . . .	49
3. Steering group meeting EUMETSAT O3M SAF. . . . .	50
4. EUMETNET/OPERA . . . . .	51

**MODERNISATION DE LA GESTION 53**

1. Renforcement de la stratégie d'innovation . . . . .	53
2. Amélioration et extension du 'management information system'. . . . .	53
3. Bien-être du personnel: sécurité et prévention . . . . .	54
4. Comptabilité analytique . . . . .	54

**LE TEMPS EN 2008 57**

Encore une année chaude, mais moins remarquable que 2006 et 2007 . . . . .	57
--	----

**CONSEIL SCIENTIFIQUE, COMMISSION DE GESTION, JURY DE RECRUTEMENT ET DE PROMOTION ET CONSEIL DE DIRECTION DE L'IRM 65**

1. Conseil scientifique . . . . .	65
2. Commission de gestion . . . . .	65
3. Jury de recrutement et de promotion . . . . .	65
4. Conseil de Direction . . . . .	65

**PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES ET CONFÉRENCES 67**

1. Publications avec comité de lecture . . . . .	67
2. Proceedings . . . . .	68
3. Rapports internes et techniques . . . . .	69
4. Résumés des conférences et affiches . . . . .	69
5. Conférences et affiches sans résumé . . . . .	70
6. Thèses en vue de l'obtention du grade de docteur . . . . .	72
7. Livres . . . . .	72
8. Avis pour le Fonds des Calamités. . . . .	73

**LISTE DES ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS 75**



# Avant-propos



## AVANT-PROPOS

---

L'IRM est un établissement scientifique fédéral avec une autonomie de gestion, au service de la population et des autorités pour la fourniture de services fiables basés sur la recherche, l'innovation et la continuité.

La population attend avant tout des autorités qu'elles soient garantes de la sécurité. C'est pourquoi l'IRM a défini les objectifs stratégiques suivants :

Offrir plus de sécurité par le développement des connaissances sur le temps, le climat, le champ géomagnétique et l'ionosphère ;

Améliorer et développer des produits et services météorologiques pour les différents groupes d'utilisateurs.

L'IRM veut également moderniser son fonctionnement et contribuer au rayonnement international de notre pays.

Chaque année, l'Institut produit plus de 5000 prévisions météorologiques et plus de 100 avertissements. Les prévisions météorologiques et les avertissements sont, entre autres, basés sur le traitement de 83 millions de données d'observations belges et de 800.000 images provenant de radars et satellites. A cela, il faut encore ajouter les données provenant de modèles numériques. La qualité de notre service au public dépend directement de la qualité de ces données, mais aussi de la recherche scientifique et de la collaboration internationale.

L'Institut travaille étroitement avec tous les autres services météorologiques européens. Il s'agit de collaborations bilatérales mais aussi et surtout de collaborations multinationales. Des exemples parlants sont le Centre Européen de Prévision Météorologique à Moyen Terme (Reading), Eumetsat, Eumetnet et Ecomet. Grâce à ces collaborations, l'Europe a acquis un rôle de leader mondial dans le domaine de la météorologie. L'IRM met toute l'expertise qu'il a développée avec ces organisations à la disposition des autorités fédérales, mais également à celle des trois régions et communautés. Ces dernières ont, en effet, également d'importantes missions vis-à-vis de la population (par ex. en hydrologie et qualité de l'air) pour lesquelles elles doivent disposer d'informations météorologiques. L'IRM veut contribuer dans ces domaines d'application en mettant à la disposition de ces entités des informations de qualité.

En 2008, nous avons continué à travailler à la réalisation des objectifs stratégiques. Ils sont le fil conducteur de ce rapport annuel.

En tant que service public, l'IRM attache surtout de l'importance à la qualité de ses avertissements en cas de temps dangereux : précipitations abondantes, vents violents, orages, neige ou verglas. C'est pourquoi ces avertissements sont continuellement comparés avec les observations. Il ressort de cette analyse que les avertissements 2008 ont été d'excellente qualité.

La recherche effectuée dans ce domaine a pour but l'estimation des situations météorologiques dangereuses à plus longue échéance, d'une part et l'affinement de la prévision et de la localisation des phénomènes météorologiques dangereux à plus court terme, d'autre part. C'est ainsi que les météorologues de l'IRM disposent, depuis 2008, de prévisions numériques avec une résolution de 4 kilomètres.

Se basant sur une longue tradition dans le domaine de la surveillance et l'étude du climat, l'IRM a orienté depuis plusieurs dizaines d'années sa recherche vers des domaines encore peu explorés en rapport avec les changements climatiques, leur modélisation et les études de leurs impacts locaux (pour un aperçu de ces travaux, on consultera la publication 'Vigilance climatique')[1]. Dans le futur, les progrès qui ont été réalisés dans le domaine de la modélisation à mailles fines (modèle de prévisions Aladin) nous permettront également d'effectuer des études détaillées de sensibilité climatique à l'échelle belge.

L'IRM veut aussi contribuer au développement socio-économique de notre pays. Dans cette optique, l'innovation basée sur la recherche scientifique joue un rôle important. L'attention a été focalisée en 2008 sur les possibles spin-offs du centre géophysique de l'IRM situé à Dourbes. Avec le soutien de la ministre de la Politique scientifique, Madame Laruelle, et du secrétaire d'Etat à la Lutte contre la Pauvreté, Monsieur Delizée, la réalisation de la 'Magnetic Valley' a commencé.

En lisant ce rapport annuel, vous verrez comment l'IRM réalise progressivement les objectifs stratégiques rappelés ici. Je vous souhaite une lecture passionnante.[2]

**Dr. Henri Malcorps,**  
le Directeur général de l'IRM



© Photo Ivan Mervillie

[1] *L'IRM a toujours eu une grosse productivité dans le domaine de la recherche climatologique, comme en témoignent les nombreuses publications qu'on peut trouver en suivant les liens,*  
<http://www.meteo.be/meteo/view/fr/103541-Publications.html?keyword=climat&categorygrouplist=&zoek=Chercher>  
ou  
<http://www.meteo.be/meteo/view/fr/103541-Publications.html?keyword=klimaat&categorygrouplist=&zoek=Chercher>

[2] *Pour d'éventuelles questions supplémentaires, vous pouvez toujours contacter le service 'Users Interface' de l'IRM par téléphone (+3223730525 ou +3223730970) ou par le lien suivant :*  
<http://www.meteo.be/meteo/view/fr/131448-Contact.html>

## Faits remarquables

---

1



## FAITS REMARQUABLES

### 1. Magnetic Valley

Le Centre de Physique du Globe (CPG) de l'IRM à Dourbes, Viroinval, a reçu du gouvernement fédéral un financement pour le projet 'Magnetic Valley'. Le projet prévoit l'utilisation du savoir-faire et de l'expertise scientifique du CPG pour contribuer au développement socio-économique de la région autour de Dourbes. Magnetic Valley reprend 4 sous-projets, dont certains sont en phase de commercialisation, pouvant aboutir à la création de spin-offs. Ceux-ci s'installeront dans la région.

### 2. SOVIM van de grond

Depuis 1978, différents instruments mesurent le rayonnement énergétique solaire depuis l'espace.

Cette mesure, aussi appelée « constante solaire », correspond à la quantité totale d'énergie solaire reçue par seconde au travers d'une surface d'un mètre carré. La valeur est ensuite rapportée à la distance d'une unité astronomique. Cette mesure fondamentale au système climatique a été effectuée avec diverses précisions absolues. Les premières mesures, comme le montre la *figure 3*, étaient dispersées à cause des imprécisions instrumentales. Avec le temps, la qualité des mesures s'est améliorée. Ce n'est que vers 1990 que les mesures se sont accordées autour d'une valeur commune d'environ  $1365 \text{ W/m}^2$ . Cependant, en 2003, l'instrument TIM a mesuré environ  $4 \text{ W/m}^2$  de moins. Ceci jette un doute sur la qualité des mesures passées. Avec son nouvel instrument SOVIM à bord de la station spatiale internationale [voir *figure 2*], l'IRM a effectué de nouvelles mesures en 2008. Celles-ci sont présentées à la *figure 3*. L'analyse de ces mesures confirme l'exactitude des mesures antérieures. SOVIM mesure en effet une valeur d'environ  $1365.25 \text{ W/m}^2$ , ce qui laisse penser que les mesures de TIM sont affectées d'erreurs systématiques.

Outre les mesures du cycle solaire, chaque instrument montre des influences dues aux taches solaires, caractérisées par les pics vers le bas. Les premières mesures, dès les années 1978, différaient d'un instrument à l'autre.



Figure 1.1 : Image d'ambiance de la conférence de presse sur la 'Magnetic Valley', à l'occasion du soutien financier perçu par l'IRM de Mme Sabine Laruelle, ministre des PME, des Indépendants, de l'Agriculture et de la Politique scientifique.

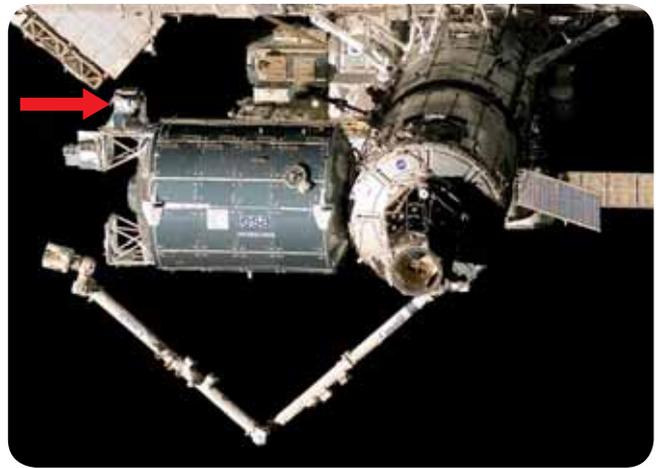


Figure 1.2 : L'instrument DIARAD/SOVIM de l'IRM est intégré sur la palette SOLAR du module Columbus de la station spatiale internationale.

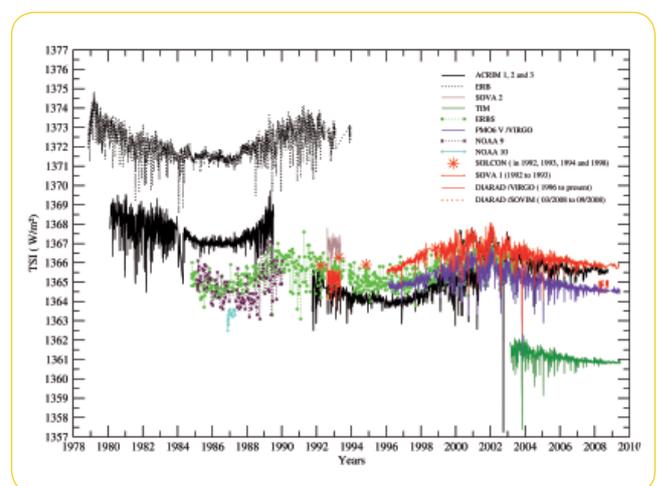


Figure 1.3 : Mesures de la constante solaire depuis 1978 par différents instruments. Les mesures à long terme des instruments de l'IRM sont représentées en rouge. L'IRM a par ailleurs participé à plusieurs missions de courte durée à bord des navettes spatiales américaines.



Abbeelding.1.4 : Foto van de bouw van de radartoren te Jabbeke

### 3. Construction d'une tour radar à Jabbeke, intérêt du radar à cet endroit

Les travaux de construction d'une nouvelle tour radar ont commencé à Jabbeke en Flandre Occidentale. Ces travaux sont réalisés par la Régie des Bâtiments pour le compte de l'IRM. La tour est destinée à héberger un nouveau radar météorologique qui permettra d'améliorer l'observation et la prévision à court terme des précipitations dans le Nord-Ouest du pays.

### 4. Préparation de l'expédition en Antarctique

La nouvelle base belge Princess Elisabeth Antarctica sera inaugurée pendant l'été austral 2008-2009. L'IRM contribue, au sein du projet BelAtmos (projet de la Politique scientifique fédérale, dirigé par l'IRM avec l'assistance de l'IASB), à la recherche scientifique dans cette nouvelle station. En 2008, les premiers instruments du projet ont été réceptionnés et préparés pour être placés dans la station Princess Elisabeth. Un héliophotomètre qui mesure l'extinction totale du rayonnement solaire en présence de particules d'aérosol et un éthalomètre mesurant l'absorption du rayonnement solaire en présence de particules d'aérosol seront installés en février 2009. Au cours des années suivantes, d'autres instruments seront mis en œuvre en Antarctique.

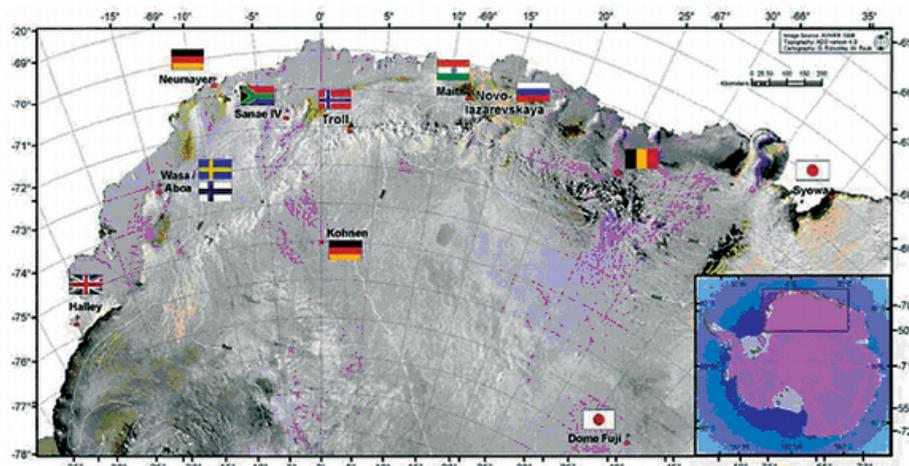
Les mesures de la composition atmosphérique en un lieu aussi éloigné que l'Antarctique sont importantes pour évaluer les changements dans les concentrations ambiantes et pour améliorer notre compréhension du déplacement sur de longues distances des aérosols et des gaz traces. Il n'y a que peu de mesures de ce type en Antarctique, en particulier à l'intérieur des terres où la composition peut être différente des sites côtiers présentant des types d'aérosols plus maritimes. En effet, ce type de données est particulièrement per-



Figure 1.5 : A gauche, l'héliophotomètre CIMEL qui mesure l'extinction totale du rayonnement solaire en présence de particules d'aérosol et à droite, l'éthalomètre qui mesure l'absorption du rayonnement solaire en présence de particules d'aérosol ainsi que la concentration en particules de noir de carbone.



Figure 1.6 : Site de la nouvelle station belge Princess Elisabeth en Antarctique; les coordonnées sont 71° 57' sud, 23° 20' est.



tiennent pour compléter ou valider les données provenant des satellites et des modèles globaux. Les données provenant de la station belge en Antarctique seront par conséquent extrêmement utiles pour combler leurs lacunes.

## 5. Installation du bureau de coordination d'EUMETNET

EUMETNET est un réseau regroupant 24 services météorologiques européens. Eumetnet met sur pied des programmes de collaboration entre les services membres dans le domaine de la météorologie, comme les systèmes d'observation, la formation, le développement de produits de prévision, la recherche... Grâce aux programmes EUMETNET, ses membres ont la possibilité de développer leurs capacités collectives afin d'offrir à tous les utilisateurs européens des informations météorologiques de la meilleure qualité disponible. L'IRM a le grand honneur d'héberger, depuis le 1er janvier 2008, le bureau de coordination d'EUMETNET.

## 6. Forum International Météo

Le 5e forum international de la météo, organisé par la « Société Météorologique de France » (SMF) pour la première fois hors de France, s'est tenu du 3 au 9 novembre 2008 à Bruxelles. Il a réuni à l'Atomium, bâtiment symbole de Bruxelles qui venait de fêter son 50<sup>e</sup> anniversaire, de nombreux partenaires belges et étrangers.

Ce forum comportait en réalité deux pôles :

Le premier était destiné au grand public et, plus particulièrement pendant la semaine, au public scolaire ; le second s'adressait au public professionnel composé des présentateurs des bulletins météo venant d'une trentaine de pays.

**En ce qui concerne le pôle grand public**, l'IRM présentait un stand dans la boule centrale que nous avons partagée avec les jeunes scientifiques de Belgique et le stand « fond bleu » sur lequel les enfants (et les adultes aussi) pouvaient s'exercer à la présentation d'un bulletin télévisé « virtuel » en présence des présentateurs des chaînes publiques et privées.

L'ambiance sur le stand de l'IRM pendant les 7 jours fut excellente et appréciée tant par le public scolaire (**près de 2000 élèves du primaire et du secondaire**) que par le grand public (plusieurs milliers de personnes, **principalement pendant le week-end**). Au total, l'événement a réuni environ 11 000 visiteurs.

Pour la circonstance, l'IRM avait mobilisé une équipe de prévisionnistes qui se relayaient pour exposer les principes de leur art, illustrant leur discours de projections spectaculaires sur les différents nouveaux outils utilisés quotidiennement par le bureau du temps : imagerie radar, satellite, détection de foudre, modèles de prévisions...



Figure 1.7 : Steve Noyes, Directeur exécutif d'EUMETNET et Marja-Liisa Tuomola, Assistante exécutive.

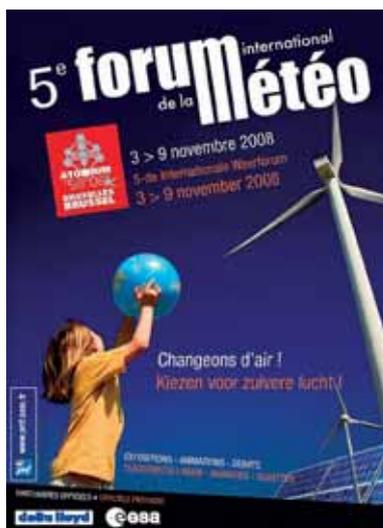


Figure 1.8 : Affiche officielle de l'événement.

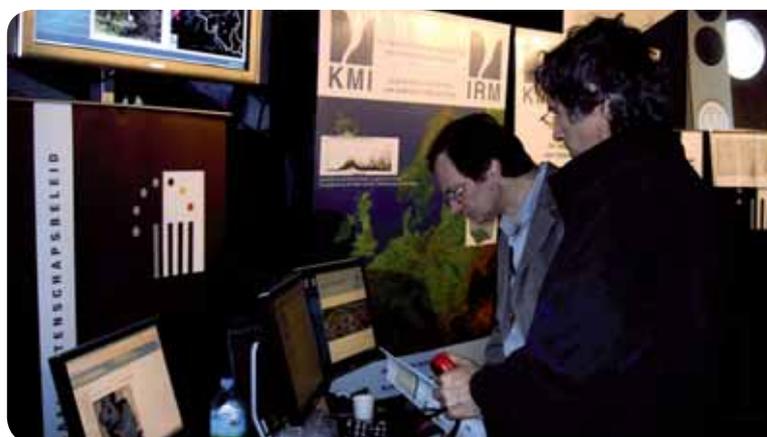


Figure 1.9 : Le stand de l'IRM et de la Politique scientifique à l'Atomium.



Figure 1.10 : Le stand « fond bleu » avec les images « actualisées » de l'IRM.

Les images relatives à certains événements météorologiques marquants récents avaient été archivées, mais la disponibilité des images en temps réel était également assurée.

Armés de ces informations, les écoliers ou les étudiants pouvaient faire une présentation du bulletin météo « comme à la TV » sur le stand « fond bleu ».

**En ce qui concerne le pôle dit « professionnel »**, destiné aux présentateurs météo des radio-télévisions et à la presse, notre participation fut assurée par un exposé de Christian Tricot, responsable du service des renseignements climatologiques, lors d'une table ronde sur les impacts du changement climatique.

La Ministre de la Politique scientifique, Madame Laruelle, a rehaussé de sa présence la séance d'ouverture de ce pôle professionnel. Son discours a souligné, entre autres, le rôle important de l'IRM et d'autres institutions fédérales dans la surveillance du climat. 138 participants venant de 28 pays et 50 chaînes de TV-radio assistaient à cette cérémonie.

Une enquête de satisfaction auprès des publics scolaires a révélé que la boule météo avait été la plus appréciée.

Cet événement a assuré une bonne visibilité de l'IRM dans les médias internationaux du monde météo. La société météorologique de France, organisatrice de l'événement, a fait l'inventaire de cette couverture médiatique relevant au passage :

- 31 reportages télévisés dont 27 dans les journaux télévisés en Belgique ou ailleurs (Canada, France, République tchèque...);
- 30 reportages radio, dont 10 en direct de la RTBF;
- près de 40 articles dans la presse écrite.

## 8. Réunion EUMETNET à Bruxelles

L'IRM a organisé le 34<sup>e</sup> Conseil et le Strategy Workshop d'Eumetnet, les 16 et 17 octobre 2008.

39 collègues des différents services météorologiques européens ont participé à ces deux journées de réunion à Bruxelles où des propositions de collaboration ont été présentées, des rapports de programmes en cours ont été dressés et des pistes pour réorienter la vision d'Eumetnet ont été envisagées.



Figure 1.11 : Atmosphère lors de la 34<sup>ème</sup> session du Conseil de l'EUMETNET qui s'est tenu à Uccle, les 16 et 17 octobre 2008. De gauche à droite: M. Steve Noyes, Directeur exécutif d'EUMETNET et M. Fritz Neuwirth, directeur de l'Institut météorologique autrichien et président d'EUMETNET.

## 9. Réunion de l'ICWED à Bruges

Les directeurs des Instituts météorologiques nationaux de l'Europe de l'Ouest ont créé un organe informel de collaboration baptisé ICWED (Informal Conference of Western European Directors). Dans ce contexte, ils recherchent les points d'intérêt communs et essayent de les harmoniser en fonction de leurs possibilités et de leurs activités.

L'ICWED compte 18 membres et se réunit tous les ans, à l'invitation de l'un des membres. En 2008, c'était le tour de l'IRM de prendre en charge l'organisation de la 38ème conférence ICWED qui s'est tenue du 16 au 18 avril à Bruges.



Figure 1.12 : Photo de groupe des participants à la 38ème Conférence de l'ICWED et leurs conjoints devant la Maison de Gouverneur de Bruges.

## **Amélioration des avertissements sur terre et en mer**

---



## AMÉLIORATION DES AVERTISSEMENTS SUR TERRE ET EN MER

### 1. Contrôle de qualité des avertissements

Une des missions prioritaires de l'IRM est de renforcer la sécurité de la population. Dans ce domaine, une contribution importante consiste à améliorer les avertissements sur terre et en mer. L'évaluation de la qualité des bulletins météorologiques et de la fiabilité des avertissements issus de notre service de prévisions peut être effectuée en comparant les avertissements émis en cas de circonstances météorologiques dangereuses (précipitations abondantes, vent fort, orages violents, neige et verglas) et les événements qui se sont effectivement produits.

#### A. Prévisions et alertes relatives à de fortes précipitations

En cas de fortes précipitations, le Service public fédéral Intérieur prend contact avec l'IRM et lui demande un avis sur le caractère éventuellement exceptionnel du phénomène. Suite à cet avis, et en fonction de l'importance des dégâts sur le terrain, l'intervention du Fonds des Calamités est décidée ou non. L'évaluation qualitative des alertes émises en 2008 est basée sur l'ensemble des situations prévues comme étant potentiellement dangereuses.

Pour l'analyse des prévisions de fortes précipitations, l'IRM établit 2 classes :

**La première classe** comprend l'ensemble de tous les événements ayant provoqué des dégâts dans le pays. 28 cas de dégâts ont été répertoriés, mais dans 4 cas, le seuil minimal d'avertissement pour les précipitations (20 mm en 6 heures et 25 mm en 24 heures) n'a pas été atteint. Cette première classe contient donc 24 événements météorologiques.

**La seconde classe** est constituée par les 9 événements ayant provoqué des dégâts très importants et qui ont été étudiés par le SPF Intérieur en vue d'une intervention du Fonds des Calamités sur avis de l'IRM.

1. Pluies abondantes du 15 mai 2008 dans les provinces de Flandre orientale et occidentale.
2. Pluies abondantes du 29 mai 2008 dans les provinces de Liège et Luxembourg.
3. Pluies abondantes du 2 juin 2008 (sur l'ensemble du territoire).
4. Pluies abondantes du 25 juin 2008 en Province de Liège.
5. Pluies abondantes du 2 juillet 2008 dans les provinces de Liège, Luxembourg, Namur et Brabant flamand.
6. Pluies abondantes des 10 et 11 juillet 2008 en province de Liège.
7. Pluies abondantes des 27 et 28 juillet 2008 en province d'Anvers.
8. Pluies abondantes des 3 et 4 août 2008 dans les provinces de Hainaut, Limbourg, Liège et les deux Brabant (voir image radar ci-dessous).
9. Pluies abondantes des 6 et 7 août 2008 en Province de Flandre occidentale.

On relèvera que, tout comme en 2006, l'année 2008 a été caractérisée par d'assez nombreuses périodes de fortes précipitations entraînant des dégâts.

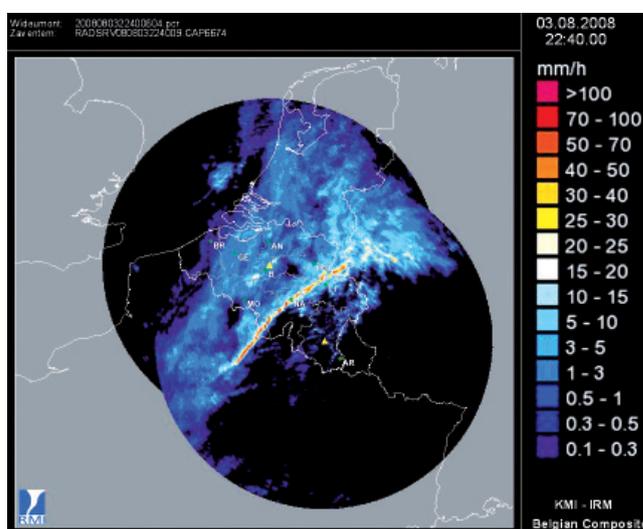


Figure 2.1 : Image radar composée à partir des données des radars de Wideumont et de Zavertem du 03/08/2008 à 11:40 UT. On observe bien la ligne colorée de cellules orageuses traversant le pays de part en part.

	Nombre de cas étudiés	Nombre d'alertes IRM correctes	Pourcentage de prévisions correctes
Tous les cas ayant entraîné des dommages	24	22	92%
Cas étudiés dans le cadre du Fonds des Calamités (dommages les plus importants)	9	9	100%

Tableau 2.1 : donne les scores obtenus dans chacune des 2 classes. Les chiffres démontrent que l'IRM a correctement prévu 92% des fortes précipitations pouvant donner lieu à des dégâts.

Les chiffres dans le tableau démontrent que l'IRM a lancé une alerte pour tous les cas étudiés par le Fonds des Calamités. Les 2 cas non prévus de la première ligne concernent des situations rencontrées lors des mois de mars et novembre pour lesquelles les prévisions générales ont fait état d'un risque de fortes précipitations sans déclenchement d'une alerte spécifique.

Il n'y a eu aucune fausse alerte liée aux prévisions de précipitations : chaque alerte émise par les prévisionnistes en 2008 correspondait à une situation réelle dont au moins le seuil minimal d'avertissement fut dépassé.

	Erreur mensuelle moyenne en %
Janvier	7
Février	6
Mars	8
Octobre	13
Novembre	15
Décembre	-
2008	10

Tableau 2.2 : Erreur mensuelle moyenne pour les vitesses de rafales de vent prévues et liées à des dépressions de tempêtes au cours de l'année 2008.

## B. Prévisions et alertes relatives aux vents forts

L'IRM émet des avertissements dès que la vitesse des rafales de vent dépasse 80 km/h (on parle alors de vents forts). Pour la validation, on distingue le littoral d'une part et le reste du pays d'autre part. Tout comme les années précédentes, on a évalué séparément deux types de situations :

- Les situations associées à de larges et profondes dépressions de tempête, pour lesquelles il existe des méthodes bien définies permettant de prévoir et de quantifier la prévision des rafales maximales de vent. Ces situations se produisent le plus fréquemment en hiver.
- Les situations associées à des développements orageux à plus petite échelle, pour lesquelles il s'avère nettement plus difficile, voire impossible, de prévoir les rafales de vent maximales. Dans ce cas, l'avertissement porte sur la possibilité de rafales ou de fortes rafales de vent, sans en préciser la vitesse.

Durant les six mois les plus froids de 2008, on a dénombré 24 cas de vent fort. A l'occasion de ces événements, l'IRM a émis 19 avertissements. En ce qui concerne les 5 cas qui n'ont pas fait l'objet d'un avertissement, il convient de préciser que, pour 4 de ces cas, les vitesses du vent observées n'ont dépassé que légèrement les 80 km/h. Un seul avertissement a été omis le 21 novembre pour des vents de 94 km/h au littoral et de 90 km/h dans l'intérieur du pays.

Durant le printemps et l'été, on a à nouveau observé de nombreux cas de vent fort associés à des masses d'air instables et orageuses. Durant ces situations, les événements ont été prévus en termes de rafales et d'orages. Dans 10 cas sur 18,

des avertissements ont été émis. La difficulté de la prévision et du contrôle de celle-ci, lors des épisodes d'instabilité orageuse du printemps et de l'été, s'illustre par le fait que le réseau de mesure n'est pas toujours capable d'observer ces phénomènes souvent très localisés. Ils permettent parfois d'être détectés par des particuliers qui nous rapportent la présence de dégâts chez eux.

En conclusion, on peut dire que la qualité des prévisions de vent fort pour 2008 est stable par rapport à 2007. L'écart moyen pour 2008 entre les vents prévus de plus de 80 km/h et les vents réellement observés est proche de 10 %. En 2007, on a dénombré 3 cas de vent supérieur à 100 km/h dont un cas de vent atteignant 126 km/h. En 2008, on n'a dénombré que 2 cas de vent supérieur à 100 km/h et ne dépassant pas 104 km/h. Le nombre d'événements survenus en 2008 est plus élevé qu'en 2007, mais on note une diminution de leur intensité.

### C. Prévisions et alertes relatives aux orages violents

En 2008, le système de détection des orages SAFIR a enregistré, au-dessus du territoire belge, quelque 152.000 décharges de foudre. Depuis que l'IRM a mis le système SAFIR en service, en 1993, le nombre moyen annuel de décharges est de 160.000. On peut donc dire que 2008, au contraire de 2007, par exemple (106.000 éclairs), a été une année normale. Le nombre de décharges le plus bas a été enregistré en 1998 avec 88.000 éclairs, tandis qu'en 2002, quelque 266.000 décharges ont été constatées, ce qui en fait l'année la plus prolifique en la matière.

Une journée orageuse se voit attribuer l'étiquette « importante » lorsqu'on dénombre au moins 5.000 décharges. Le risque de dégâts dispersés est alors important et il est vraiment souhaitable d'émettre une alerte spécifique et en temps voulu. Le tableau 2.3 illustre ces journées orageuses en 2008.

Épinglons le grand nombre de décharges (56.610) enregistré le 2 juin. Cette journée est, après le 11 juillet 1995 (61.337 décharges) et le 30 juillet 2002 (59.595 décharges), la troisième plus importante depuis le début de la série de mesures. Notons également que le 2 juin et le 2 juillet totalisent à eux seuls 51% du nombre total de décharges de foudre de l'année 2008.

Pour les 6 jours mentionnés, l'IRM a émis une alerte en temps voulu. Pour les deux journées d'orages violents du 2 juin et du 2 juillet, mais également pour celles du 29 mai et du 17 août, un code orange a été attribué. Le code orange signale de fortes averses orageuses dispersées. Pour les jours moins importants du 2 juin et du 28 juillet, le code jaune a été sélectionné. Le jaune signifie qu'il existe un danger d'orages relativement locaux (par exemple des orages dans une ou deux provinces seulement). Vu le caractère plutôt capricieux des

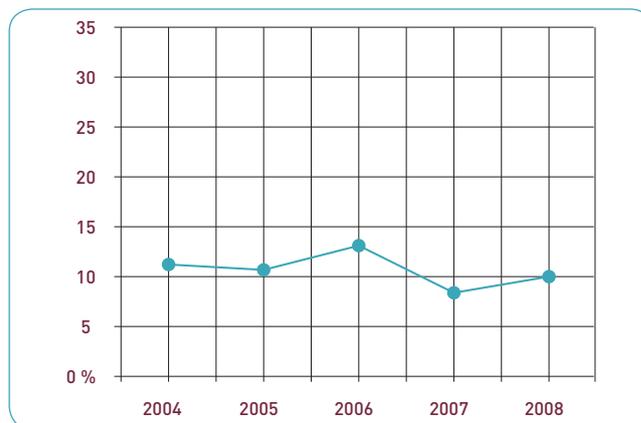


Figure 2.2 : Évolution entre 2004 et 2008 de l'erreur moyenne annuelle pour les vitesses de rafales de vent prévues et liées à des dépressions de tempêtes.

Date	Nombre de décharges
29 mai	12 925
2 juin	56 610
22 juin	6 964
2 juillet	21 419
28 juillet	6 706
7 août	8 398

Tableau 2.3 : Journées comptant au moins 5.000 décharges de foudre en Belgique, en 2008.

orages, des dégâts assez importants peuvent également se produire localement.

Nous avons dénombré au total, 7 jours avec de 2000 à 5000 décharges (14 mai, 25 juin, 10 juillet, 26 juillet, 31 juillet, 1er août et 11 septembre). À chaque fois, des alertes jaunes ou oranges ont été lancées.

Pour les nombreux jours orageux présentant moins de 2000 décharges, il reste utile de lancer une alerte jaune. C'est, par ailleurs ce qu'a généralement fait l'IRM. Pour un jour seulement, le 17 mai avec 1250 décharges, l'alerte appropriée n'a pas été donnée.

À quelques reprises, une alerte (jaune) a été lancée erronément. Ce fut le cas le 24 avril, le 2 septembre et le 9 septembre. Étant donné le caractère capricieux et souvent encore imprévisible des foyers orageux, il est compréhensible que, de temps en temps, de telles alertes soient données à tort. En cas d'orage, la prudence est toujours de mise. De telles incertitudes méritent cependant d'être mentionnées dans les textes accompagnant les alertes (par exemple «un risque limité d'orage»).

#### D. Vague de froid de décembre 2008

La fin du mois de décembre 2008 fut assez rigoureuse sur la Belgique, avec des températures minimales proches de -10°C et des maxima inférieurs à 0°C dans plusieurs stations.

L'analyse des observations permet de conclure que l'avertissement jaune émis pour la province du Luxembourg était justifié pour la période du 27 au 29 décembre inclus.

En effet, un avertissement jaune est lancé si la moyenne de la température maximale prévue sur 3 jours reste inférieure à -1,0°C et si la moyenne de la température minimale prévue sur 3 jours est inférieure à -5,0°C, ce qui fut le cas pendant cette période.

#### E. Prévisions et alertes relatives à la neige et au verglas

##### → Neige

En 2008, les plus importantes périodes de neige ont fait l'objet de prévisions exactes. Le tableau 2.4 compare les résultats entre les observations et les alertes.

En janvier, il n'y a eu aucun jour de neige significatif (→2cm). Pendant trois jours, on a, néanmoins, enregistré de légères précipitations hivernales, ce que les prévisions ont correctement annoncé.

En février, il y a eu 2 jours de neige significatifs. Dans le premier cas, les prévisions étaient correctes, dans le deuxième, les couches ont atteint localement 5 cm (sur les Hautes Fagnes) alors qu'aucune alerte n'avait été donnée, les bulletins ne mentionnant que de la neige fondante.

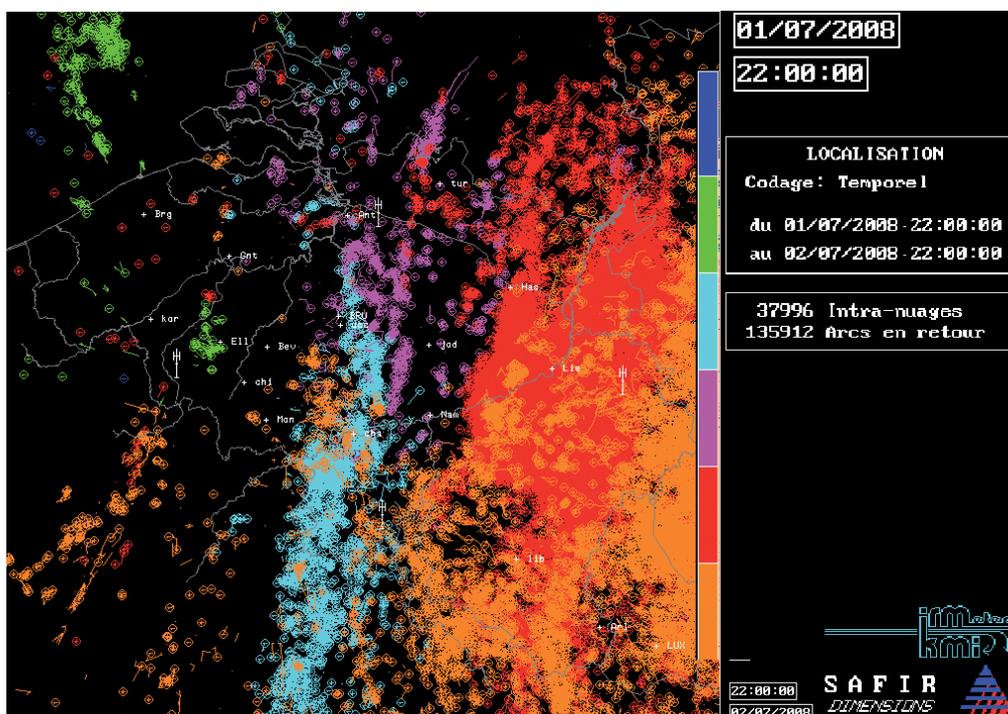


Figure 2.3 : Le 2 juillet 2008, les averses orageuses ont frappé surtout la moitié est du pays. Cette illustration montre que, même en cas de journée fortement orageuse (21.419 décharges), la tempête ne se produit pas nécessairement dans toutes les régions. L'illustration montre la répartition du nombre de décharges sur six périodes de 4 heures entre 22.00 UT le 1er juillet et 22.00 UT le 2 juillet.

En mars, nous avons dénombré 6 jours de neige significatifs. Il y eut 3 jours de neige moyenne dans les Ardennes (→ 10 cm). La neige avait, à chaque fois, été prévue. Seules les quantités étaient parfois sous-estimées, mais elles n'ont été dépassées que localement. Le 4 mars, 10 cm de neige ont été prévus. De manière générale, les prévisions étaient correctes, à une seule exception : 18 cm à Elsenborn. Le 21, 10 cm sont tombés à Elsenborn. Les bulletins météo prévoient de la neige, mais pas 10 cm. Ici également, le dépassement était donc très local. Le 25, il est tombé, en de nombreux endroits, environ 3 cm de neige. Sur les sommets ardennais, la neige a même atteint 36 cm. Les bulletins météo étaient corrects pour la plupart des endroits. À nouveau, la quantité de neige dans les Ardennes était sous-estimée. En avril, il n'y eut qu'un jour de neige significatif, le 7. Ce jour-là, jusqu'à 11 cm ont été mesurés dans la province de Luxembourg. Aucune alerte n'avait été lancée. De même, les bulletins météo ne prévoient pas de neige.

En novembre, on a constaté 3 jours de neige significatifs. Le 22, 2 cm sont tombés localement à Gosselies. Le 23, il est tombé une couche de 3 à 5 cm de neige. Le 24, on a mesuré jusqu'à 18 cm de neige à Elsenborn. Pour le 22, une couche de 15 cm de neige était prévue, ce qui était exagéré. Une alerte orange a été lancée, à tort. De même, les chutes de neige du 23 ont été légèrement surestimées. La neige du 24 était prévue mais se n'est pas vu attribuer un code orange. Pour le 30, une alerte jaune a également été donnée, erronément. En décembre, on a dénombré 7 jours de neige significatifs. Il y a eu deux jours de neige moyenne dans les Ardennes. La neige moyenne du 3 était correctement prévue, de même que l'alerte. La neige du 15 (11 cm à Elsenborn) n'était guère mentionnée dans les bulletins météo et n'a fait l'objet d'aucune alerte. Le 6, une alerte orange a été lancée à tort, alors que la couche de neige n'était pas significative. Sur les 5 alertes jaunes nécessaires, 2 seulement ont été données.

### → Verglas

En 2008, il y a eu 4 cas de verglas dont 1 où le verglas a été constaté à plusieurs endroits, le 3 janvier.

Date	Bulletin météo totalement correct	Alerte justifiée	Alerte injustifiée	Alerte manquée
3 janvier	Oui	Oui		
13 décembre	Oui	Oui		
16 décembre	Oui	Oui		
31 décembre	Oui	Oui		
-	100%	100%	0%	0%

À chaque fois, le verglas a fait l'objet de prévisions correctes.

	Observations	Alertes
Tous les cas en Belgique (au moins 2 cm)	12 jaunes (de 2 à 10 cm)	7 jaunes (correctes) + 1 orange (incorrecte)
-	7 oranges (plus de 10 cm)	1 orange (correcte) + 4 jaunes (incorrectes)
Bulletin correct, sans tenir compte de la couleur des alertes		13
Alertes correctes		8
Observations fausses		2 (1 jaune le 30 novembre et 1 orange le 6 décembre)
Hauteur de neige manquée	3 oranges en mars	3 jaunes en mars
-	1 orange en décembre	1 orange en décembre
-	1 orange en décembre	1 jaune en décembre

Tableau 2.4 : Aperçu des observations et des alertes pour les journées de 2008 au cours desquelles les chutes de neige ont engendré une couche de neige superficielle de minimum 2 cm d'épaisseur. Les alertes « jaunes » lancées sur le site Web de l'IRM font référence aux prévisions d'une épaisseur de couche neigeuse comprise entre 2 et 10 cm et les « oranges » à une épaisseur d'au moins 10 cm.

Tableau 2.5 : jours de verglas en 2008.

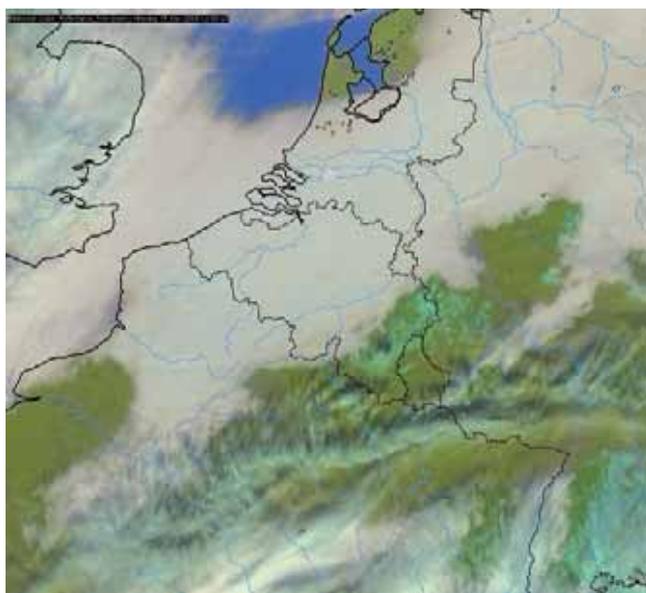
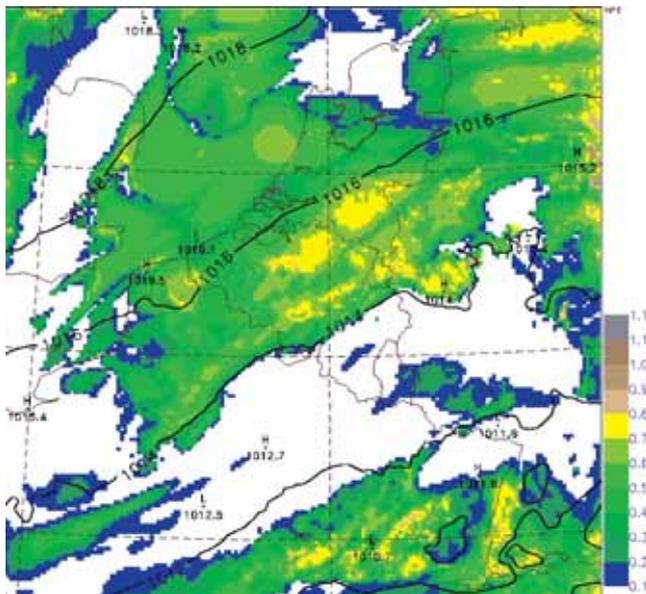


Figure 2.4 : Champs nuageux prévus 12 heures d'avance par Alaro-0 à 4 km (en bas) et observés par Meteosat (en haut).

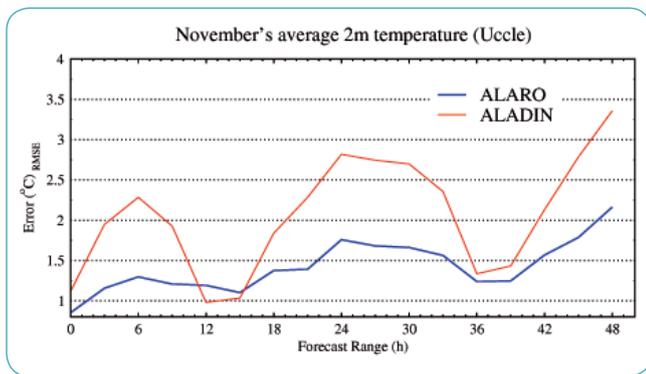


Figure 2.5 : Erreur de prévision (sortie brute du modèle) sur la température à 2 m à Uccle en fonction de l'échéance de prévision. Moyenne pour le mois de novembre 2008. Comparaison d'Alaro-0 (bleu) par rapport à l'ancienne version de Aladin (rouge).

## 2. Amélioration des avertissements relatifs aux conditions météorologiques dangereuses

### A. Système de prévisions d'ensemble pour les précipitations et les probabilités de crues et d'inondations

Une procédure automatique conçue dans le cadre du projet HEPDO (Hydrological Ensemble Predictions for the Demer and Ourthe) propose chaque jour, depuis le printemps 2005, des prévisions hydrologiques à moyen terme pour deux bassins fluviaux de test, la Dendre et l'Ourthe. Ces prévisions hydrologiques reposent sur les résultats de l'Ensemble Prediction System (EPS) de l'ECMWF et indiquent la probabilité que le débit d'une rivière dépasse un seuil déterminé en un point donné. Ces prévisions peuvent contribuer à la création de systèmes d'alertes anticipées des crues. En 2008, dans le cadre d'un nouveau projet, nous avons étudié de nouveaux développements, notamment l'application de cette méthodologie à l'ensemble des bassins fluviaux belges. Ce projet est financé par le budget du Conseil des Ministres du 22 mars 2006.

### B. Développement d'un modèle à aire limitée à haute résolution

#### → Prévisions pré-opérationnelles avec le modèle Alaro-0

Depuis octobre 2008, les prévisionnistes de l'IRM ont à leur disposition des champs de prévisions produits par le modèle Alaro-0 aux résolutions 7 km (sur un domaine couvrant l'Europe occidentale) et 4 km sur un domaine plus restreint autour de la Belgique.

Alaro-0 est une collaboration internationale au sein du groupe Aladin visant à améliorer la prévision numérique opérationnelle du temps à courte échéance, par l'augmentation de la résolution horizontale (ce qui permet de mieux représenter les phénomènes extrêmes) et une représentation plus fine des phénomènes physiques (paramétrisations). L'IRM a été un acteur majeur dans ce développement, en particulier pour permettre au modèle de fonctionner avec des mailles de 4 km, du même ordre de grandeur que les phénomènes de convection profonde.

Les bénéfices opérationnels sont une amélioration significative des prévisions des zones nuageuses et des précipitations, ainsi qu'une réduction de l'erreur de prévision sur les températures à 2 m. Alaro-0 est actuellement opérationnel dans 4 pays du consortium Aladin. L'effort de recherche se poursuit, afin d'améliorer différents aspects du cycle de vie des nuages et le comportement aux résolutions plus fines.

### → Améliorations des prévisions à courte échéance à l'aide des nouveaux satellites

Le projet H-SAF (Satellite Application Facilities on Support to Operational Hydrology and Water Management) est un centre d'excellence, lancé par EUMETSAT afin de concevoir des applications destinées à évaluer les précipitations, l'humidité au sol et la quantité de neige. Cela se fait à partir des données des satellites météorologiques pour une utilisation en hydrologie opérationnelle. Une des activités essentielles du H-SAF consiste à valider les différents produits et à tester leur apport en termes d'applications hydrologiques. L'IRM participe à ces activités de validation. On étudie diverses méthodologies de validation de ces produits et leur assimilation aux modèles hydrologiques.

En ce qui concerne les précipitations, il s'agit d'estimations à partir d'instruments à hyperfréquences (AMSU et SSM/I) installés à bord des satellites polaires. Les données obtenues correspondent à des empreintes au sol de plusieurs dizaines de kilomètres de diamètre. Ces données sont comparées aux données du radar météorologique de l'IRM à Wideumont dont la résolution spatiale est beaucoup plus fine. Dans le but de concilier la disparité d'échelles spatiales entre ces différentes sources, une étude sur des techniques de filtrage a été menée. Les applications hydrologiques requièrent une couverture temporelle plus complète que ce que peuvent assurer les satellites polaires. Pour cela, les données infrarouge du satellite géostationnaire Meteosat sont utilisées en combinaison avec les précipitations estimées au passage des satellites polaires pour réaliser un produit disponible tous les quarts d'heure, toute la journée.

Dans la phase de démonstration qui a débuté en 2008, une liste de produits, dans leur première version, a été délivrée pour leur validation systématique. Parmi ces produits, des cumuls de précipitations sur des périodes de trois heures à une journée sont basés sur l'intégration des données mentionnées plus haut. Ces quantités de précipitations ont été utilisées dans un modèle hydrologique pour deux bassins versants de test, la Dendre et l'Ourthe. Les débits estimés ont été comparés aux débits mesurés de même qu'aux débits estimés à partir des données du réseau de pluviomètre ou du radar de Wideumont. Cette validation systématique des différents produits va être poursuivie de même que leur utilisation dans des modèles hydrologiques.

### → Estimation de l'évapotranspiration

En 2008, les activités entamées par l'IRM dans le cadre de la LSA-SAF (<http://landsaf.meteo.pt>) se sont poursuivies. Les recherches réalisées initialement sur l'Europe ont été étendues au disque complet vu par MSG (comprenant l'Afrique et une partie de l'Amérique du Sud). Elles ont été menées en continuité avec l'année précédente et se sont regroupées autour de deux pôles: 1) la consolidation de l'algorithme existant comprenant le renforcement de sa composante 'télé-détection', et 2) le développement d'un modèle physique plus élaboré.



La consolidation de l'algorithme existant s'est principalement basée sur un exercice de validation intensive menée en 2007 et 2008. Durant cet exercice, les résultats d'évapotranspiration (ET) ont été comparés avec des mesures prises au sol (réseau FLUXNET) et avec les données de modèles globaux reconnus internationalement (ECMWF et GLDAS). La *figure 2.7* présente 2 exemples de comparaisons. La capacité de l'algorithme à reproduire les variations observées, ainsi que ses limitations, ont été quantifiées. Sur base des recommandations issues de la validation, de nouveaux développements ont été entamés, aussi bien d'ordre méthodologique qu'informatique. Parmi les développements méthodologiques, on compte des recherches destinées à renforcer la composante 'télédétection' de l'algorithme par l'utilisation de nouveaux produits satellitaires liés à la végétation. Ainsi, dans cette nouvelle version expérimentale, l'algorithme ne se contente plus d'une base de données mensuelles pour caractériser la végétation, mais tient compte, sur base journalière, des variations inférées à partir des données satellitaires en exploitant la résolution spatiale du capteur SEVIRI. Après validation complète, cette nouvelle version sera mise en opération en 2009.

En parallèle, une méthodologie visant à l'assimilation des informations des satellites micro-ondes concernant le contenu réel en eau dans le sol est à l'étude. Les observations satellitaires sont considérées dans ce cas comme une source d'information complémentaire à assimiler dans un modèle pronostique. Dans ce cadre, nous avons implémenté un modèle physique plus élaboré, basé sur le schéma de surface H-Tessel actuellement utilisé dans le modèle de prévision numérique du temps du Centre Européen (ECMWF). Ce modèle a été étalonné et validé grâce aux observations du réseau FLUXNET. Une collaboration avec l'Université Technique de Vienne prépare le terrain à l'assimilation de données satellitaires d'humidité du sol dans le schéma de surface.

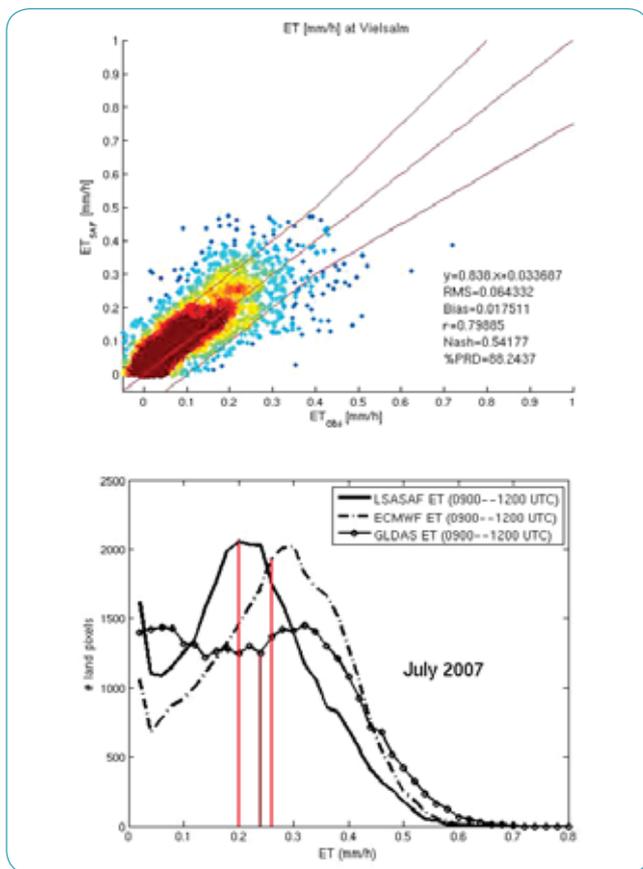


Figure 2.6 : Au dessus, la comparaison de l'évapotranspiration produite par le model ET de la LSA-SAF, aux observations à la station de Vielsalm (source : <http://gaia.agraria.unitus.it/database/carboeuropeip/>) en 2007. En dessous, la distribution des valeurs d'évapotranspiration sur l'Europe produite par 3 modèles différents (LSA-SAF ET, ECMWF et GLDAS) pour le mois de juillet 2007 entre 09:00 et 12:00 heures du matin.

### C. Impact des changements climatiques sur les extrêmes hydrologiques le long des rivières et sur les systèmes urbains

Afin de créer des scénarios de changements climatiques au niveau de la Belgique, surtout dans l'optique des analyses de sensibilité des conditions hydrologiques extrêmes, nous avons analysé, dans le cadre du projet CCI-HYDR (Climate Change Impact on HYDRrological extremes along rivers and urban drainage systems), des scénarios de changement climatique issus du projet européen PRUDENCE. Celui-ci a en effet procédé à une analyse détaillée de la sensibilité d'une dizaine de modèles climatiques régionaux européens (RCM) en matière d'augmentation des gaz à effet de serre. Ces modèles climatiques régionaux ont eux-mêmes été forcés par 5 modèles climatiques globaux appliquant 2 scénarios d'augmentation des gaz à effet de serre, tels que définis par l'IPCC. Les résultats de ces modèles sont disponibles sous forme de séries chronologiques journalières. La résolution des données dans l'espace et dans le temps est donc sensiblement supérieure à celle des études précédentes effectuées au sein de l'IRM.

Une première analyse détaillée avait permis d'évaluer la qualité des données du projet européen PRUDENCE en nous servant des observations de l'IRM à Uccle en guise de référence. Nous avons ensuite généralisé cette analyse à l'ensemble de la Belgique en ce qui concerne les précipitations. Finalement, des scénarios de changements climatiques ont été créés pour un domaine comprenant la Belgique et une partie de la France où sont situées les parties des bassins de l'Escaut et de la Meuse en amont de notre pays. Ces scénarios concernent les précipitations (Figure 2.2.4.1.1), la température et l'évapotranspiration potentielles, c'est à dire les variables de forçage des modèles hydrologiques utilisés pour les analyses d'impact.

Des premières simulations hydrologiques ont eu pour but d'évaluer la sensibilité du modèle hydrologique à des changements autres que climatiques, en l'occurrence des changements d'affectation du territoire comme l'extension des zones avec une importante fraction de surfaces imperméables. L'analyse des impacts des changements climatiques va constituer la dernière partie de ce projet.

Une partie des résultats de ce projet a été utilisée pour l'élaboration de scénarios de changements climatiques dans le but de soutenir des études d'impacts écologiques en Région flamande dans le cadre du projet 3INBO (Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek). Pour cela, l'analyse d'un certain nombre de variables météorologiques supplémentaires a été réalisée.

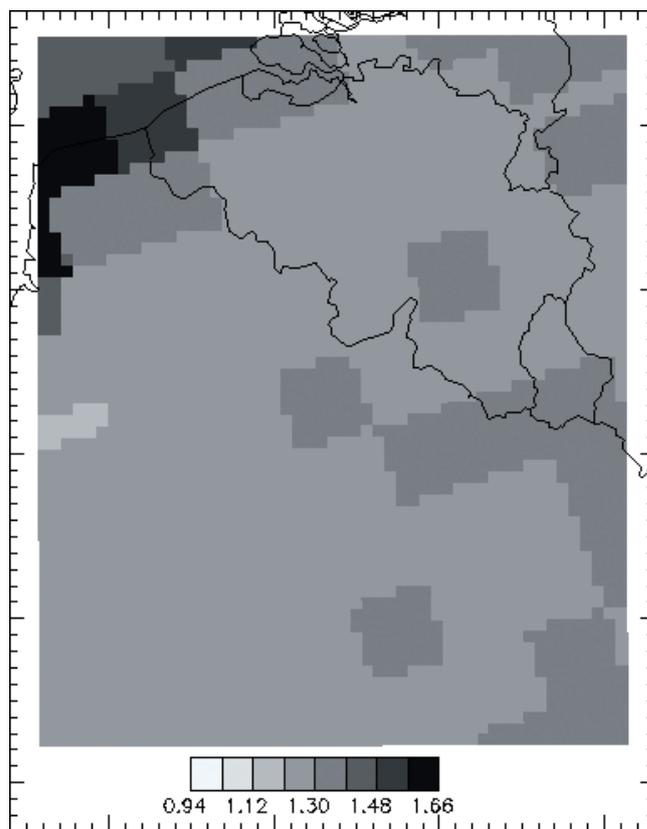


Figure 2.7 : Scénarios pour l'hiver hydrologique à la fin du siècle : les nombres sont les facteurs de perturbation maximum des précipitations (sans dimension) d'après les résultats du projet européen PRUDENCE.

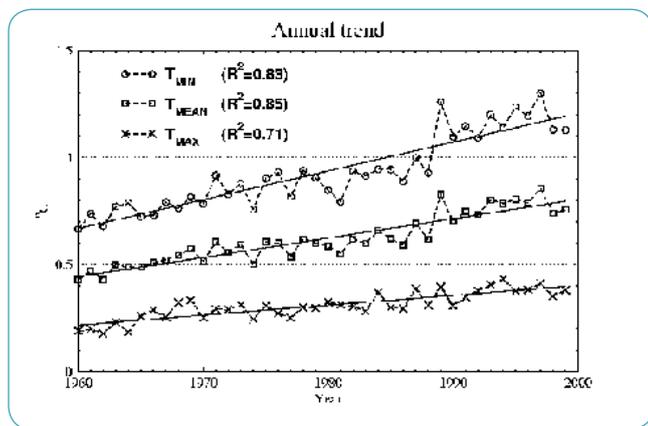


Figure 2.8 : Biais urbains moyens annuels sur les températures minimale, moyenne et maximale et tendance linéaire pour la période 1960-1999. R2 est le coefficient de détermination. La moyenne annuelle est la moyenne des 12 données mensuelles de l'année.

### → Effet de l'îlot urbain sur les températures à Uccle : 1960-1999

Dans la présente étude, nous examinons l'impact local de l'augmentation des surfaces imperméables dans la Région de Bruxelles-Capitale sur les tendances des températures maximales, moyennes et minimales entre 1960 et 1999. Spécifiquement, nous combinons les données d'images satellite avec un modèle de surface incluant un schéma qui résout la balance d'énergie pour les surfaces urbaines. Afin de : (i) isoler les effets de la croissance des zones urbaines sur la série temporelle de la température indépendamment de la circulation atmosphérique générale et (ii) être capable de faire tourner le modèle sur une très longue période sans aucune restriction au niveau du temps de calcul, nous avons fait tourner notre modèle de surface en mode « offline » couplé aux données de ré-analyse ERA-40 du centre Européen (ECMWF). Nous considérons aussi la Région de Bruxelles-Capitale comme un seul volume urbain homogène et le taux d'urbanisation a été estimé en fonction du pourcentage de surfaces imperméables calculé à partir d'images satellite "Landsat" obtenues durant les années précédentes.

Les résultats des simulations montrent que : (1) le biais urbain annuel pour la température minimale augmente légèrement 3 fois avec un taux plus important (voir figure 2.8) que celui pour la température maximale. Les tendances linéaires pour la température maximale et minimale sont respectivement estimées à : 0.14°C et 0.05°C par décennie.

(2) Le biais urbain annuel, moyenné sur les 40 ans de 1960 à 1999, pour la température moyenne est estimé à 0.62°C, (3). Durant l'été, on a trouvé une corrélation très forte entre l'augmentation du biais urbain pour la température minimale et l'augmentation du pourcentage de surfaces imperméables. Le biais urbain annuel pour la température minimale (TMIN), moyenne (TMEAN) et maximale (TMAX) entre 1960 et 1999. R2 est le coefficient de corrélation.

### → Hydrologie SAF

A part du projet H-SAF (voir 'Améliorations des prévisions à courte échéance à l'aide des nouveaux satellites), nous avons aussi développé un modèle stochastique pour l'assimilation des données des radars et satellites. Grâce à cela, il a été possible d'améliorer la probabilité des estimations de l'intensité des précipitations. Une autre application intéressante est la réparation d'images radar endommagées.

→ **Modélisation numérique atmosphérique : un nouveau schéma numérique pour la comparaison de diffusion non-linéaire.**

Les modèles atmosphériques numériques sont utilisés pour réaliser les prévisions météorologiques. Le groupe ALADIN a lancé une étude scientifique portant sur l'amélioration des techniques numériques, des paramétrisations des phénomènes physiques et du traitement des observations météorologiques. Nous avons proposé un nouveau schéma numérique pour développer une solution approchant la comparaison de la diffusion non-linéaire.

Les expériences numériques, présentant quelques problèmes d'essais simples et bien connus, confirment que le nouveau schéma donne, sous de nombreux aspects, de meilleurs résultats que le schéma existant de l'ECMWF. Concrètement, le nouveau schéma (i) est plus stable numériquement et sur le plan non linéaire, (ii) résiste mieux aux ondes à haute fréquence, (iii) est trois à quatre fois plus efficace en matière de traitement informatique, (iv) est plus simple à mettre en œuvre. Dans une phase ultérieure, des expériences supplémentaires devront être effectuées pour vérifier si le nouveau schéma peut également être intégré dans le modèle ALADIN.

→ **Initialisation des prévisions météorologiques numériques**

Les situations atmosphériques de départ des modèles de prévision atmosphérique ne sont en général pas équilibrées, ce qui entraîne le plus souvent une présence exagérée d'ondes atmosphériques (appelées ondes de gravitation) pendant les premières heures des prévisions météorologiques numériques. L'une des techniques connues pour rendre les situations de départ plus réalistes consiste à appliquer un filtre numérique (appelé Digital-Filtering Initialisation, DFI). Ce filtre postule que les fréquences temporelles des ondes de gravitation sont considérablement plus élevées que les fréquences temporelles des structures atmosphériques pertinentes sur le plan météorologique. Une recherche menée par l'IRM a démontré que ce postulat n'est pas applicable dans le cas de tempêtes extrêmes. Plus spécifiquement, il est possible qu'un effet Doppler augmente les fréquences pertinentes à tel point qu'elles atteignent le seuil de fréquence des ondes de gravitation et soient, de ce fait, filtrées par l'initialisation. Ceci a pour conséquence un affaiblissement de la puissance des tempêtes. Cette étude a également montré que ce problème peut être résolu en rendant le filtre numérique dépendant de l'échelle (Scale-Selective Digital-Filtering Initialisation). Ceci devrait permettre de mieux prévoir la puissance des tempêtes à l'avenir.

→ **Mise au point d'une version académique du modèle ALADIN**

Les modèles météorologiques numériques utilisés sur le terrain opérationnel sont développés de sorte à effectuer les calculs le plus rapidement possible. Cette efficacité s'inscrit, en partie, aux dépens de la convivialité d'utilisation. Par ailleurs, les universités demandent un modèle météorologique susceptible d'être utilisé par des non-spécialistes, même si l'efficacité ne constitue pas la première priorité. Dans ce cas, le modèle peut être utilisé comme outil pédagogique pour permettre aux étudiants de tester un «véritable» modèle météorologique ou pour faire de la recherche. L'IRM a, dans ce cadre, mis au point une première version du CHAPEAU (Common Hirlam Aladin Package for Education and other Academic Use). Ce progiciel peut être installé, sans difficulté, sur un PC Linux et comporte l'ensemble des fonctionnalités du modèle météorologique ALADIN.

→ **GLAMEPS : mise au point d'un projet international pour les prévisions régionales d'ensemble**

L'IRM collabore au projet international GLAMEPS (Grand Limited Area Model Ensemble Prediction System). Ce projet a pour but de combiner dans les prévisions d'ensemble, différentes prévisions (présentant des conditions de départ légèrement différentes ou des différences de détail des phénomènes physiques). Cette combinaison produit un éventail de prévisions à partir desquelles il est possible de calculer la répartition du risque en cas de survenance de certains événements (par exemple, le dépassement d'une valeur seuil de précipitations ou de vitesse du vent). La qualité de ces prévisions d'ensemble dépend de l'importance de la répartition des prévisions afin que toutes les incertitudes puissent être prises en compte. Le projet GLAMEPS combine, de ce fait, des prévisions provenant de différents modèles météorologiques (ALADIN, HIRLAM et le modèle global IFS). Le domaine dans lequel ces prévisions GLAMEPS sont effectuées englobe une grande partie de l'Europe. Ce vaste domaine (qui nécessite une puissance de calcul considérable) reste nettement plus petit que celui du modèle mondial. Il est, grâce à cela, possible de travailler avec une résolution nettement meilleure que les systèmes mondiaux EPS. Le projet GLAMEPS permettra, à l'avenir, de prévoir plus longtemps à l'avance les phénomènes météorologiques extrêmes.

### → Prévisions de poussière fine et d'ozone, liées aux champs météorologiques ALADIN

En 2008, le modèle de transport chimique CHIMERE a été couplé à un modèle météorologique produisant des données à haute résolution (7 km), le modèle ALADIN. La décision d'utiliser un modèle à mailles fines pour la modélisation de l'ozone et des poussières fines était motivée par la volonté de mieux cerner les effets locaux. Parmi les exemples d'effets locaux, citons, d'une part le contraste dans l'utilisation du terrain entre les villes et la campagne et, d'autre part les différences orographiques : les régions vallonnées par rapport aux plaines. De même, la brise marine est un effet local que l'on peut mieux modéliser grâce à un modèle à haute résolution. L'illustration ci-dessous montre un exemple des concentrations d'ozone modélisées pour le 28 juillet 2008.

### → Nouveaux résultats au niveau 'nowcasting' et orages convectifs

En 2008, l'IRM a entamé la mise en œuvre d'un système automatique pour les prévisions à court terme (nowcasting) et les alertes en cas de précipitations abondantes et d'orages violents. En première instance, ce système utilisera les données radar mais, à terme, il s'étendra également à d'autres systèmes d'observation comme les systèmes de détection de la foudre et les données des satellites. Le lancement du système s'articule en deux volets. Le premier volet consiste dans l'étude systématique des situations d'orages convectifs sur le territoire belge afin de produire une climatologie des orages et cellules orageuses (naissance, trajet, cycle de vie, affaiblissement). Le deuxième volet concerne l'implémentation d'un système opérationnel qui sera fourni à des utilisateurs tant internes (services météo) qu'externes (services hydrologiques). Bien que ce projet n'en soit qu'à ses balbutiements, des avancées remarquables ont déjà été enregistrées. Dans le cadre de l'étude systématique, un outil installé sur l'infrastructure informatique de l'IRM permet d'étudier de manière interactive les données radar. Dans le cadre de la mise en œuvre du système nowcasting, nous avons mené une étude très approfondie de la littérature relative aux systèmes existant dans les centres de recherche et les autres services météorologiques.

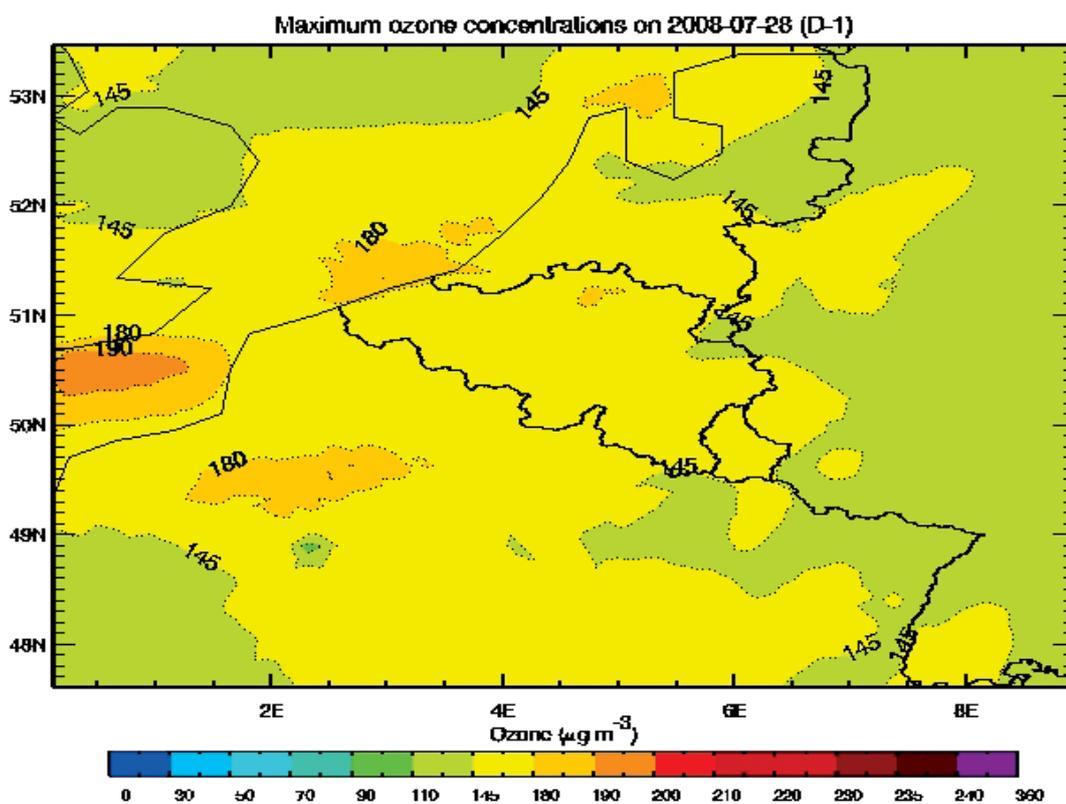


Figure 2.9 : Concentration maximum d'ozone, le 28 juillet 2008, en Belgique, calculée à l'aide du Modèle de transport chimique CHIMERE, couplé au modèle météo ALADIN.

Le nouvel outil « TITAN » installé en 2008 dans l'infrastructure informatique de l'IRM permet d'étudier les cellules orageuses de manière interactive. L'illustration ci-dessous montre le « tracking » d'une cellule orageuse du 21 janvier 2008 sur la base de données d'archives. C'est cette cellule qui a déclenché, ce jour-là, une tornade à proximité de Grote Brogel (Peer) vers 23 h 30 (22h30UT).

L'heure précise de l'image est 21h34UT et la position actuelle de la cellule en question est indiquée en bleu clair (« current »), les localisations avant 21h34UT sont en jaune (« past ») et celles après 21h34UT sont en cyan (« future »). La même

figure signale également la position probable de la cellule en rouge (« forecast »). Cette prévision est valable une heure après l'image actuelle (soit à 22h34UT, heure de la tornade) et est calculée uniquement sur la base des localisations précédant 21h34UT. En d'autres termes, la prévision indiquée en rouge doit, en principe, pouvoir être générée en temps réel. Dans le cas de cette cellule, la position prévue était très proche de la réalité.

L'échelle utilisée dans l'illustration n'est pas l'intensité des précipitations habituelle, mais la réflectivité radar exprimée en décibels (dBZ).

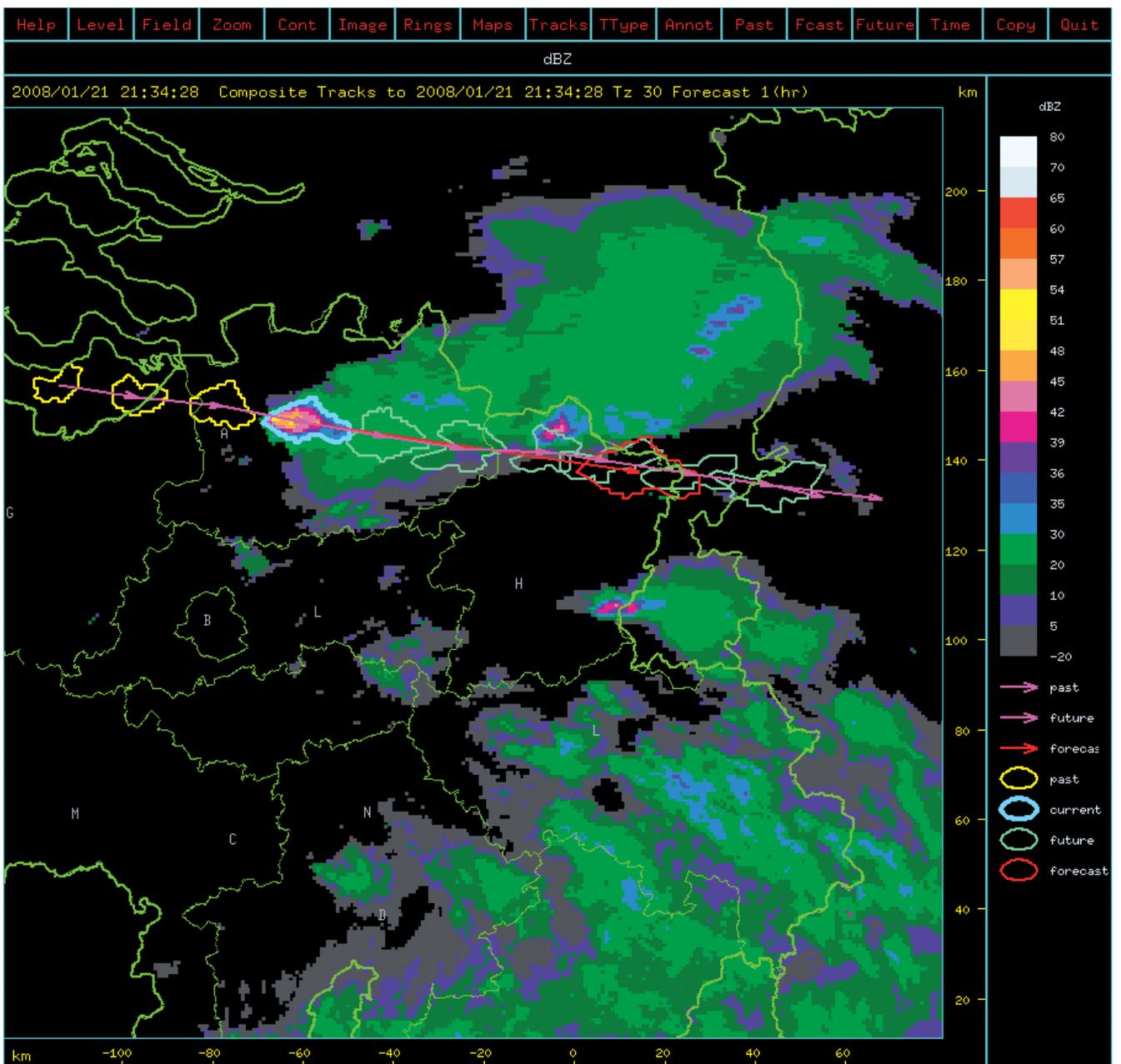


Figure 2.10 : Tracking d'une cellule orageuse le 21 janvier 2008.

## → Profils ionosphériques

De nos jours, le fonctionnement de nombreux systèmes technologiques opérationnels est basé sur l'émission et/ou sur la réception d'ondes radio : télécommunications sol-sol longues distances, télécommunications sol-satellite, radars, systèmes de positionnement par satellites tels que GPS ou Galileo, satellites géodésiques utilisés à des fins de recherche scientifique,... Les électrons libres présents dans l'ionosphère terrestre ont une forte influence sur la propagation des ondes radio. En effet, l'ionosphère est définie comme " la couche de l'atmosphère terrestre où la concentration en électrons libres est suffisante pour affecter la propagation des ondes radio " (K. Davies). Dans certaines circonstances, l'ionosphère peut fortement affecter ou même empêcher le bon fonctionnement des systèmes technologiques utilisant des ondes radio. Pour cette raison, la surveillance en temps réel et la modélisation de l'ionosphère et de ses effets sur les ondes radio sont indispensables.

Ainsi, à titre d'exemple, les applications de haute précision des systèmes de positionnement par satellites peuvent être fortement perturbées par l'effet de l'ionosphère. En effet, l'ionosphère est un milieu extrêmement variable dans l'espace et dans le temps. Les modèles utilisés par les systèmes de positionnement par satellites permettent de prédire les " conditions moyennes " de l'activité ionosphérique pour un lieu et un moment donnés mais ils ne sont pas adaptés à une forte activité ionosphérique liée, par exemple, à des conditions perturbées de la météorologie spatiale (tempêtes géomagnétiques, éruption solaire, coronal hole,...). Il en est de même pour la majorité des systèmes technologiques opérationnels utilisant des ondes radio.

En d'autres mots, la mesure en temps réel de l'état du plasma ionosphérique (essentiellement la concentration en électrons libres) est indispensable pour le bon fonctionnement de nombreux systèmes technologiques opérationnels. En outre, ce type de mesures permet de mieux comprendre les phénomènes physiques dans l'ionosphère qui sont à l'origine de dégradations dans le fonctionnement de ces systèmes technologiques : une meilleure compréhension de ces phénomènes est un premier pas vers une meilleure modélisation des effets de l'ionosphère sur la propagation des ondes radio. Il importe aussi de mesurer les différents paramètres qui peuvent influencer l'activité ionosphérique. Ainsi, par exemple, la variabilité du champ magnétique terrestre est un paramètre qui a une influence considérable sur l'état du plasma ionosphérique.

Au cours de l'année 2008, la section " Profils ionosphériques " de l'IRM a étudié et modélisé les différents phénomènes dans l'ionosphère qui peuvent provoquer des dégradations dans les mesures de positions effectuées à l'aide du système GPS. En particulier, il a été démontré que les tempêtes géomagnétiques extrêmes sont à l'origine d'erreurs de plusieurs mètres pour des applications dont la précision nominale est centimétrique. Vu l'importante influence des tempêtes géomagnétiques sur le système GPS, l'IRM a développé des procédures opérationnelles permettant de calculer en temps réel et de prédire l'indice géomagnétique K. Cet indice est une mesure de l'activité géomagnétique. Au cours de l'année 2009, cette information sera disponible sur le site <http://swans.meteo.be>.



Figure 2.11 : Mesure de la susceptibilité magnétique en fonction de la profondeur (de 0 à 50 cm) dans un sol forestier près de Balen (Prov. Anvers). Le capteur SM-400 (avant plan gauche) mesure la susceptibilité magnétique avec grande résolution spatiale et précision (sensibilité 10<sup>-5</sup> SI) et détecte les zones dans laquelle la pollution anthropogénique s'accumule.

En outre, la section " Profils ionosphériques " a développé un logiciel qui permet à tout moment de quantifier l'erreur induite par l'ionosphère sur les applications de haute précision du système GPS. On appelle " application de haute précision ", une application permettant d'obtenir une précision centimétrique en temps réel. Ce logiciel a été testé avec succès sur des cas d'étude représentant les différents niveaux d'activité que l'on peut rencontrer dans l'ionosphère. En 2009, ce logiciel sera adapté en vue d'une implémentation opérationnelle sur le site <http://swans.meteo.be>.

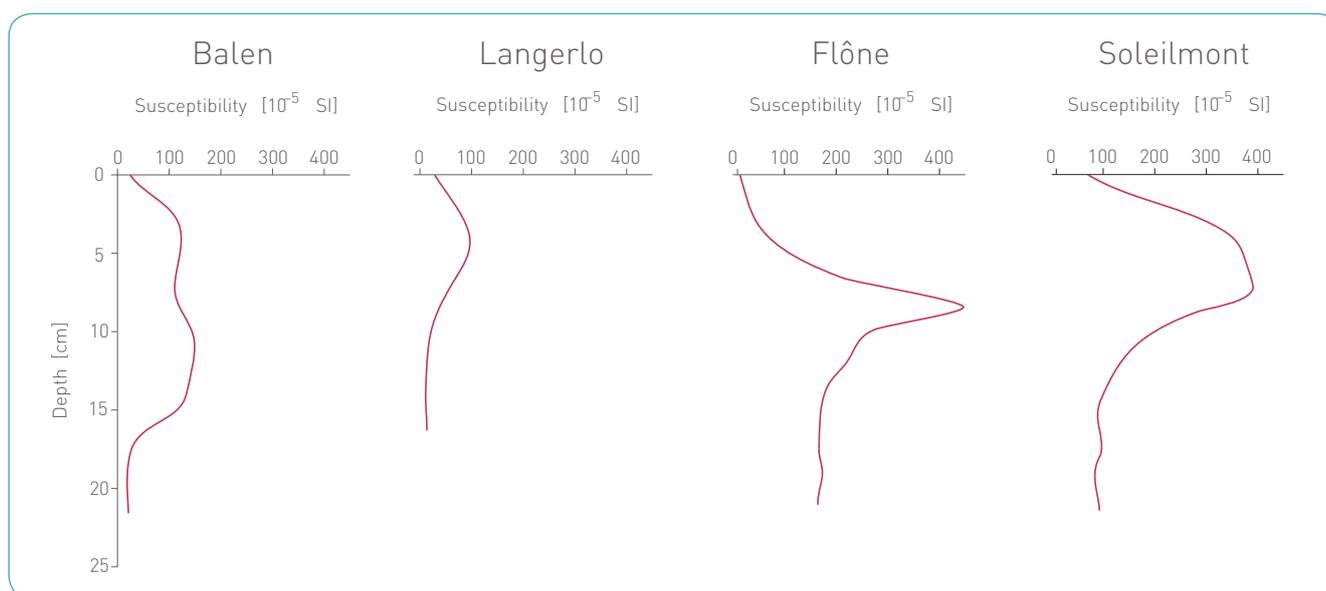


Figure 2.12 : Profils de la susceptibilité magnétique autour de quatre sites industriels sur sols différents obtenus avec le mesureur SM-400. L'augmentation de la susceptibilité magnétique dans les premiers centimètres est attribuée principalement à des poussières émises par l'industrie locale. A Balen (fabrique de zinc) et Langerlo (centrale électrique) la susceptibilité magnétique dans les premiers 5 à 15 centimètres est 10 à 15 fois plus haute que le bruit fond mesuré entre 15 et 20 centimètres de profondeur, quoique les valeurs maximales soient nettement inférieures par rapport aux deux autres sites, Flône (ancien fabrique de zinc) et Soleilmont (lusines de fer). Donc, le capteur SM-400 est un outil précieux pour une estimation rapide et économe de la pollution anthropogénique dans les sols. Après calibration par des analyses géochimiques, la méthode pourrait être utilisée pour déterminer le degré de pollution des sols en métaux lourds.

### → Susceptibilité magnétique et pollution des sols

Le fer est l'un des éléments les plus communs dans la croûte terrestre et il forme, en association avec l'oxygène ou le soufre, des minéraux magnétiques présents universellement. Ces minéraux du fer se forment au cours de nombreux processus biogéochimiques, comme l'altération chimique, la formation de sol, la diagenèse de sédiments, la croissance de bactéries ou leur production d'énergie, mais aussi lors de processus anthropogéniques comme la combustion de carburants fossiles, l'incinération de déchets ou la fonte et le travail des métaux.

Les processus biogéochimiques ne sont pas la seule cause de renforcement magnétique dans les sols. De nombreux sols de surface voient en effet leurs propriétés magnétiques augmentées par des retombées de particules magnétiques atmosphériques engendrées par les processus industriels et de combustion. En général, les particules dues à des combustions contiennent entre 2 et 20% en poids d'oxydes de fer magnétiques, les valeurs les plus élevées étant observées dans les cendres volantes provenant de la combustion de charbon. La magnétite et les spinelles apparentés ainsi que l'hématite sont les principaux minéraux magnétiques fréquemment trouvés dans les cendres volantes industrielles. Ils se forment pendant la combustion et ils sont souvent observés sous forme de sphérules. Les cendres volantes émises pendant la

combustion de combustible fossile dans les centrales électriques, les fonderies (production de métaux ferreux et non ferreux) et les fabriques de ciment sont très riches en métaux lourds. Les particules magnétiques sont produites en même temps que les métaux lourds et les deux suivront le même trajet de sédimentation. Les métaux lourds peuvent aussi être incorporés dans la structure cristalline magnétique ou être adsorbés à la surface de la particule magnétique. C'est pourquoi des méthodes magnétiques ont été proposées pour contrôler et cartographier la pollution en particules porteuses de métaux lourds provenant de processus de combustion. Les méthodes magnétiques présentent le grand avantage que des concentrations faibles (de l'ordre du ppm) de phases ferromagnétiques peuvent être détectées, identifiées et quantifiées sans préparation coûteuse de l'échantillon et dans un temps de mesure court.

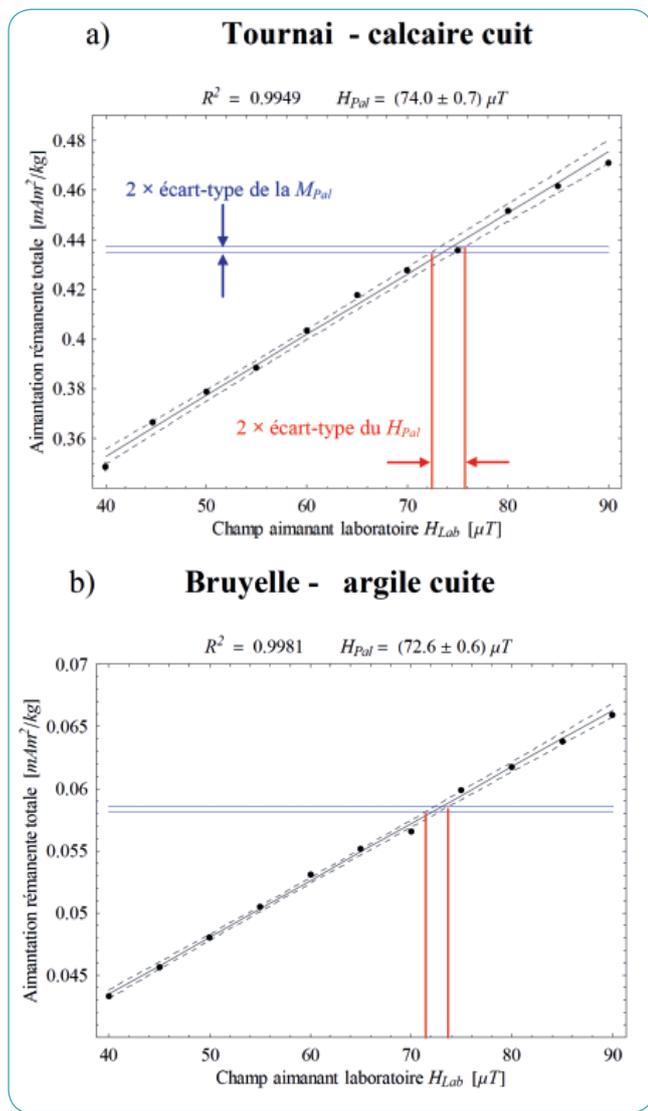


Figure 2.13 : Détermination de la paléointensité d'un four à chaux de Tournai (a) et d'un four de potier à Bruyelle (b) tout deux de l'époque romaine. Les lignes bleues représentent 2 fois l'écart type de l'aimantation naturelle ( $M_{Pal}$ ) mesurée avant la détermination. L'aimantation totale ( $M_{Tot}$ ) est représentée par des points noirs et une régression linéaire a été effectuée pour obtenir la droite moyenne (ligne noire). L'erreur de cette dernière est représentée par deux lignes noires en pointillé (intervalle de confiance de la droite moyenne à 95 %). Le champ auquel l'aimantation  $M_{Tot}$  croise la droite correspond à la paléointensité.

### → Détermination de l'intensité du champ géomagnétique des périodes antérieures aux enregistrements instrumentaux

Depuis le début du seizième siècle, des instruments permettent de mesurer et d'étudier le champ géomagnétique et l'on dispose ainsi actuellement d'enregistrements instrumentaux de ses variations temporelles. Pour connaître le champ pour les périodes précédentes, on se sert d'une méthode basée sur l'aimantation rémanente induite par le champ géomagnétique ancien. Dans les matériaux brûlés et cuits, qui contiennent des minéraux magnétiques, l'enregistrement du champ géomagnétique se produit lors du refroidissement sous forme d'une aimantation thermorémanente qui est parallèle au champ. En général les déterminations de l'intensité se limitent à des terres cuites provenant de fours mis à jour dans les sites archéologiques. Pour déterminer l'intensité du champ du passé on commence par mesurer l'aimantation naturelle ( $M_{Pal}$ ) d'un échantillon provenant des terres cuites brûlées (lignes horizontales bleues dans la figure 2.13). Ensuite, on le réchauffe pour désaimanter partiellement l'aimantation naturelle et on le laisse refroidir dans un champ connu. La partie qui avait été désaimantée, est maintenant aimantée thermiquement par le champ du laboratoire ( $H_{Lab}$ ). On mesure alors l'aimantation rémanente totale ( $M_{Tot}$ ) qui se compose d'une partie de l'aimantation naturelle et de l'aimantation acquise en laboratoire. En répétant cette procédure pour différentes valeurs du champ, on trouve pour un certain champ que l'aimantation rémanente totale correspond à l'aimantation naturelle mesurée au début. Cette valeur du champ correspond à l'intensité du champ géomagnétique au moment où le matériel a été cuit.

La surface de la chambre de combustion des fours est généralement couverte d'une croûte dure noirâtre présentant des signes de vitrification. Ceci indique un environnement réducteur à haute température pendant le fonctionnement du four. L'intérieur de la paroi, à une certaine distance de la surface de la paroi, est de couleur rouge, ce qui indique des conditions oxydantes. Malheureusement les conditions réductrices ne peuvent pas être reproduites en laboratoire lorsque l'on réchauffe l'échantillon au cours des expériences de paléointensité. En effet, les échantillons de couleur noire s'oxydent et de nouveaux minéraux magnétiques se forment. Les déterminations de paléointensité échouent parce que ces minéraux nouvellement formés acquièrent une aimantation rémanente additionnelle non désirée.

C'est pour cela que nous avons voulu vérifier si d'autres matériaux peuvent servir pour des déterminations de paléointensité. Des tests ont été effectués sur des fours à chaux construits en blocs de calcaire. Le matériau près de la surface (6.5 - 8 cm) composé de craie blanche, une forme tendre de calcaire, de la chambre de combustion d'un four à chaux de Tournai a été utilisé. Les résultats ont été comparés à des expériences de paléointensité sur des argiles cuites d'un four de potier de la même période (Bruyelle) prélevées à la même distance de la surface (Fig. 3). Ils montrent que le calcaire est aussi approprié pour déterminer l'intensité du champ géomagnétique lors des périodes antérieures aux enregistrements instrumentaux.



**Développement  
des connaissances  
sur le climat**

---

**3**



## DÉVELOPPEMENT DES CONNAISSANCES SUR LE CLIMAT

---

### 1. Approche intégrée faisant intervenir les erreurs sur les conditions initiales et de modélisation

De manière générique, les erreurs commises sur les conditions initiales et les incertitudes de modélisation sont présentes ensemble lors de la prévision du temps ou du climat. Cette constatation remonte aux premières prévisions du temps et a été quantifiée au travers d'analyses empiriques de la croissance de l'erreur des modèles opérationnels de prévision. Néanmoins, aucune théorie n'avait encore été développée sur les effets potentiels du couplage entre l'erreur initiale et l'erreur de modélisation. Cette question abordée à la section de Météorologie et Climatologie Dynamiques en 2006 et 2007, a été poursuivie en 2008 par l'étude d'un modèle atmosphérique plus détaillé mais encore suffisamment simple pour permettre une étude exhaustive. Cette étude a confirmé les modifications de la dynamique de l'erreur moyenne en présence des deux sources d'erreurs, notamment un déplacement du minimum de l'erreur dépendant de la structure de l'erreur initiale et de la source d'erreur de modélisation.

### 2. La correction des prévisions

L'une des problématiques majeures de la prévision du temps est sa dégradation progressive qui va impliquer que, pour des temps plus ou moins longs, elle devient inutile. Pour améliorer celle-ci, de nombreuses approches sont envisagées (amélioration de la condition initiale, amélioration du modèle...). L'une d'entre elles consiste à corriger à posteriori la prévision sur base d'informations statistiques tirées de prévisions antérieures. Cette approche est connue en anglais comme 'Model Output Statistics (MOS)'. Dans ce contexte, de nombreuses techniques ont été proposées pour la correction des prévisions déterministes (c'est-à-dire la correction d'une prévision unique). L'approche la plus souvent utilisée est une approche linéaire dont le succès est toujours d'actualité et qui se base sur la minimisation par moindre carré de la différence entre les observations et les prévisions passées.

Depuis quelques années, la correction a posteriori des prévisions a été étendue aux prévisions d'ensemble et des techniques spécifiques ont été développées dans ce sens. En 2007, sur base des travaux que nous avons effectués les années précédentes, nous avons développé un nouveau schéma de correction des prévisions d'ensemble. Celui-ci consiste en une extension de la technique linéaire classique de correction pour les prévisions déterministes, au travers de la modification de la fonction de coût de la minimisation par moindre carré, de façon à tenir compte de la présence d'erreurs sur les prédicteurs provenant du modèle. Cette approche a été utilisée avec succès dans le cadre d'un système chaotique de basse dimension.

La *figure 3.1* illustre l'évolution du score de Brier pour une variable du modèle de Lorenz atmosphérique avant et après correction par la technique MOS. Ce score correspond à une erreur quadratique moyenne pour la probabilité de dépassement d'un seuil donné. Le seuil choisi ici est la climatologie (moyenne à long terme dans le modèle de Lorenz). Il apparaît clairement une amélioration de la qualité de la prévision après correction (valeur plus basse de l'erreur quadratique moyenne) par la nouvelle technique que nous proposons.

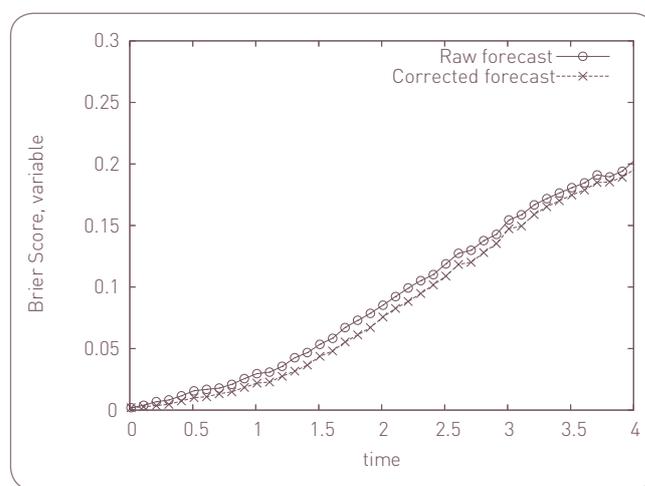


Figure 3.1 : Évolution du score de Brier pour la prévision probabiliste du dépassement d'un seuil pour une variable du modèle de Lorenz atmosphérique. Les deux courbes correspondent aux résultats sans correction (ligne continue, cercles) et avec correction par la nouvelle technique MOS (ligne pointillée, croix). Une erreur de modélisation affecte les paramètres du modèle.

### 3. L'assimilation de données

Un aspect essentiel de la prévision du temps réside dans le choix d'une condition initiale. Pour cela, des techniques sophistiquées, connues sous le nom de techniques d'assimilation de données, ont été développées. Néanmoins, elles ne tiennent compte que de manière très rudimentaire de la présence des erreurs inévitables de modélisation. Nous avons récemment abordé cette question au travers du développement d'un schéma d'assimilation séquentielle tenant compte de la nature déterministe des erreurs de modélisation et de leur dynamique et ce, dans la perspective de travaux récents effectués à la Section de Météorologie et Climatologie Dynamiques sur la dynamique de l'erreur de modélisation. En 2008, nous avons poursuivi les études liées au caractère déterministe de l'erreur de modélisation dans l'assimilation au travers d'une part, de l'analyse d'un système d'assimilation basé sur un ensemble de trajectoires (Maximum Likelihood Ensemble Filter) et d'autre part, de l'assimilation variationnelle à quatre dimensions. Pour le premier schéma, nous avons effectué une analyse préliminaire tendant à vérifier l'impact de l'assimilation dans les systèmes chaotiques et à mettre en évidence le lien entre les propriétés dynamiques sous-jacentes du système chaotique et la structure du schéma d'assimilation. Nous sommes arrivés à la conclusion qu'un lien étroit était présent entre la dimension de l'attracteur du système et le nombre de membres de l'ensemble nécessaire au schéma d'assimilation. Concernant le schéma variationnel, il a été formulé en tenant compte du caractère déterministe de l'erreur de modélisation. Les études numériques préliminaires dans le contexte de systèmes chaotiques de basse dimension donnent des résultats encourageants indiquant le rôle essentiel de la corrélation de l'erreur de modélisation sur la qualité de l'assimilation.

### 4. Analyse des mesures de la vapeur d'eau (projet AGACC)

D'une part, les modèles climatologiques prédisent que la concentration en vapeur d'eau des couches supérieures de la troposphère doubleront avant la fin du siècle à cause de l'augmentation des concentrations des autres gaz à effet de serre. D'autre part, des observations montrent que la hauteur de la tropopause – couche entre la troposphère et la stratosphère – s'est accrue de plusieurs centaines de mètres depuis 1979. À l'IRM, on a tenté de mettre en relation ces deux tendances en examinant à la loupe une série chronologique homogène (1990-2007) de profils verticaux de températures et d'humidité, mesurés à l'aide de radiosondes. Cette étude montre qu'au cours de la période de janvier 1990 à septembre 2001, la troposphère s'est contractée, que les couches supérieures de la troposphère ont baissé et se sont réchauffées, avec, en conséquence une augmentation de la quantité de vapeur d'eau. À partir de septembre 2001 (environ) la troposphère s'est dilatée et les couches supérieures de la troposphère sont remontées et, par conséquent, se sont refroidies et desséchées. Des phénomènes similaires ont été constatés au cours de la même période par d'autres chercheurs sur d'autres séries de données et s'expliquent par une modifica-



tion de la circulation de Brewer-Dobson. L'analyse de séries chronologiques plus longues de profils de températures par différentes stations d'observation européennes démontre, en outre, qu'une telle modification dans la dynamique de la troposphère n'est pas un phénomène unique, tant dans le temps que dans l'espace.

## 5. Contribution au projet GEMS : Vérification des observations des aérosols à l'aide de modélisations

L'IRM est membre du projet européen GEMS financé par le 6ème programme cadre de l'Union européenne. Une partie de ce projet consiste à coupler au modèle de prévision de l'ECMWF des modules qui contiennent une modélisation des concentrations en aérosols, des gaz à effet de serre et des polluants et gaz réactifs. La contribution de l'IRM consiste à comparer les données du modèle d'aérosols à des mesures indépendantes (c.à.d. à des mesures qui ne sont pas utilisées en entrée dans le modèle ou dans le processus d'assimilation.). L'IRM utilise les données d'Aerosol Optical Depth (AOD) dérivées des mesures des instruments Brewer ainsi que des mesures d'aérosols au-dessus de l'océan fournies par l'instrument SEVIRI. Ces comparaisons entre le modèle et les observations ont été utilisées pour valider le modèle.

Dans le courant de l'année 2008, l'ensemble du système de modélisation des aérosols (assimilation, analyse, prévisions) était prêt à être intégré dans le système de prévision ECMWF. Depuis juillet 2008, ces prévisions intégrées en temps quasi réel fonctionnent et sont disponibles sur le site Web de l'ECMWF, de même que les prévisions, notamment, en ma-

## 6. Poussières fines et santé (projet PARHEALTH)

Plusieurs études ont démontré qu'il existe une forte corrélation entre la poussière fine d'un diamètre inférieur à 10 µm (PM 10) et le nombre de décès par jour. De même, il existe un lien manifeste et non linéaire entre le taux de mortalité et la température extérieure. La poussière fine est un nom générique désignant les composants ayant comme propriété commune de posséder un diamètre inférieur à 10 µm. Elle contient notamment des composants inorganiques et organiques, du sel de mer, des aérosols organiques secondaires, du carbone élémentaire, de l'eau, des liaisons secondaires de sulfates, de nitrates et d'ammoniac en concentrations extrêmement variables. La Belgique est l'un des pays d'Europe où l'on enregistre les plus hautes concentrations de poussière fine à cause de la densité de son réseau routier, de la compacité de certaines zones d'habitation et de son taux élevé d'industrialisation. C'est la raison pour laquelle la Belgique affiche l'estimation de la perte d'espérance de vie parmi les plus fortes d'Europe, soit 14,9 mois contre 9 mois seulement pour la moyenne européenne. Le service pneumologie du département santé publique de l'Université catholique de Louvain a démontré que

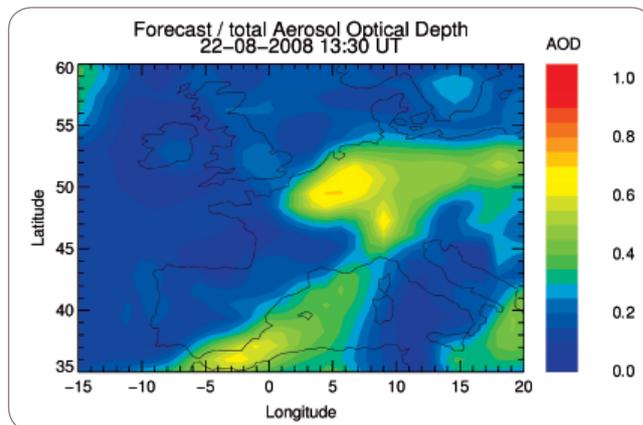


Figure 3.1 : Prévisions en temps quasi réel de la profondeur optique des aérosols (Aerosol Optical Depth, AOD) du 22 août 2008, à 12:00 UT, et uniquement pour les aérosols anthropogéniques (matières organiques, noir de carbone, sulfates). À droite, la barre de couleur indique la valeur de l'AOD. Plus cette valeur est élevée, plus l'atmosphère est chargée en aérosols.

tière d'ozone et de dioxyde de carbone. Par exemple, la figure 3.2. montre la prévision en temps quasi réel de la profondeur optique des aérosols à 550 nm pour les aérosols anthropogéniques au-dessus de l'Europe, le 5 avril 2009. La prévision révèle des quantités élevées d'aérosols dans une zone s'étendant du sud de l'Italie à la Scandinavie, en passant par l'Europe centrale et orientale.

les effets de la pollution atmosphérique sont plus néfastes pendant les mois d'été qu'en hiver. Dans le prolongement de cette problématique, l'IRM a modélisé la poussière fine pour une partie du territoire belge sur une période de 7 ans (1997-2003) et s'est interrogé sur l'association éventuelle entre la composition de la poussière fine modélisée et le nombre de décès prématurés par jour. Il ressort des premiers résultats que pendant l'hiver, le sel de mer exerce un effet positif sur notre santé. L'augmentation de la concentration en sel de mer dans l'air est en liaison inversement proportionnelle avec le nombre de décès prématurés par jour. Par contre, en été, les aérosols organiques secondaires (c'est-à-dire les aérosols qui ne sont pas émis directement mais qui sont formés dans l'air à partir de composants chimiques) sont directement et nettement liés au nombre de décès prématurés par jour.

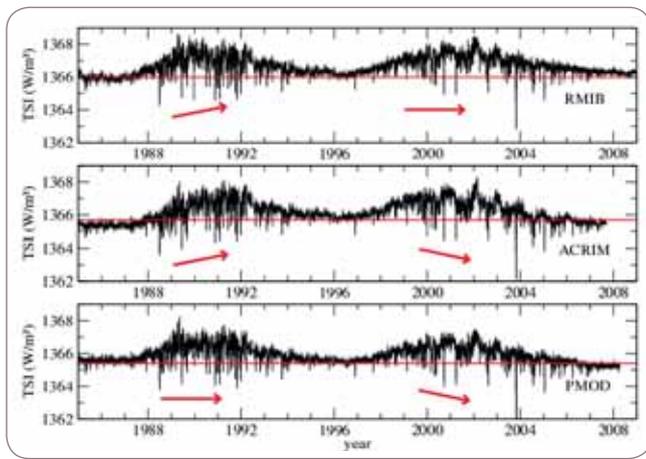


Figure 3.3 : De haut en bas, les courbes de mesure de la constante solaire de l'IRM, ACRIM et PMOD. Les mesures sont compilées le long des cycles solaires 22 et 23. Les différences se situent entre les minima atteints en 1986, 1996 et 2008. Les flèches indiquent une augmentation, une stabilisation ou une diminution. L'augmentation observée par l'IRM n'est pas significative. Les droites horizontales sont des références arbitraires.

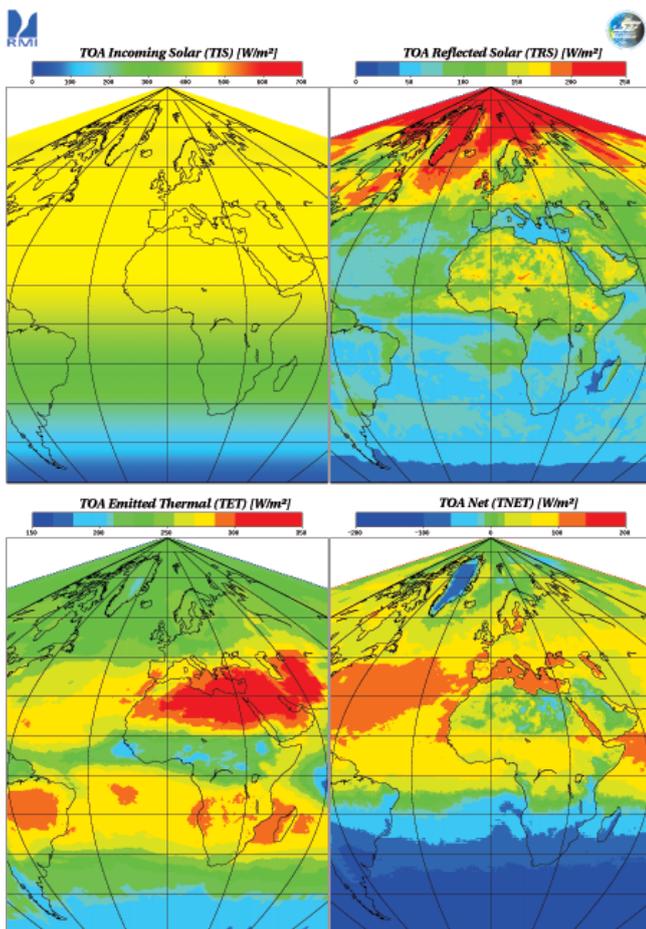


Figure 3.4 : Moyennes mensuelles pour juillet 2008 des rayonnements : solaire incident (en haut à gauche), solaire réfléchi (en haut à droite), thermique émis (en bas à gauche) et bilan radiatif (en bas à droite). Le bilan est obtenu par différence entre l'incident d'une part et le réfléchi et l'émission thermique d'une autre part.

## 7. Résultats scientifiques et mesure de l'irradiance solaire

Les mesures du radiomètre SOVIM viennent s'ajouter à la base de données des mesures de la constante solaire. Cependant, les mesures indépendantes de chaque instrument doivent être ajustées pour former une seule série appelée courbe composite. Actuellement trois versions différentes existent, la version de l'IRM, celle d'ACRIM aux Etats-Unis et celle du PMOD en Suisse (voir figure 3.3). La différence principale se situe dans les niveaux des minima qu'aurait atteints le Soleil en 1986, 1996 et 2008. En ce qui concerne les mesures compilées par l'IRM, il apparaît que les minima solaires n'ont pas changé de manière significative. Ce qui est contredit par les versions suisse et américaine. Selon le PMOD, bien que les deux minima en 1986 et 1996 ne soient pas différents, le niveau actuellement mesuré par le Soleil serait environ  $0.2 \text{ W/m}^2$  plus bas qu'en 1996. La version d'ACRIM indique une augmentation du minimum en 1996, suivie d'une diminution en 2008. Le choix d'une courbe composite afin de mesurer l'impact du Soleil sur le changement climatique donne des résultats différents. Alors que le GIEC utilise la courbe du PMOD et déclare ne pas trouver d'impact du Soleil sur l'augmentation de la température. D'autres scientifiques utilisent celle d'ACRIM et trouvent une contribution d'au moins 10 % à l'augmentation de la température. La courbe déterminée par l'IRM confirme la version du GIEC. Les mesures effectuées par l'IRM se poursuivront grâce aux mesures prises par son instrument DIARAD/VIRGO à bord du satellite SOHO et ce, jusqu'en 2014. Entre-temps, un nouvel instrument développé par l'IRM (SOVAP), sera lancé fin 2009. Il prendra la relève de DIARAD/VIRGO.

## 8. Mesures GERB/CMSAF

Tout au long de l'année, les données de l'instrument GERB (Geostationary Earth Radiation Budget) sur Meteosat-9 ont été traitées en temps quasi réel à l'IRM et les résultats (Edition-1) mis à disposition des utilisateurs via le site FTP du projet. Ces données sont maintenant largement utilisées par la communauté scientifique et deux conférences dédiées à la mission et aux mesures GERB ont été organisées. La première a eu lieu à l'Université de Valence, en Espagne et la seconde au Goddard Institute for Space Studies, à New-York. Celles-ci ont confirmé l'intérêt des climatologues pour les mesures GERB, en particulier pour l'amélioration des modèles de prévision du temps et du climat. Comme illustration, la figure 3.4 montre les moyennes mensuelles pour juillet 2008 des rayonnements : solaire incident (en haut à gauche), solaire réfléchi (en haut à droite), thermique (en bas à gauche), et le bilan (en bas à droite).

Différents efforts sont entrepris pour améliorer la qualité des produits, ainsi qu'au niveau de la validation des produits. Une étape importante du traitement est la conversion de la mesure directionnelle (radiance) réalisée par l'instrument en flux hémisphérique, l'intégration de l'énergie quittant la terre dans toutes les directions. Cette conversion est réalisée en utilisant des modèles de l'anisotropie du champ de rayonnement. Certaines limitations de ces modèles furent observées au-dessus des surfaces continentales par ciel clair et, dans ce cadre, un scientifique de l'équipe GERB a réalisé un séjour scientifique de trois mois auprès de l'équipe de la NASA spécialisée dans ce domaine. Grâce à cette collaboration, des nouveaux modèles de l'anisotropie ont pu être développés. Ils seront utilisés pour améliorer la qualité des produits GERB dans le futur.

En tant que fournisseur de données pour la communauté scientifique, une partie conséquente du travail de l'équipe porte sur la validation des données. Comme il n'existe pas d'instrument capable de mesurer directement les flux au sommet de l'atmosphère, ces validations sont nécessairement indirectes. En 2008, les données de GERB ont été comparées aux données des instruments américains CERES. Les résultats, publiés dans [Clerboux et al.,2008], ont confirmé le bon fonctionnement des instruments GERB ainsi que la justesse du traitement des données. Par rapport à CERES, une différence d'environ 6% est observée pour le flux solaire réfléchi. Néanmoins, une bonne part de cette différence peut être attribuée aux instruments CERES. En plus de fournir des données radiométriques correctement calibrées, les instruments de mesure du bilan radiatif terrestre doivent présenter une très bonne stabilité temporelle, afin de pouvoir détecter les changements et anomalies climatiques. Dans ce cadre, les données GERB furent confrontées aux observations du radiomètre SEVIRI sur une période de plus de 2 ans. Ceci a confirmé la bonne stabilité de l'instrument GERB sur orbite.



## **Extension et amélioration des systèmes d'alerte**

---



## EXTENSION ET AMÉLIORATION DES SYSTÈMES D'ALERTE

---

### 1. Enregistrement du champ géomagnétique

Outre les enregistrements de routine dans les deux observatoires magnétiques belges de Dourbes et Manhay, l'IRM a été très actif et innovant dans ce type d'observation. Tout d'abord, le magnétomètre AUTODIF, instrument clef pour les observatoires automatiques de demain, a été préparé pour son déploiement dans le nouvel Observatoire Magnétique CONRAD en Autriche dans le cadre de GOAMS. Il s'agit d'une collaboration avec notre client ZAMG, qui nous a commandé la première version de ce magnétomètre. Ensuite, un nouveau magnétomètre triaxial, à échantillonnage à 1Hz, installé à Dourbes en 2007, a vu sa précision évaluée par une nouvelle méthode. On a pu établir que la précision temporelle de l'échantillonnage était meilleure que 0.01s. Le bon fonctionnement, la stabilité et la précision d'un magnétomètre à déployer dans la nouvelle base Antarctique Belge Princesse Elizabeth ont été testés en vraie grandeur au CPG de Dourbes durant plus d'un mois. Il s'agit d'un matériel du NIPR, Japon, mais les chercheurs de Dourbes auront un accès illimité aux données récoltées dans la base antarctique une fois qu'il y sera installé. Dans le cadre du projet INTERLATAM, deux nouveaux observatoires magnétiques ont été créés au Pakistan (Sonmiani et Islamabad) et les observatoires mozambicains de Maputo et Nampula ont été rénovés avec de nouvelles acquisitions de données à basse consommation, basées non plus sur des PC mais des mémoires flash dans sticks USB. Enfin notre programme de mesures de répétition magnétique dans des stations de Belgique et Hollande a été continué afin de fournir des données complètement à jour à nos clients. Nous avons également réalisé des mesures de répétition magnétique dans l'Himalaya et l'Hindou Kusch (stations de Skardu, Gilgit et Multan) lors d'un déplacement au Pakistan.

### 2. Tour radar à Jabbeke

La Régie des Bâtiments a débuté les travaux de construction d'une tour radar à Jabbeke pour le compte de l'IRM. Cette tour, d'une hauteur de 50 m, est destinée à héberger un nouveau radar météorologique qui viendra compléter les radars déjà installés à Wideumont (IRM) et à Zaventem (Belgocontrol). Ce nouveau radar météorologique permettra d'améliorer l'observation des zones de précipitations dans le Nord-Ouest du pays. Il contribuera à améliorer les prévisions à très court terme de l'IRM et à affiner les avertissements en cas de situations météorologiques dangereuses telles que les tempêtes, les orages violents, la grêle et les chutes de neige.

Les efforts de recherche visant à augmenter la qualité des produits dérivés des radars météorologiques se sont poursuivis. Une amélioration substantielle des estimations de précipitations journalières a notamment été obtenue en utilisant les méthodes géostatistiques les plus sophistiquées pour combiner les observations radar et les mesures des pluviomètres au sol.



Figure 4.1 : construction de la tour radar de Jabbeke : Installation de l'escalier en colimaçon le 19 décembre 2008.

### 3. Webcams

Trois nouvelles webcams ont été installées dans les stations météorologiques automatiques de Zeebrugge, Diepenbeek et Mont-Rigi. Cela porte à huit le nombre de webcams de l'IRM utilisées par les prévisionnistes pour l'observation visuelle du temps.

### 4. Début du renouvellement des pluviomètres dans les stations automatiques

En 2008, la mesure des précipitations dans certaines stations météorologiques de l'IRM a été améliorée grâce au remplacement d'anciens pluviomètres par de nouveaux pluviomètres plus performants. Ces stations sont situées à Dourbes, Beitem, Ernage, Mont-Rigi et Uccle.

Ces pluviomètres de nouvelle génération permettent une précision accrue aussi bien pour les faibles précipitations que pour les fortes précipitations. Ils sont basés sur la pesée de la quantité de pluie et présentent également beaucoup moins de problème d'encrassement que les anciens pluviomètres à augets. Le principe du pluviomètre à augets consiste à recueillir la pluie dans un petit récipient, l'auget. Une fois rempli, l'auget bascule, se vide et une impulsion électrique est enregistrée. Ce système présente le double problème de ne pas permettre les mesures en cas de pluie très faible (l'auget ne se remplit pas) et de pluie très forte (les augets débordent). Pour cette raison aussi, l'étalonnage des pluviomètres à augets est bien plus délicat que celui des pluviomètres à pesées. Les pluviomètres à pesées, qui pèsent la quantité de pluie, ne présentent pas ces types de problèmes et fournissent dès lors des résultats plus fiables.

Le remplacement des pluviomètres va s'étendre à l'ensemble des stations automatiques dans les prochains mois et permettra à l'IRM de fournir sur l'ensemble de la Belgique des mesures plus fiables pour la précipitation. La chaîne de traitement concernant le rapatriement des données des stations automatiques a aussi été repensée : des serveurs redondants ont été installés pour fiabiliser la réception des données. Le travail des opérateurs a été ainsi facilité et les données seront disponibles pour les utilisateurs finaux de manière plus sûre.



Figure 4.2 : image prise par la webcam de Zeebrugge le 12 août 2008. Les images des webcams sont aussi diffusées sur le site web de l'IRM

## 5. Étalonnage des instruments Brewer

Pour garantir la qualité des mesures de l'épaisseur de la couche d'ozone et de l'intensité du rayonnement UV, l'étalonnage régulier des instruments de mesure est nécessaire. En mai 2008, les instruments Brewer de l'IRM (voir figure 4.3) ont été comparés avec l'instrument de référence ambulante. Cette comparaison a montré que les modifications par rapport à l'étalonnage de 2006 étaient minimales.

## 6. Validation des profils d'ozone

L'IRM s'est engagé à procéder à la validation des profils d'ozone en tant que partenaire d'EUMETSAT. En 2007, la Continuous Development and Operations Phase du SAF Ozone and Atmospheric Chemistry Monitoring a été mise en place. Aujourd'hui, nous avons déjà pu valider 1 an de données des profils d'ozone. Les premiers résultats montrent que GOME-2 produit, à des latitudes moyennes, des résultats s'inscrivant dans la fourchette de précision préfixée. La figure ci-dessous illustre un exemple de validation des profils d'ozone fournis par GOME-2 sur des données du satellite MetOp-A (<http://o3msaf.fmi.fi>), confrontés aux données fournies par les sondes à ozone d'Uccle pour la période de mars 2007 à février 2008.



Figure 4.3 : Les instruments Brewer 016 et 178 sur le toit de l'IRM observent l'épaisseur de la couche d'ozone et l'intensité du rayonnement UV.

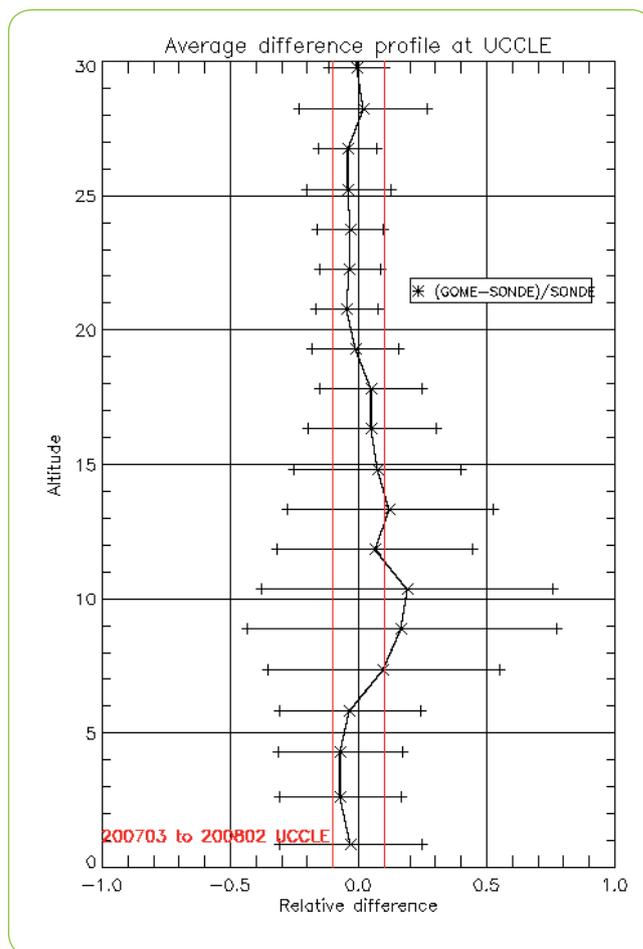


Figure 4.4 : Exemple de validation des profils d'ozone GOME-2 à l'aide de sondes à ozone, lancées à Uccle pour la période de mars 2007 à février 2008. Les lignes rouges indiquent l'intervalle de précision de 10% [-10%, +10%]

**Amélioration et élargissement  
des produits et services  
aux groupes d'utilisateurs**

---



## **AMÉLIORATION ET ÉLARGISSEMENT DES PRODUITS ET SERVICES AUX GROUPES D'UTILISATEURS**

---

### **1. Le produit cartographique DMFI : obtenir la Déclinaison Magnétique en tout point du Benelux**

Le produit cartographique DMFI (Digital Magnetic Master File) pour le champ magnétique au Benelux est à présent opérationnel à 100%. De nouveaux outils de software pour l'extraction automatisée de données ponctuelles de ce fichier standard ont été conçus cette année. Une étude pilote pour calculer une carte magnétique isogonale à haute résolution spatiale a aussi été réalisée.

### **2. Des données statistiques sur la grêle en Belgique**

Parmi toutes les publications de l'IRM, jamais la problématique de la grêle par temps d'orage n'a été traitée. Cette lacune a été comblée en 2008 par la publication suivante : « La fréquence et le diamètre des grêlons par temps d'orage en Belgique : période 1960-2005 ». Cette publication explique la formation de la grêle, l'existence d'échelles de taille de grêlons en fonction des dégâts occasionnés et propose une introduction étoffée sur la climatologie des grêlons par temps d'orage en Belgique. Ces informations sont en plus très utiles à la Direction des Calamités du Service Public Fédéral Intérieur pour la reconnaissance de calamités dues à la grêle. En effet, en cas de dégâts dus à la grêle, des membres du Fonds des Calamités se rendent sur place afin d'en déterminer le caractère exceptionnel. Pour ce faire, les échelles de tailles de grêlons contenues dans la publication leur sont un instrument précieux. De manière plus générale, cette brochure répond aux attentes du grand public qui trouve là une source d'information sur la création, la formation et les conséquences des averses de grêle. Cette publication se veut aussi être un outil de travail pour les compagnies d'assurance et d'expertise.

### **3. Cartes journalières informatisées des dégâts d'origine météorologique**

Avec les vitesses des pointes maximales du vent mesurées aux stations anémométriques belges, les dégâts dus aux rafales de vent violentes, aux inondations, à la grêle, à la foudre et aux tornades, font partie des informations les plus demandées quotidiennement par le grand public au service des renseignements climatologiques de l'IRM. Ces données sont très utiles aux particuliers et aux assurances en cas de sinistre, mais aussi aux avocats et à la police, entre autres.

Dès le début des années '70, l'IRM, via son service de renseignements climatologiques, a confectionné des cartes journalières reprenant ce type d'informations. Jusqu'à il y a peu, ces cartes étaient réalisées à la main, sur papier. 2008 a vu

**ANEMOMETRIC STATIONS**

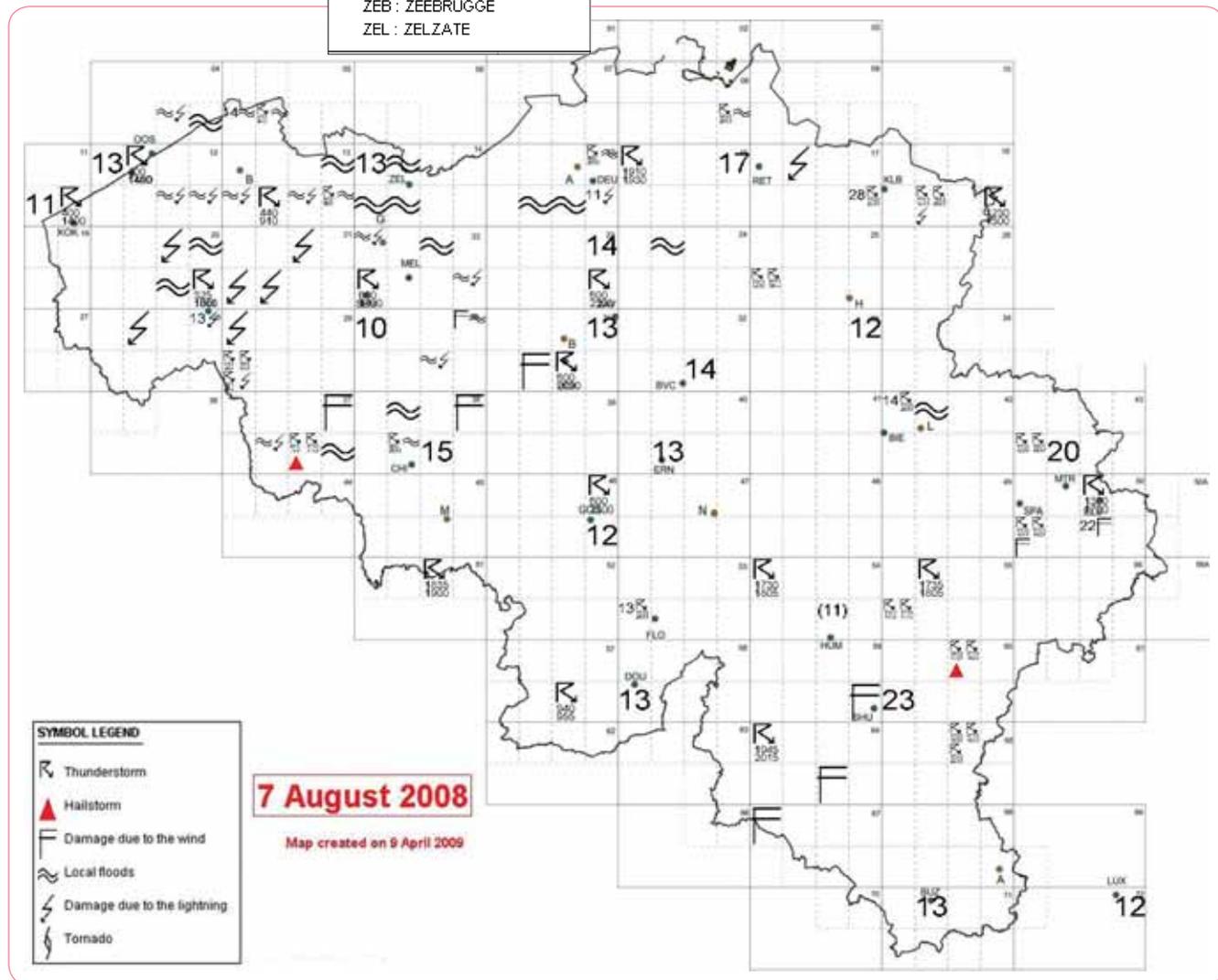
- BEI : BEITEM
- BIE : BIERSET
- BUZ : BUZENOL
- BVC : BEAUVECHAIN
- CHI : CHEVRES
- DEU : DEURNE
- DIE : DIEPENBEEK
- DOU : DOORBES
- ELS : ELSENBORN
- ERN : ERNAGE
- FLO : FLORENNES
- GEN : ZELZATE
- GOS : GOSELIES
- HUM : HUMAIN
- KLB : KLEINE-BROGEL
- KOK : KOKSIJDE
- LUX : LUXEMBOURG
- MID : MIDDELKERKE
- MTR : MONT RIGI
- RET : RETIE
- SEM : SEMMERZAKE
- SHU : SAINT-HUBERT
- SKW : SINT-KATELIJNE-WAVER
- ZAV : ZAVENTEM
- ZEB : ZEEBRUGGE
- ZEL : ZELZATE

la mise en service d'un programme, issu du projet interne OCCO, qui permet non seulement d'intégrer les informations de manière plus rapide sur la carte, mais aussi, de manière standardisée et numérisée. Les informations contenues sur ces cartes sont maintenant stockées dans une base de données Oracle, afin de pouvoir être exploitées à la demande, à des fins de statistiques ou autres.

Ce système présente l'avantage de pouvoir créer des images digitales des cartes journalières et de les envoyer directement aux clients par e-mail, évitant une impression systématique sur papier. En plus d'être moderne et très rapide d'utilisation, ce système s'avère être aussi plus écologique.

La carte reprend les mesures des pointes maximales du vent (en m/s), mais également les régions où des orages ou de la grêle ont été signalés par les observateurs et les endroits où des dégâts dus aux précipitations, au vent ou à la foudre ont été mentionnés dans les médias ou par les observateurs.

Figure 5.2 : Un exemple de carte journalière définitive (7 août 2008).



#### 4. Marché de services pour l'IBGE

Le réseau de pluviomètres géré par l'Institut bruxellois de gestion de l'environnement (IBGE) a commencé ses premières mesures en Région bruxelloise en juin 1992 et est toujours opérationnel aujourd'hui. Les données proviennent de 14 stations de mesures dont la moitié sont en service depuis l'origine du réseau. Un entretien régulier et une calibration in situ des appareils ont été assurés par l'IRM sur toute la période.

En 2008, dans le cadre d'un marché de services, l'IRM a été chargé par l'IBGE d'examiner la qualité des archives pluviométriques horaires de ce réseau et d'étudier la répartition des précipitations sur le territoire bruxellois à partir des séries de mesures validées. Le contrôle de qualité et la correction des données ont été réalisés en utilisant le logiciel PLUVIOVALID développé et déjà utilisé à l'IRM pour la validation des données de précipitations horaires de la DGO Mobilité et Voies hydrauliques du Service public de Wallonie. Le logiciel a été adapté au réseau de l'IBGE.

La période janvier 1999 - septembre 2007 a ensuite été retenue pour établir une première cartographie des précipitations moyennes sur le territoire de la Région bruxelloise aux échelles annuelle (cf. Figure 5.3), saisonnière et mensuelle. Cette période de 8 ans a été choisie comme compromis entre la durée la plus longue possible à prendre en considération (nécessaire d'un point de vue climatologique) et le nombre de stations ouvertes le plus élevé possible (nécessaire pour mettre en évidence d'éventuelles variations spatiales).

Le résultat le plus remarquable qui ressort de l'analyse des données est la mise en évidence d'un gradient nord-ouest/sud-est pour les précipitations moyennes particulièrement bien marqué à l'échelle annuelle. Cette relation entre les cumuls de précipitations et l'altitude illustre, à plus petite échelle, un fait déjà bien connu sur le territoire belge à plus grande échelle.

#### 5. Amélioration des prévisions UV

Pour améliorer la prévision de l'indice UV, nous avons mené une étude en étroite collaboration avec un étudiant stagiaire de la faculté des Sciences naturelles de l'Université d'Anvers : celle-ci portait sur l'adaptation du type de données d'entrée pour le calcul du modèle de l'indice UV afin de faire coïncider le mieux possible prévisions et observations. En sélectionnant judicieusement les propriétés optiques des particules d'aérosols, il est possible de réduire les différences systématiques. À l'avenir, nous étudierons comment adapter cette méthode aux prévisions UV de routine.

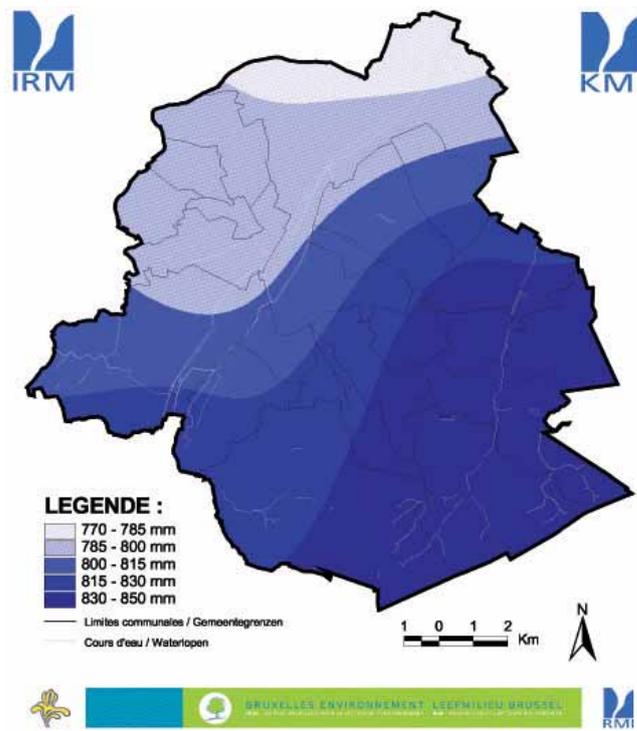


Figure 5.3 : Carte des quantités de précipitations annuelles en Région de Bruxelles-Capitale.

## 6. Énergie solaire

Le soleil est une source massive d'énergie qui peut être utilisée pour le réchauffement des immeubles et pour la production d'électricité. En tant que source d'énergie non polluante et renouvelable, il peut nous aider à maintenir notre niveau de vie sans dégrader la terre pour les générations futures. Tant le grand public que les entreprises actives dans le secteur de l'énergie renouvelable adressent à l'IRM une demande croissante en matière de disponibilité de l'énergie solaire en Belgique. L'IRM possède une longue expérience dans la mesure du rayonnement solaire au niveau du sol : actuellement, des mesures automatisées s'effectuent dans pas moins de 14 stations dispersées en Belgique. Le rayonnement solaire peut également être déduit des mesures satellitaires et du contrôle climatique SAF auquel le l'IRM participe. La *Figure 5.4* montre la répartition dans l'espace de l'énergie solaire cumulée tombant sur une surface horizontale pour le Benelux. Les maxima d'énergie solaire sont obtenus pour la côte (valeur autour de 1120 kWh/m<sup>2</sup>) et le point le plus au sud de la province de Luxembourg (valeur autour de 1100 kWh/m<sup>2</sup>) en comparaison avec des valeurs pour Bruxelles s'établissant autour de 1060 kWh/m<sup>2</sup> et des valeurs minimales sur les hauteurs ardennaises de quelque 960 kWh/m<sup>2</sup>.

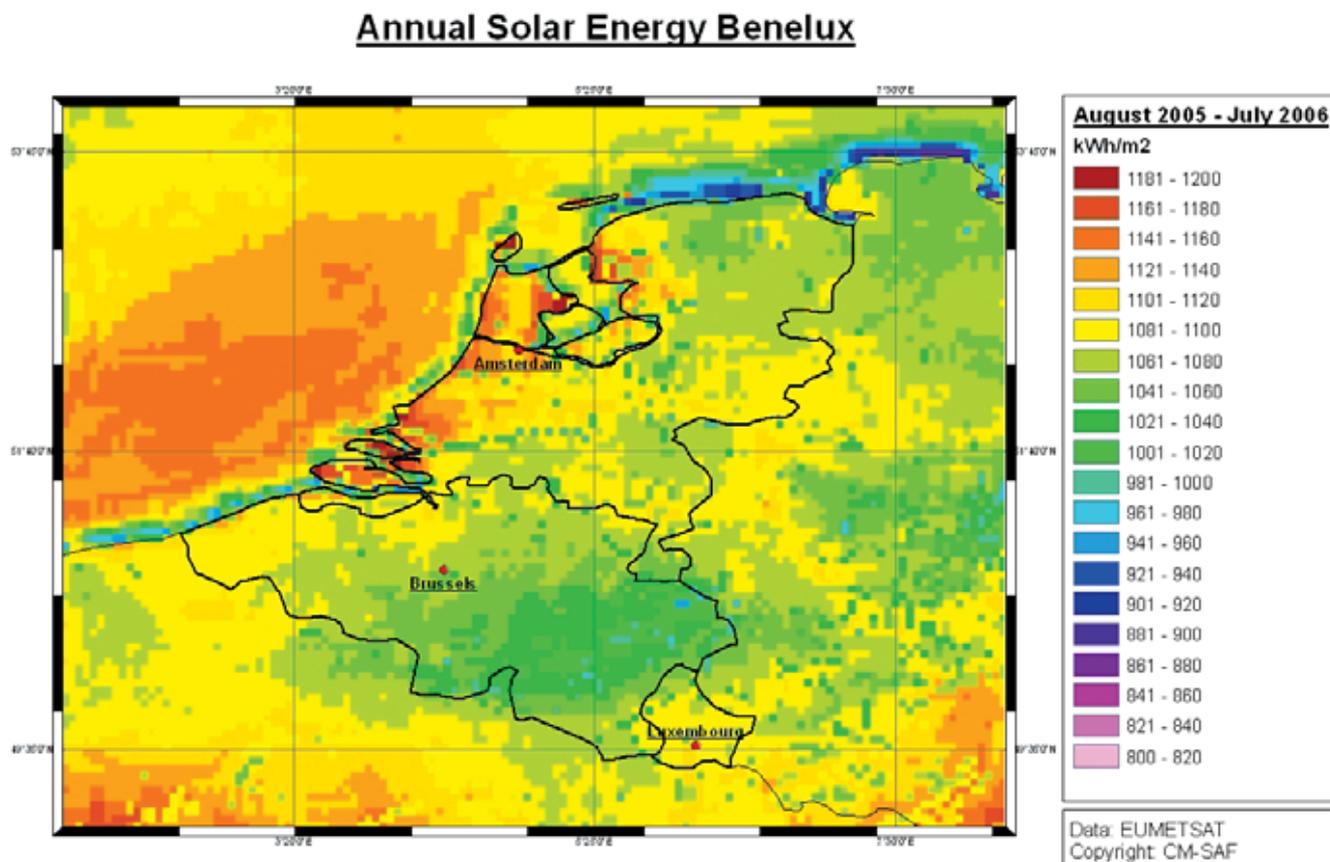


Figure 5.4 : Rayonnement solaire annuel sur le Benelux (kWh/m<sup>2</sup>).

## 7. Amélioration de l'infrastructure informatique

Pour répondre aux besoins sans cesse croissants des utilisateurs scientifiques en matière de capacité de stockage informatique, un système de stockage hiérarchique a été installé. L'architecture de ce système repose sur le logiciel HSM (Hierarchical Storage Manager) d'IBM qui assure la gestion de données et leur migration des disques vers des bibliothèques de bandes. Ce système qui mettra une capacité de près de 50 TB à la disposition des équipes de recherche a été acquis et installé grâce à un subside du Lotto. Il pourra être agrandi en fonction des besoins des équipes de chercheurs par l'ajout de bibliothèques de bandes supplémentaires.

Les connexions internet du Plateau d'Uccle ont fait l'objet d'une mise à jour pendant l'été 2008. Suite à l'ouverture du marché ScienceMAN de Belnet en 2007, une amélioration importante des liaisons réseau de tous les établissements scientifiques fédéraux a pu être réalisée. Le réseau du Plateau d'Uccle est à présent connecté au réseau Belnet par deux liaisons indépendantes ayant chacune une bande passante de 1 Gbps soit une capacité 30 fois supérieure à celle qui était jusqu'alors disponible.

## 8. Accès à l'information/service aux utilisateurs

Une application Web a été développée pour le système de détection des éclairs SAFIR en remplacement de l'ancien logiciel de visualisation SAFIR. Cette application Web montre, grâce à la technologie GIS (système d'information géographique) toutes les décharges d'éclairs sur la carte de Belgique. Grâce aux capacités GIS, on peut aisément effectuer un zoom avant ou arrière, demander des informations de détail sur une décharge électrique, ajouter des couches, etc.

Il est possible de restituer l'image des éclairs en temps réel ou de consulter les archives. Grâce à ces options, l'application est utilisable dans différents buts comme la protection des aéroports ou l'examen des conditions liées aux déclarations de sinistres aux assurances.

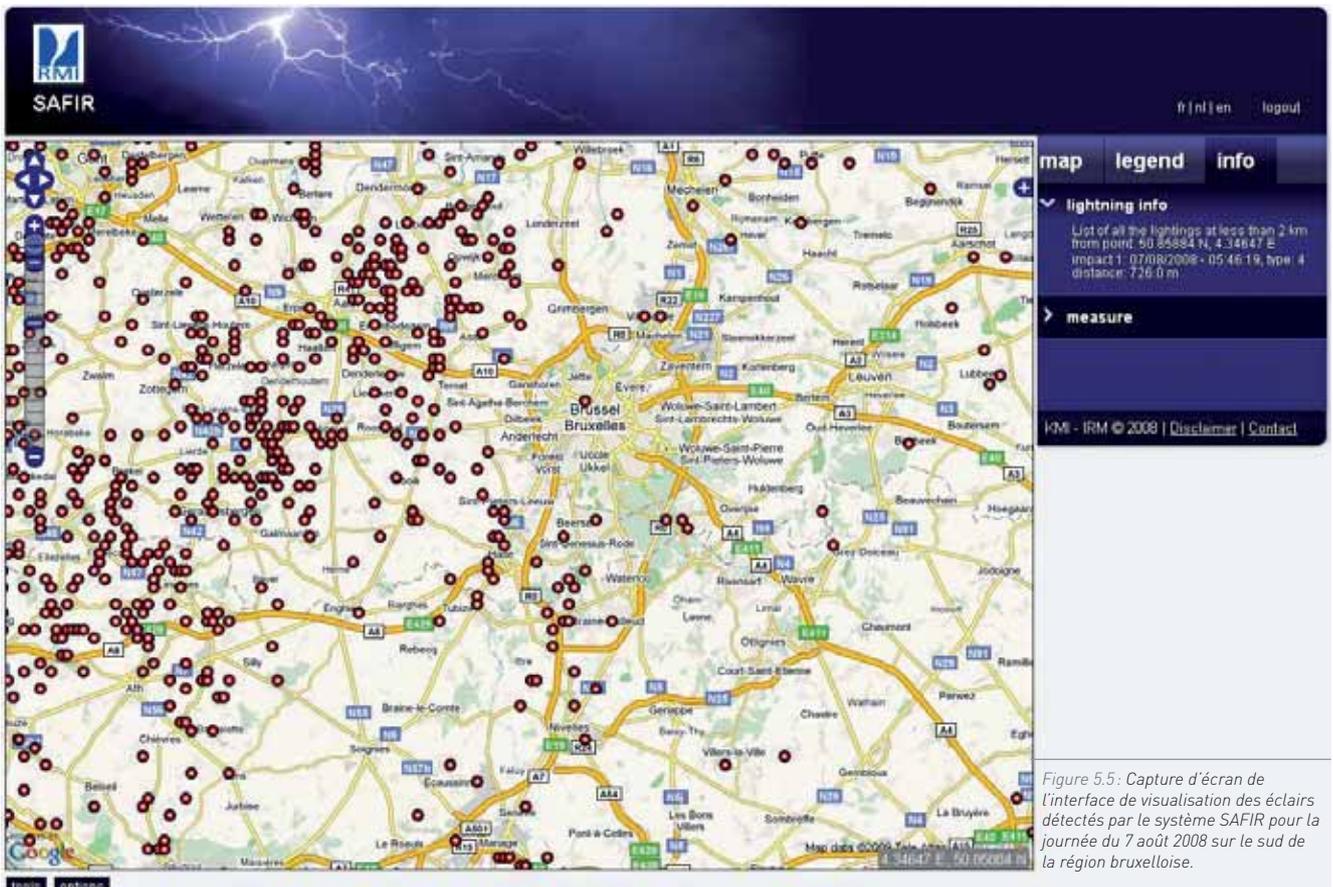


Figure 5.5 : Capture d'écran de l'interface de visualisation des éclairs détectés par le système SAFIR pour la journée du 7 août 2008 sur le sud de la région bruxelloise.

**Contributions au  
rayonnement international  
de la Belgique**

---

**6**



## **CONTRIBUTIONS AU RAYONNEMENT INTERNATIONAL DE LA BELGIQUE**

---

### **1. Exporter les produits de l'IRM**

Les instruments développés et manufacturés à l'IRM sont de plus en plus demandés à l'étranger. Ainsi deux magnétomètres triaxiaux LAMA ont été fournis au Pakistan. De même un appareil AUTODIF a été commandé par l'Autriche. Cette reconnaissance de l'excellence de nos produits est le résultat de différentes actions menées pour présenter nos appareils dans les congrès internationaux. Par exemple, AUTODIF a été déployé avec succès à Boulder, USA, lors d'un atelier d'observatoires magnétiques. Des cours et conférences sur l'observation du champ géomagnétique ont été donnés: "Geomagnetic Observation course", Sezana, Slovénie et "Geomagnetism for Aeronautics" au SUPARCO, Karachi, Pakistan. A l'occasion de l'Assemblée générale de l'ICSU à Maputo, Mozambique du 13 au 25/10/2008, un atelier "Measuring Geophysical Parameters in Africa" a été organisé.

### **2. Coopération ALADIN et HIRLAM**

L'IRM a eu l'honneur d'organiser à Bruxelles, du 7 au 10 avril 2008, un workshop international consacré à la modélisation atmosphérique à courte échéance auquel ont participé une centaine de chercheurs originaires de 25 pays.

Ce workshop entre dans le cadre de la collaboration des deux consortia internationaux ALADIN (<http://www.cnrm.meteo.fr/aladin>), dont l'IRM fait partie depuis 1996, et HIRLAM (<http://hirlam.org>). Il vise principalement à rassembler des chercheurs de ces deux communautés scientifiques pour faire le point sur les progrès récents en matière de modélisation numérique et leur permettre d'échanger des expériences et des idées.

Le workshop organisé par l'IRM a permis à tous les membres de la communauté Aladin-Hirlam de bénéficier des fruits du travail commun, à la fois pour les activités de recherche et développement et pour les applications opérationnelles. Après des exposés présentant les résultats scientifiques, des échanges de vue ont eu lieu pour mettre en place une stratégie future visant à renforcer la coopération entre les deux communautés.

De ces présentations et de ces discussions, il ressort que le rapprochement entre les deux groupements est bien engagé comme le montrent les progrès réalisés sur plusieurs sujets de recherche: épinglons plus particulièrement les progrès dans la modélisation et dans les techniques d'assimilation des phénomènes de surface ou encore le développement du système des prévisions d'ensemble à l'échelle européenne, Glameps. (<http://glameps.hirlam.org>).



Figure 6.1 : Photo des participants au colloque d'avril 2008 ALADIN-HIRLAM à Bruxelles.

### **3. Steering group meeting EUMETSAT O3M SAF**

Les 25 et 26 novembre 2008, l'IRM a accueilli la cinquième réunion du Steering Group (SG) "Ozone and trace gas Monitoring Science Application Facility" (O3MSAF) d'EUMETSAT.

EUMETSAT, organisation européenne pour la gestion des satellites météorologiques, a lancé une série de programmes, les SAF, en vue de convertir les observations satellitaires en données atmosphériques pertinentes. Le "O3MSAF" calcule les concentrations en gaz rares de l'atmosphère à partir de la mesure de la réflexion de la lumière solaire sur la surface de la terre et l'atmosphère. L'IRM participe à l'"O3MSAF" et valide le profil d'ozone déduit des mesures de l'instrument GOME-2 embarqué à bord du satellite METOP.

Lors de cette réunion, les différents partenaires (voir figure 6.2) ont planché sur la manière de maintenir à l'avenir, voire d'améliorer la qualité des mesures produites. Des éclaircissements ont été donnés sur l'état de l'instrument embarqué dans le satellite. Bon nombre des observations ont pu être expliqués sur le plan opérationnel, ce qui signifie que les ob-



Figure 6.2 : Participants à la cinquième réunion du Steering Group de l'O3MSAF à l'IRM : de gauche à droite : Hans Claude (DWD - Allemagne), Thomas Trautmann (DLR - Allemagne), Anastasios Anthis (HNMS - Grèce), Niels Larsen (DMI - Danemark), Frédéric Gasiglia (EUMETSAT - Allemagne), Luís Pessanha (STG/AFG - Portugal), Jukka Kajunpää (FMI - Finlande), Lothar Schüller (EUMETSAT - Allemagne), Michael Eisinger (ESA/ESTEC - Pays-Bas), Tuija Pulkkinen (FMI - Finlande), Rüdiger Lang (EUMETSAT/OPS - Allemagne), Hugo De Backer (IRM - Belgique, organisateur), Dominique Faucher (EUMETSAT - Allemagne), Seppo Hassinen (FMI - Finlande), Roeland van Oss (KNMI - Pays-Bas)

servations satisfont aux exigences de la précision préfixées et qu'elles sont disponibles pour les utilisateurs suffisamment rapidement après l'observation (par exemple comme données d'entrée pour les modèles de prévision du temps).

Une réflexion a également été menée sur la poursuite des SAF après la fin du projet actuel en 2012.

#### **4. EUMETNET/OPERA**

L'IRM participe activement au programme européen EUMETNET/OPERA consacré au réseau européen de radars météorologiques et qui vise à renforcer l'échange d'expertise et d'informations entre les différents services météorologiques nationaux. Dans le domaine des radars météorologiques, l'IRM poursuit également sa participation au projet FlySAFE dont le but est d'utiliser les radars pour la détection en temps réel des migrations d'oiseaux et réduire ainsi les risques de collisions entre les avions et les oiseaux migrateurs. Ce projet est réalisé en collaboration avec l'Institut Ornithologique Suisse, le KNMI (service météorologique néerlandais), Météo-France, l'Université d'Amsterdam et les forces aériennes belge et hollandaise.

# Modernisation de la gestion

---

7



## **MODERNISATION DE LA GESTION**

---

### **1. Renforcement de la stratégie d'innovation**

En 2007, un modèle de renforcement de la stratégie d'innovation avait été mis en chantier au sein de l'institut, en parallèle avec une série d'indicateurs permettant de suivre le fonctionnement de ce modèle. Ces derniers ont permis de détecter les points faibles du processus d'innovation et de proposer des solutions. L'une des principales conséquences a été, notamment, l'amélioration de la collaboration entre le département de recherche et le département opérationnel. Le projet Magnetic Valley, qui a pour objectif le développement socio-économique de la région de Viroinval et pour lequel l'IRM percevra des crédits spécifiques en 2009, constituera également un exemple typique dans le cadre de la mise en œuvre de la stratégie d'innovation.

### **2. Amélioration et extension du 'management information system'**

L'année 2008 a vu la création d'une équipe de designers de workflows dont la tâche consiste à automatiser les processus de travail. Afin d'impliquer tous les départements dans le processus d'automatisation des workflows, cette équipe est composée de représentants provenant de différents départements. Chaque représentant est responsable des processus de travail de son département. Un département peut avoir plusieurs responsables.

La première étape a été la formation de l'équipe sur les notions de base du workflow et sur l'utilisation de l'outil de modélisation informatisé. La formation est supportée par des exercices et une étude de cas. La deuxième étape a été le suivi et le support de l'équipe dans l'analyse, le design et le déploiement des workflows automatisés. Ainsi, plusieurs workflows ont vu le jour simultanément et plusieurs autres sont en cours d'analyse.

Au fur et à mesure que les designers développaient leurs workflows, ils se rendaient compte qu'ils avaient de nouveaux besoins, par exemple la possibilité de calculer et de remplir automatiquement certains champs de données, de valider les entrées, de générer des formulaires, des documents ou des emails. Tous ces besoins se traduisaient en nouvelles fonctionnalités qui devraient être développées et implémentées.

Le plus gros du travail de l'élargissement du système de gestion d'information pour l'année 2008 se résume donc à promouvoir l'utilisation du système workflow, à former des gens à devenir des designers de workflow, à les supporter dans leur travail et à développer de nouvelles fonctionnalités logicielles pour répondre à leurs besoins.

### **3. Bien-être du personnel : sécurité et prévention**

Le service de prévention externe IDEWE a poursuivi l'exécution d'examens médicaux destinés au personnel.

Comme il n'a pas été possible de les terminer en 2008, les examens médicaux continueront en 2009.

En collaboration avec le service d'incendie, un plan d'intervention a été établi. Ce document est essentiellement destiné à soutenir les services de secours externes et doit leur apporter les connaissances nécessaires pour intervenir rapidement et de manière adaptée.

Les adaptations indispensables ont été également entreprises sur le terrain.

La première version d'un plan d'urgence interne a été élaborée et soumise à l'évaluation des services du gouverneur. L'optimisation de ce plan nécessite, par ailleurs, certaines interventions techniques. À cet égard, le dossier technique pour l'installation d'un système global de détection d'incendie et d'alerte, a été préparé en collaboration avec la Régie des Bâtiments. Le début de la procédure d'adjudication est prévu pour 2009.

### **4. Comptabilité analytique**

En 2008, la comptabilité analytique a été plus détaillée encore.

Outre les bénéfices commerciaux qui entraînent déjà dans la structure pyramidale, tous les frais encourus par l'IRM y sont à présent également introduits. Ces frais incluent :

- Les frais de personnel des statutaires et des contractuels. Ils sont répartis par département et projet dans lesquels ces membres du personnel sont employés.
- Les frais de fonctionnement en relation directe avec les activités commerciales et les frais liés aux activités non commerciales. Les frais indirects sont répartis selon le nombre de membres du personnel employés dans les différents départements.
- Les investissements. Ils sont comptabilisés dans les départements et projets auxquels ils ont trait.

La comptabilité analytique a permis d'améliorer la transparence entre les revenus et les dépenses de l'IRM. La comptabilité analytique donne un aperçu clair de la rentabilité des départements et projets.



## Le temps en 2008

---

8



## LE TEMPS EN 2008

### Encore une année chaude, mais moins remarquable que 2006 et 2007

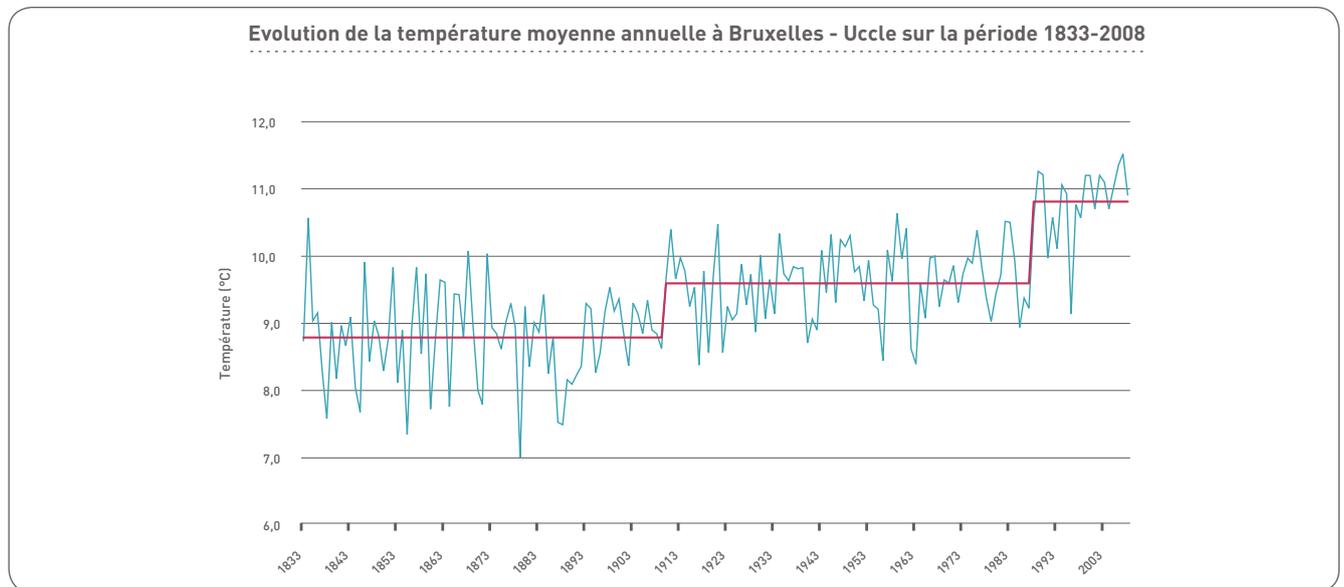


Figure 8.1 : Evolution de la température moyenne annuelle (en °C) relevée à Bruxelles-Uccle depuis le début des observations régulières en 1833. On notera que les deux années les plus chaudes sont, dans l'ordre, 2007 et 2006 et que les 15 années les plus chaudes ont été observées au cours des 20 dernières années (depuis 1989).

Après les années record 2006 et 2007, l'année 2008 a, elle aussi, été caractérisée par un excès important de la température moyenne à Uccle par rapport à la température moyenne observée entre 1901 et 2000. Cette année, la température moyenne a atteint 10,9°C, soit 1,2°C au-dessus de la valeur normale au cours du 20<sup>e</sup> siècle (9,7°C). Un tel écart est qualifié de "très anormalement" élevé (cf. tableau 8.1 pour la définition des degrés d'anormalité). Il est remarquable de constater également qu'en 2008, il n'y a pas eu de "jours d'hiver", c'est-à-dire de jours où la température maximale est descendue en dessous de 0°C, ce qui est une situation très exceptionnelle.

D'autre part, la moyenne des températures relevées à Uccle au cours des 20 dernières années, c'est-à-dire après le réchauffement relativement brutal observé dans les années 1980, s'élève à 10,8°C : la température moyenne de cette année est donc très proche de la température moyenne sur la période chaude que nous connaissons depuis 20 ans (cf. figure 8.1).

En 2008, les valeurs annuelles de la plupart des paramètres autres que ceux liés aux températures peuvent presque toutes être qualifiées de "normales" (cf. tableaux 8.1 et 8.2). Avec 861,5 mm, le total des précipitations est quelque peu excédentaire. La durée d'insolation est de 1449 h et présente un petit déficit par rapport à la valeur normale. Seules l'humidité relative et la vitesse moyenne du vent furent très anormalement déficitaires. Notons encore que la vitesse moyenne du vent fut néanmoins quelque peu supérieure aux valeurs observées les années précédentes.

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

Tableau 8.1 : Définition du degré d'anormalité d'un paramètre climatologique, exprimé en périodes de retour moyennes.

Paramètre	2008	Normales	Car
Pression moyenne de l'air (au niveau moyen de la mer) (hPa)	1015,4	1015,7	n
Vitesse moyenne du vent (m/s)	3,4	3,7	ta-
Durée d'insolation (h)	1449	1554	n
Température moyenne (°C)	10,9	9,7	ta+
Température maximale moyenne (°C)	14,6	13,8	n
Température minimale moyenne (°C)	7,2	6,7	n
Température maximale absolue (°C)	31,0	31,7	n
Température minimale absolue (°C)	-6,1	-8,9	n
Nombre de jours de gel (min $\leq$ 0°C)	37	47	n
Nombre de jours d'hiver (max $\leq$ 0°C)	0	8	tc-
Nombre de jours d'été (max $\geq$ 25°C)	25	25	n
Nombre de jours de forte chaleur (max $\geq$ 30°C)	1	3	n
Humidité relative moyenne de l'air (%)	77	81	ta-
Tension de vapeur moyenne (hPa)	10,1	10,3	n
Total des précipitations (mm)	861,5	804,8	n
Nombre de jours de précipitations mesurables ( $\geq$ 0,1 mm)	209	207	n
Nombre de jours d'orages dans le pays**	95	94	n

Tableau 8.2 : Valeurs pour l'année 2008 et valeurs normales pour différents paramètres météorologiques mesurés à Uccle. La colonne "Car = Caractéristiques statistiques" donne le degré d'anormalité du paramètre en 2008, exprimé en périodes de retour moyennes (cf. définitions dans le tableau 8.1). Les normales et les caractéristiques statistiques sont calculées à partir des observations sur la période 1901-2000, sauf pour les températures extrêmes (maximales et minimales) et les paramètres dérivés de ces températures (valeurs absolues et nombre de jours) où la période de référence est 1968-2000 (début des mesures dans un abri fermé). A partir de l'année 2008, la normale du nombre de jours d'orages dans le pays est calculée en utilisant les mesures de l'activité électrique atmosphérique effectuées par le système SAFIR.

**L'hiver 2008** (décembre 2007 à février 2008, cf. figure 8.2) a été très anormalement chaud, principalement du fait d'un mois de janvier exceptionnellement doux, avec une température moyenne de 6,5°C, ainsi que d'un mois de février très anormalement chaud. L'hiver fut également remarquable par la durée d'insolation qui s'éleva à 237,7 h, alors que la normale saisonnière n'est que de 170,5 h ; cet excès est très anormal. Les précipitations furent normales, à la fois en quantité d'eau recueillie et en fréquence de jours de précipitations : on a relevé un total de 195,3 mm en 53 jours de précipitations, pour des valeurs normales de 202,1 mm et 55 jours.

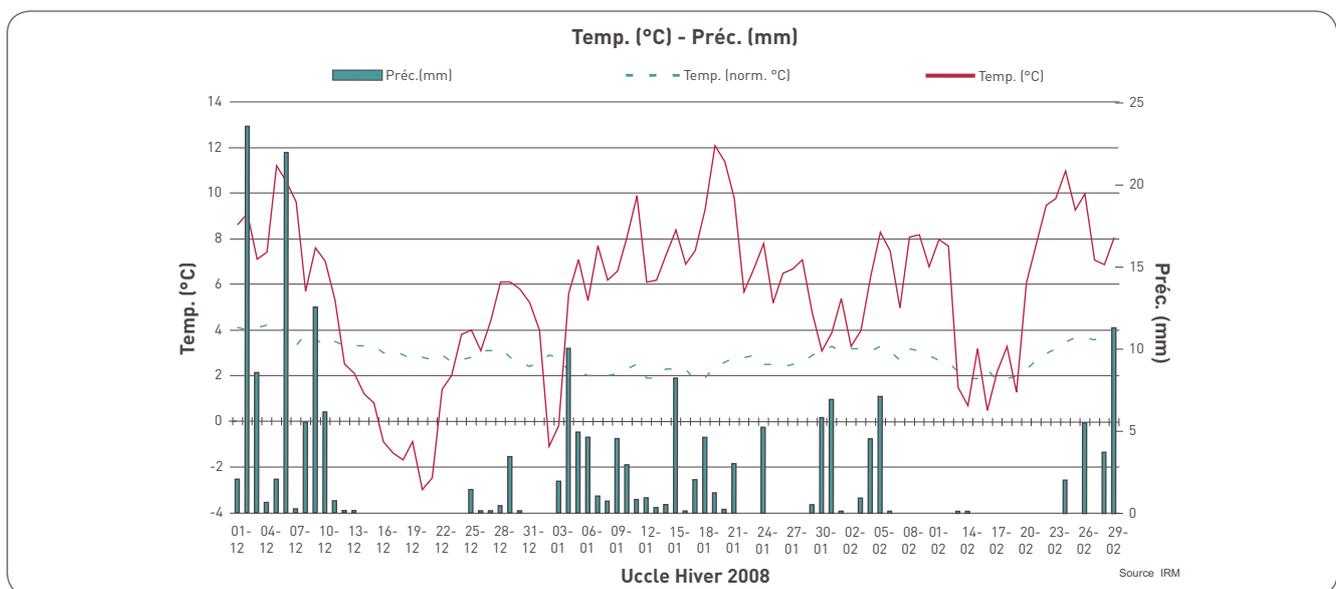
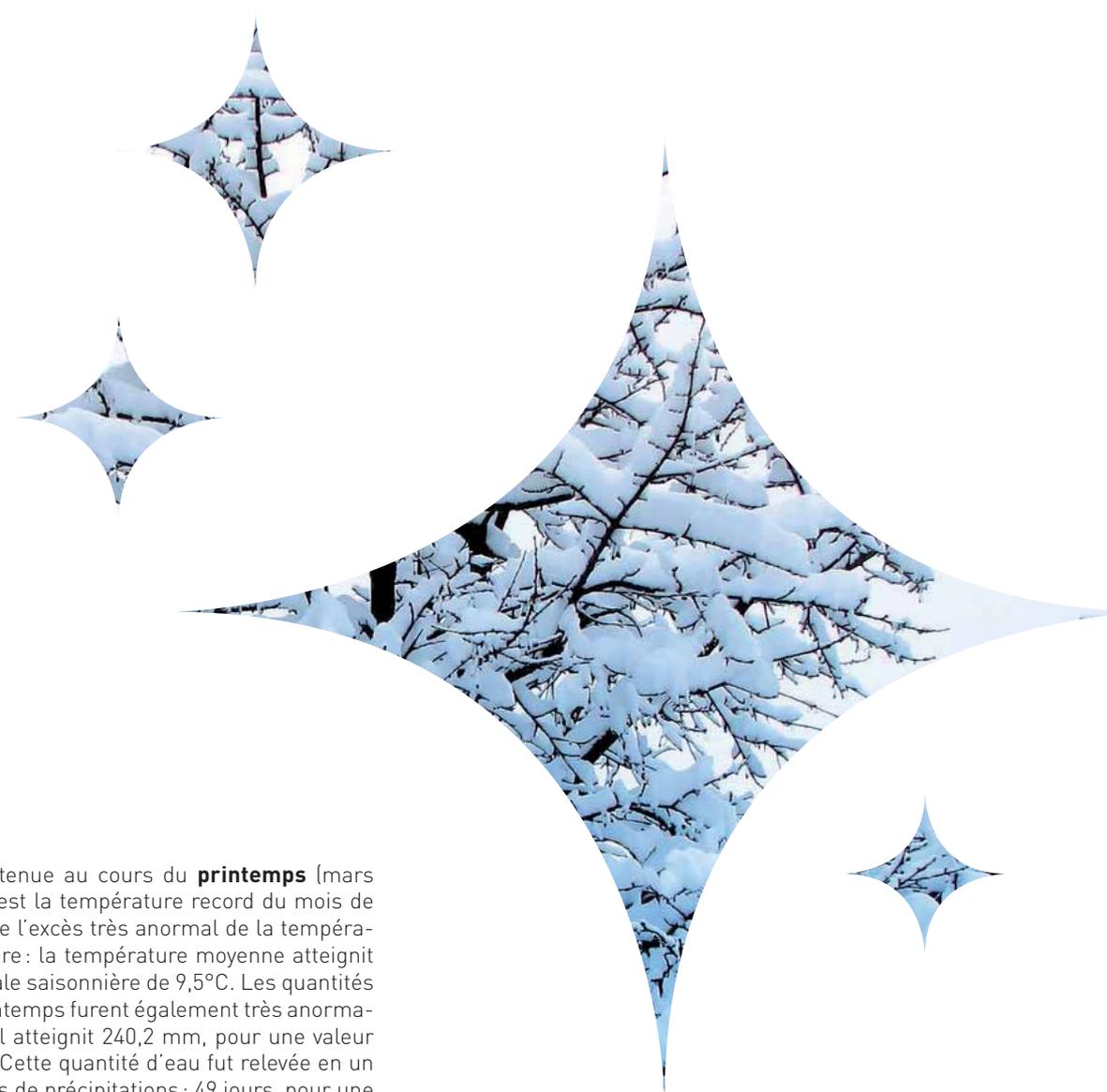


Figure 8.2 : Evolution des températures et des quantités de précipitations journalières à Uccle au cours de l'hiver 2008 (décembre 2007-février 2008).



La douceur s'est maintenue au cours du **printemps** (mars à mai, cf. figure 8.3). C'est la température record du mois de mai qui fut à l'origine de l'excès très anormal de la température moyenne printanière : la température moyenne atteignit 10,7°C, pour une normale saisonnière de 9,5°C. Les quantités d'eau recueillies au printemps furent également très anormalement élevées : le total atteignit 240,2 mm, pour une valeur normale de 196,2 mm. Cette quantité d'eau fut relevée en un nombre normal de jours de précipitations : 49 jours, pour une moyenne de 53 jours. Avec 434,4 h de soleil cumulées sur le printemps, on observa un déficit normal de l'ensoleillement. En moyenne, on enregistre une durée d'insolation de 450,7 h durant cette saison.

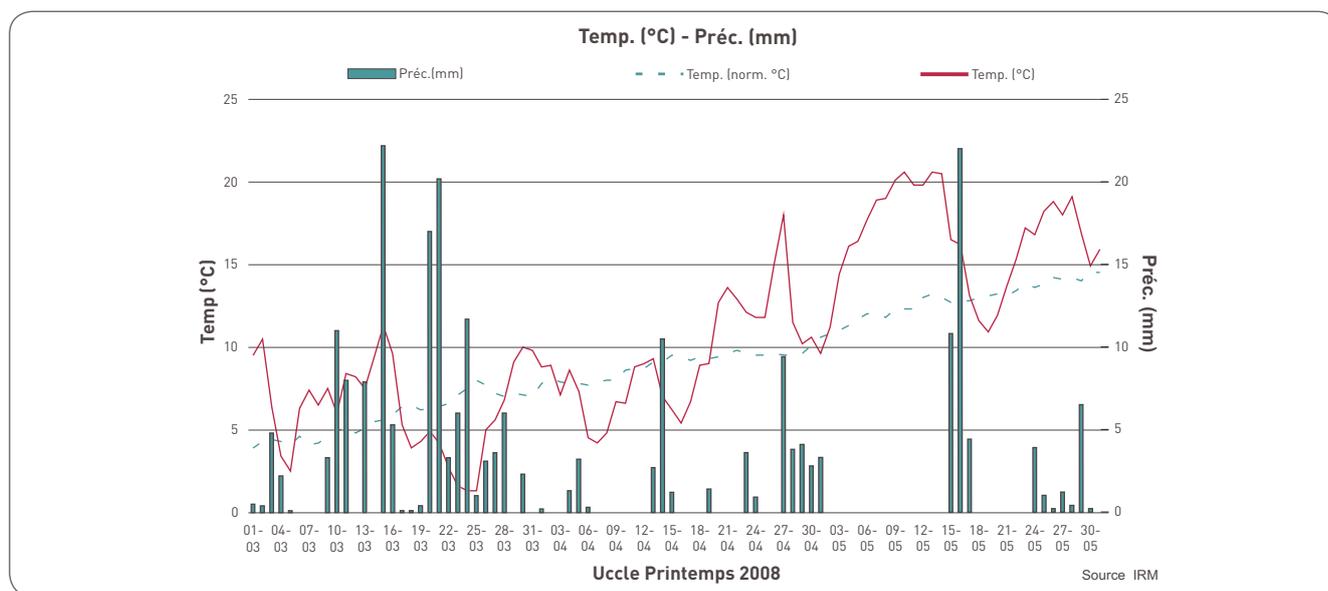
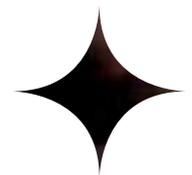


Figure 8.3 : Évolution des températures et des quantités de précipitations journalières à Uccle au cours du printemps 2008 (mars à mai).



**L'été** (juin à août, cf. figure 8.4) n'a présenté aucune anomalie particulière des paramètres climatologiques. Même si l'ensoleillement est déficitaire avec 504,5 h de soleil (comparé à une normale de 567,9 h), cette valeur reste tout juste "normale" : il aurait fallu 2,5 h de soleil en moins pour que le cumul saisonnier puisse être qualifié d'"anormal". C'est le mois d'août qui est principalement à l'origine de ce déficit, bien que juin et juillet furent également déficitaires. La quantité de précipitations et la fréquence des jours de précipitations estivales furent excédentaires, tout en restant également normales, avec respectivement 261,1 mm d'eau récoltée en 56 jours, alors que les normales s'élèvent à 210,4 mm en 46 jours. Avec 17,2°C, la température moyenne ne fut excédentaire que de 0,2°C par rapport à la valeur normale saisonnière.

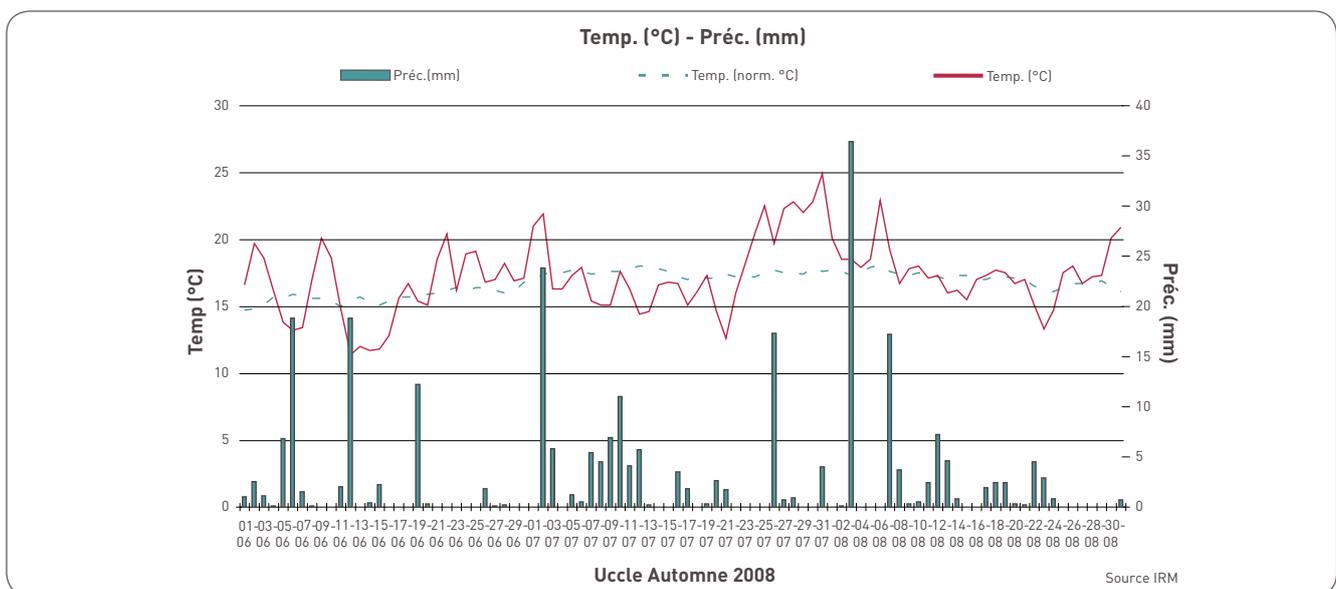


Figure 8.4 : Évolution des températures et des quantités de précipitations journalières à Uccle au cours de l'été 2008 (juin à août).

**L'automne** (septembre à novembre, cf. figure 8.5) fut également climatologiquement relativement normal. Malgré un déficit d'insolation au cours du mois de novembre, le total des heures d'ensoleillement est cependant globalement excédentaire, mais il est resté normal pour cette saison. Le plus remarquable fut la fréquence des jours de précipitations du mois de novembre : la valeur de 26 jours est une valeur exceptionnellement élevée.

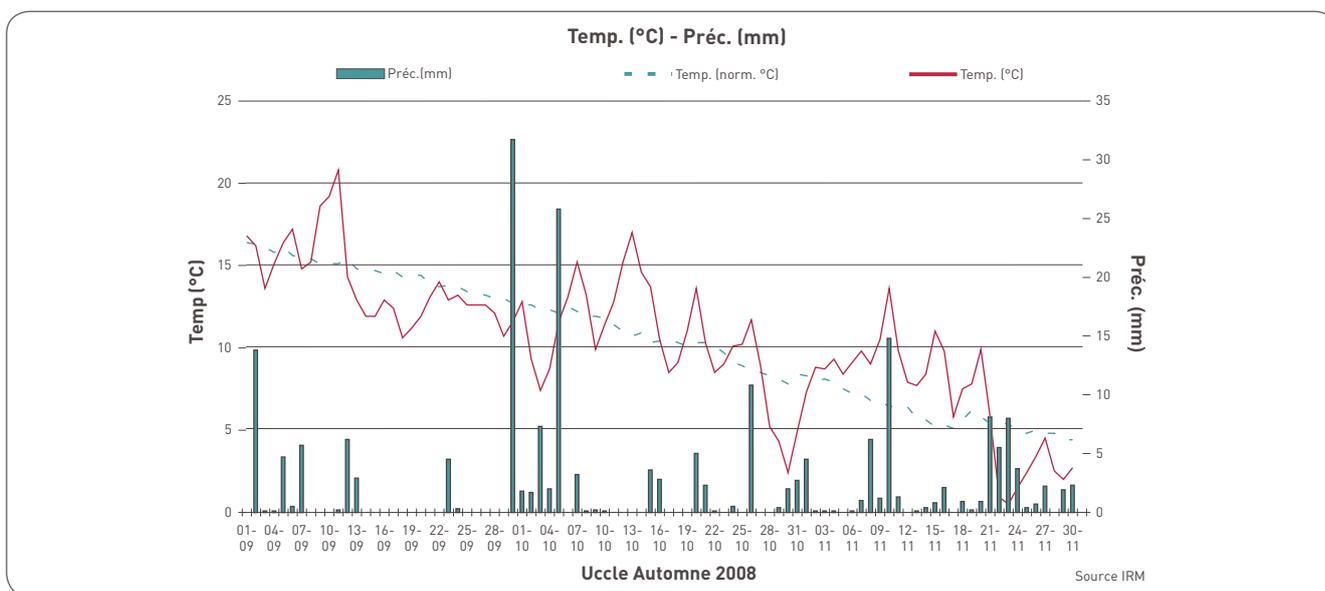
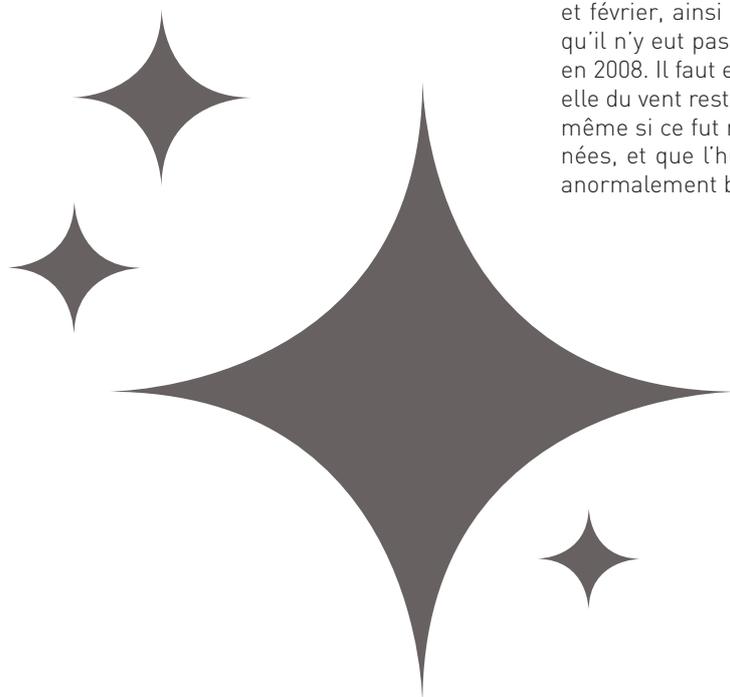


Figure 8.5 : Evolution des températures et des quantités de précipitations journalières à Uccle au cours de l'automne 2008 (septembre à novembre).

**Pour Uccle**, les courbes en rose sur les *figures 8.6 à 8.9* donnent respectivement les valeurs mensuelles en 2008 de la température moyenne, de la durée d'insolation, du total des précipitations et du nombre de jours de précipitations. Les figures reprennent également les valeurs mensuelles normales (courbes en rouge), ainsi que les valeurs mensuelles extrêmes observées à Bruxelles-Uccle depuis le début des mesures de chaque paramètre (1833 pour la température et les précipitations et 1887 pour la durée d'insolation).

En conclusion, on retiendra que la température moyenne relativement élevée observée en 2008 fut liée à un hiver et un printemps anormalement chauds. Par la suite, cependant, les températures estivales et automnales se rapprochèrent des normales saisonnières, ce qui explique que la valeur de 2008 se situa finalement largement en dessous des records de température de 2007 et 2006. La douceur des mois de janvier et février, ainsi qu'un mois de décembre normal, expliquent qu'il n'y eut pas de journée de gel permanent ("jour d'hiver") en 2008. Il faut encore signaler que la vitesse moyenne annuelle du vent resta très anormalement inférieure à la normale, même si ce fut moins marqué qu'au cours des dernières années, et que l'humidité relative moyenne fut également très anormalement basse.



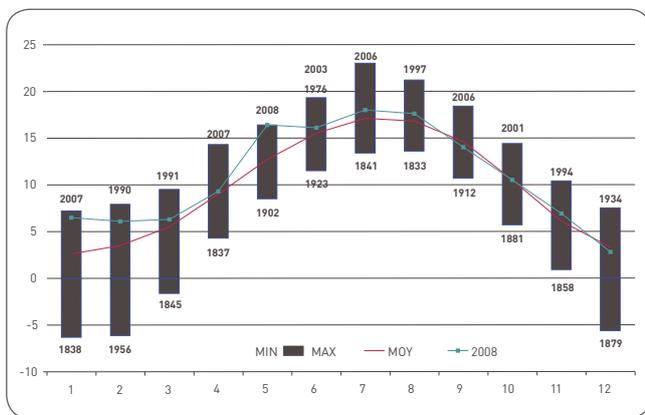


Figure 8.6 : Températures moyennes mensuelles à Uccle (en °C).

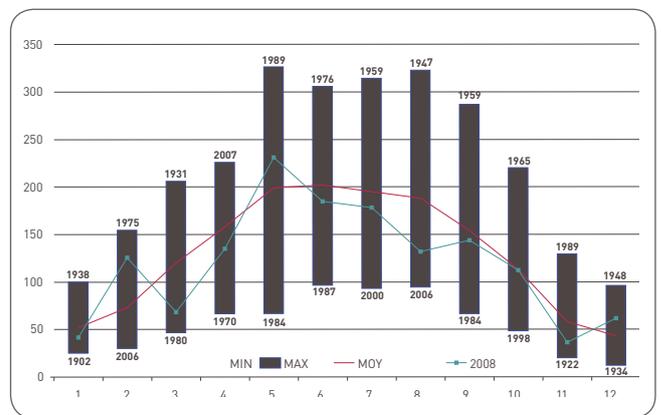


Figure 8.7 : Durées mensuelles d'insolation à Uccle (en heures).

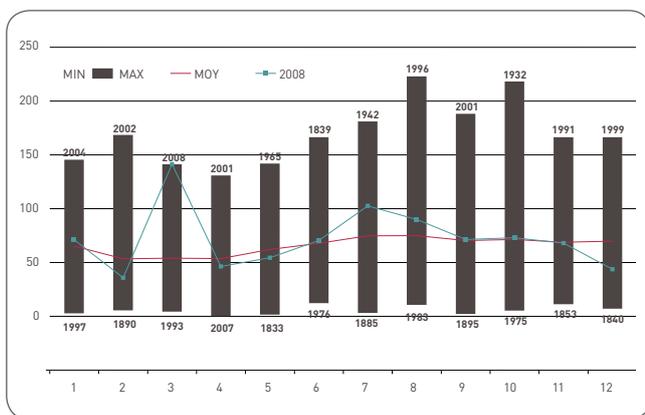


Figure 8.8 : Précipitations mensuelles à Uccle (en mm).

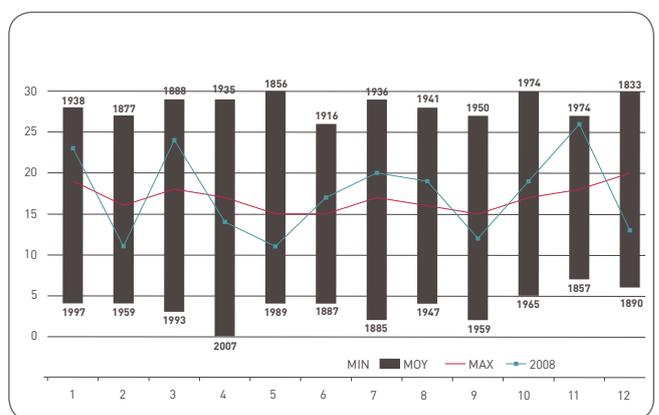


Figure 8.9 : Nombres mensuels de jours de précipitations à Uccle (en jours).

**Tous ensemble**

**9**



## CONSEIL SCIENTIFIQUE, COMMISSION DE GESTION, JURY DE RECRUTEMENT ET DE PROMOTION ET CONSEIL DE DIRECTION DE L'IRM

---

### 1. Conseil scientifique

#### → Président

Prof. Dr. Ch. Bouquegneau

#### → Directeur général de l'IRM, membre d'office

Dr. H. Malcorps

#### → Membres du personnel dirigeant de l'IRM

Dr. D. De Muer  
Dr. A. Joukoff  
Dr. J. Rasson  
Prof. Dr. E. Rouvas - Nicolis

#### → Wetenschappelijke prominenten gekozen buiten het KMI

Prof. Dr. Cl. Buess - Herman  
Prof. Dr. J. Cornelis  
Prof. Dr. H. Dejonghe  
Prof. Dr. Ch. De Mol

### 2. Commission de gestion

#### → Membres bénéficiant du droit de vote

De heer W. De Smet, voorzitter  
Dr. H. Malcorps, ondervoorzitter  
Dr. R. Van der Linden, ondervoorzitter  
Monsieur N. Parmentier, ondervoorzitter  
Monsieur R. Renier, attaché  
Monsieur Burggraaf D. Frimout  
Monsieur P. Debouverie  
Monsieur M. Praet  
Monsieur T. Mary

### 3. Jury de recrutement et de promotion

#### → Président

Monsieur L. Grauls

#### → Chef de l'institution, membre d'office

Dr. H. Malcorps

#### → Éminents scientifiques choisis en dehors de l'IRM

Prof. Dr. Ir F. Ronday  
Prof. Dr. J. Paredaens  
Prof. Dr. G. Schayes

### 4. Conseil de Direction

#### → Directeur général de l'IRM, membre d'office

Dr. H. Malcorps

#### → Membres du personnel de cadre de l'IRM

Dr. S. Dewitte  
Dr. J. Rasson  
Prof. Dr. C. Rouvas - Nicolis  
Dr. P. Termonia  
Dr. Ch. Tricot

#### → Secrétaire

Madame E. Honnay

**Publications scientifiques  
et Conférences**

---

**10**



## PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES ET CONFÉRENCES

### 1. Publications avec comité de lecture

- Bertrand C., L. Gonzalez, A. Ipe, N. Clerbaux, S. Dewitte (2008)** : *Improvement in the GERB short wave flux estimations over snow covered surfaces*, *Advances in Space Research*, 41(7), 1894 - 1905.
- Carrassi, A., M. Ghil, A. Trevisan and F. Uboldi, 2008** : *Data assimilation as a nonlinear dynamical system problem : Stability and convergence of the prediction - assimilation system*. *Chaos*, 18, 023112.
- Carrassi, A., A. Trevisan, L. Descamps, O. Talagrand and F. Uboldi, 2008** : *Controlling instabilities along a 3DVar analysis cycle by assimilating in the unstable subspace : a comparison with the EnKF*. *Nonlinear Processes in Geophysics*, 15, 503 - 521.
- Carrassi A, S. Vannitsem et C. Nicolis, Model error and sequential data assimilation : A deterministic formulation**. *Quart. J. Roy. Met. Soc.*, 134, 1297 - 1313, 2008.
- Clerbaux N., J.E. Russell, S. Dewitte, C. Bertrand, D. Caprion, B. De Paepe, L. Gonzalez Sotelino, A. Ipe, R. Bantges, H.E. Brindley (2009)** : *Comparison of GERB instantaneous radiance and flux products 2 with CERES Edition - 2 data*, *Remote Sensing of Environment*, 113, 102 - 114.
- Clerbaux N., Dewitte S., Bertrand C., Caprion D., De Paepe B., Gonzalez L., Ipe A., Russell J.E. and Brindley H. (2008)** : *Unfiltering of the Geostationary Earth Radiation Budget (GERB) Data. Part I : Shortwave Radiation*, *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 25(7), 1087 - 1105.
- Clerbaux N., Dewitte S., Bertrand C., Caprion D., De Paepe B., Gonzalez L., Ipe A. and Russell J.E. (2008)** : *Unfiltering of the Geostationary Earth Radiation Budget (GERB) Data. Part II : Longwave Radiation*, *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 25(7), 1106 - 1117.
- De Marco, E., Spassov, S., Kondopoulou, D., Zananiri, I. & Gerofoka, H.**, *Archaeomagnetic study and dating of a Hellenistic site in Katerini (Macedonia, N - Greece)*, *Physics and Chemistry of the Earth*, 33, 481 - 495, 2008.
- De Paepe B., A. Ignatov, A. Ipe, S. Dewitte (2008)** : *Aerosol retrieval over ocean from SEVIRI for the use in GERB's Earth radiation budget analysis*, *Remote Sensing of Environment*, 112, 2455 - 2468.
- Crewell S, Mech M., Reinhardt T., Selbach C., Betz H. - D., Brocard E., Dick G., O'Connor E., Fischer J., Hanisch T., Hauf T., Hünerbein A., Delobbe L., Mathes A., Peters G., Wernli H., Wiegner M. and Wulfmeyer V., 2008**. *The general observation period 2007 within the priority program on quantitative precipitation forecasting : Concept and first result*. *Meteorol. Z.*, 17, 849 - 866.
- Dewitte S., Gonzalez L., Clerbaux N., Ipe A., Bertrand C., De Paepe B. (2008)** : *The Geostationary Earth Radiation Budget Edition 1 data processing algorithms*, *Advances in Space Research*, 41(11), 1906 - 1913.
- Delclocq A., De Backer H.**, *Five day 3D backward trajectories clusters and trends analysis for the Uccle ozone sounding time series in the troposphere (1969 - 2001)*, *Atm Env*, 42, 4419 - 4432, doi :10.1016/j.atmosenv.2008.01.72, 2008.
- Demarée G.R. & Ogilvie A.E.J. (2008)** *The Moravian missionaries at the Labrador coast and their centuries - long contribution to instrumental meteorological observations*. *Climatic Change*, 91, p. 423 - 450.
- Goudenhoofdt, E., Delobbe, L.** : *Evaluation of radar - gauge merging methods for quantitative precipitation estimates*, *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.*, 5, 2975 - 3003, 2008.
- Hamdi R., Masson V., Inclusion of a drag approach in the Town Energy Balance (TEB) Scheme : Offline 1 - D validation in a street canyon**. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 47, 2627 - 2644, 2008.
- Hamdi R., Schayes G.**, *Sensitivity study of the urban heat island intensity to urban characteristics*. *International Journal of Climatology*, 28, 973 - 982, 2008.
- Jordanova, D., Hus, J., Evlogiev, J. & Geeraerts, R.**, *Palaeomagnetism of the loess/palaeosol sequence in Viatovo (NE Bulgaria) in the Danube basin*, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 167, 71 - 83, 2008.
- Krämer, M., Schiller C., Afchine A., Bauer R., Gensch I., Mangold A., Schlicht S., Spelten N., Sitnikov N., Borrmann S., de Reus M. and Spichtinger P.**, *Ice supersaturations and cirrus cloud crystal numbers*, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 8, 21089 - 21128, 2008.
- Lejeune S., Warnant R. (2008)** *A novel method for the quantitative assessment of the ionosphere effect on high accuracy GNSS applications which require ambiguity resolution*. *J. of Atmospheric and Solar - Terrestrial Physics*, Vol. 70, pp. 889 - 900, doi :10.1016/j.jastp.2007.01.009.
- Nicolis C., Nicolis G.** *Irreversible thermodynamics of multistep transitions*, *Phys. Rev E* 77, 05110 - 1 - 1 - 8, 2008.
- Nicolis, G., Balakrishnan V., Nicolis C.** *Probabilistic aspects of extreme events generated by periodic and quasiperiodic deterministic dynamics*. *Stochastics and Dynamics*, 8, 115 - 125, 2008.
- Nicolis G., Nicolis C.** *Extreme events in bimodal systems*. *Phys. Rev. E* 78, 036222 - 1 - 6, 2008.
- Reyniers, M., 2008**. *Quantitative Precipitation Forecasts based on radar observations : principles, algorithms and operational systems*. Wetenschappelijke en Technische publicatie nr. 52, Koninklijk Meteorologisch Instituut van België
- Solberg, Sverre, Ø. Hov, A. Søvde, I. Isaksen, P. Coddeville, H. De Backer, C. Forster, Y. Orsolini and K. Uhse**, *European surface ozone in the extreme summer 2003*, *J. Geophys. Res.*, 113 D07307, 2008. Doi :10.1029/2007JD009098 <http://www.agu.org/journals/jd/jd0807/2007JD009098/2007JD009098.pdf>
- Spassov, S., Hus, J., Geeraerts, R. & Heller, F.**, *Archaeomagnetic dating of a High Middle Age likely Iron Working Site in*

Corroy-le-Grand (Belgium), Physics and Chemistry of the Earth, 33, 544 - 556, 2008.

**Spits J., Warnant R. (2008)** Total Electron Content monitoring using triple frequency GNSS data : a three - step approach. J. of Atmospheric and Solar - Terrestrial Physics, Vol. 70, pp. 1885 - 1893, doi :10.1016/j.jastp.2008.03.007.

**Termonia P., Voitus F., 2008** : Externalizing the lateral - boundary conditions from the dynamic core in semi - implicit semi - Lagrangian models. Tellus A60, 632 - 648.

**Termonia P., 2008** : Scale - Selective Digital Filtering Initialization. Mon. Wea. Rev., 136, 5246 - 5255

**Van der Putten, N., Hébrard, J. - P., Verbruggen, C., Van de Vijver, B., Disnar, J. - R., Spassov, S., de Beaulieu, J. - L., De Dapper, M., Keravis, D., Hus, J., Thouveny, N. & Frenot, Y.,** An integrated palaeoenvironmental investigation of a 6200 year old peat sequence from Île de la Possession, Îles Crozet, sub - Antarctica, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 270, 179 - 195, 2008.

**Vanderstraeten P., Lénelle Y., Meurrens A., Carati D., Brenig L., Delcloo A., Offer Z.Y. and Zaady E.,** Dust Storm Originate from Sahara Covering Western Europe ; a case study, *Atmospheric Environment*, 2008, doi :10.1016/j.atmosenv.2008.02.063.

**Vannitsem S., Nicolis C.,** Dynamical properties of Model Output Statistics forecasts. Mon. Wea. Rev., 136, 405 - 419, 2008.

**Vannitsem S.,** Dynamical properties of MOS forecasts : Analysis of the ECMWF operational forecasting system. *Weather and Forecasting*, 23, 1032 - 1043, 2008.

## 2. Proceedings

**Baklanov A., Clappier A., Mestayer P., Zilinkevich S., Joffre S., Mahura A., Petersen C., Fay B., Hamdi R.,** Strategy for Urbanization of Different Types of Models. Exeter Workshop. / COST728 publication / 2008.

**Bidaine B., Warnant R. (2008)** Towards an improved single frequency ionospheric correction : focus on mid - latitudes. *Proceedings of the 4th ESA Workshop on Satellite Navigation User Equipment Technologies NAVITEC 2008 (CD - ROM)*, Noordwijk, Netherlands, 10 - 12 december 2008.

**Boukhris O., Willems P., Baguis P., Roulin E., 2008.** Rainfall and evapotranspiration climate change scenarios for impact analysis on hydrological extremes in Belgium. In *Proceedings of the International Conference on "Water Resource systems management under extreme conditions"*, 4 - 5 juni 2008, Moskou, Rusland, SIBICO International Ltd., 517 - 522.

**Delobbe L., Goudenhoofd E., and Mohyont B., 2008.** Improvement of quantitative precipitation estimates in Belgium. In *Proceedings of the Fifth European Conference on Radar in Meteorology and Hydrology (ERAD 2008)*, Helsinki, Finland.

**Delobbe L., Bastin G., Dierickx P., Goudenhoofd E., Leclercq G., Moens L., and Thunus M., 2008.** Evaluation of several radar - gauge merging techniques for operational use in the Walloon region of Belgium. In *Proceedings of the International Symposium on Weather Radar and Hydrology*, Grenoble, Frankrijk.

**Demarée G., Nordli Ø., Malaquias I., Gonzalez Lopo D. (2007)** *Volcano Eruptions, Earth - & Seaquakes, Dry Fogs, vs. Aristotle's Meteorologica and the Bible in the Framework of the Eighteenth Century Science History.* Bull. Séanc. Acad. R. Sci. Outre - Mer - Meded. Zitt. K. Acad. Overzeese Wet., 53(3), p. 337 - 359.

**Demarée, G.R. and Curnel, Y. (2008)** *Plant Phenology in Belgium.* In : The history and current status of plant phenology in Europe. COST Action 725, p. 29 - 33.

**Gellens - Meulenberghs F., Arboleda A., Ghilain N.,** Evapotranspiration by LSA - SAF : methodology, status of validation and plans for the near future. *Proceedings of the 2008 EUMETSAT meteorological satellite data user's conference*, Darmstadt, Duitsland, 8 - 12 september, 8 pp.

**Ghilain N., Arboleda A., Gellens - Meulenberghs F.,** Improvement of a surface energy balance model by the use of MSG - SEVIRI derived vegetation parameters. *Proceedings of the 2008 EUMETSAT meteorological satellite data user's conference*, Darmstadt, Duitsland, 8 - 12 september, 7 pp.

**Grimmond C.S.B., Best M., Barlow J. and Baik J - J., Belcher S., Bruse M., Calmet I., Chen F., Clark P., Dandou A., Erell E., Fortuniak K., Hamdi R., Kanda M., Kawai T., Kondo H., Krayenhoff S., Lee S.H., Limor S.B., Martilli A., Masson V., Miao S., Mills G., Moriwaki R., Oleson K., Porson A., Sievers U., Tombrou M., Voogt J., Williamson T.,** Urban surface energy balance models : model characteristics and methodology for a comparison study. Exeter Workshop. / COST728 publication / 2008.

**Hazenbergh P., Leijnse H., Uijlenhoet R., Delobbe L., 2008.** Hydrological modeling of the Ourthe catchment using both radar and raingauge data. In *Proceedings of the International Symposium on Weather Radar and Hydrology*, Grenoble, Frankrijk.

**Holleman, I., Delobbe L. and Zgonc A., 2008.** The European Weather Radar Network (OPERA) : An Opportunity for hydrology. In *Proceedings of the International Symposium on Weather Radar and Hydrology*, Grenoble, Frankrijk.

**Koch E., Demarée G., Lipa W., Zach S. and Zimmermann K. (2008)** History of international phenological networks. In : The history and current status of plant phenology in Europe. COST Action 725, p. 12 - 16. Leclercq, G., Bastin G., Moens L., Delobbe L., Dierickx P. and Thunus M., 2008. Using weather radar measurements for real - time river flow forecasting. In *Proceedings of the International Symposium on Weather Radar and Hydrology*, Grenoble, Frankrijk.

**Mohyont B. and Delobbe L., 2008.** Is the variogram a good tool for assessing the spatial variability of vertical profiles of reflectivity? In *Proceedings of the International Symposium on Weather Radar and Hydrology*, Grenoble, Frankrijk.

**Stankov S., Warnant R. (2008)** Ionospheric slab thickness : analysis and monitoring applications. *Proceedings of the 12th International Ionospheric Effects Symposium (IES2008)*, 13 - 15 mei 2008, Alexandria, USA, pp. 159 - 164.

**Van de Vyver H., Roulin E., 2008.** Belgian contribution to the validation of the precipitation products : methodology developed and preliminary results. *Proceedings of the 2008 EUMETSAT*

Meteorological Satellite Conference, Darmstadt, Duitsland, 8 - 12 september 2008, 8 pp.

**Van de Vyver H., Roulin E.** : *Belgian contribution to the validation of the precipitation products of the Hydrology-SAF : methodology developed and preliminary results.* Proceedings of the 2008 EUMETSAT Meteorological Satellite Conference, Darmstadt, Duitsland, 8 - 12 september 2008.

### 3. Rapports internes et techniques

**Benedetti, A., Morcrette J. - J., Boucher O., Dethof A., Engelen R., Fisher M., Flentje H., Huneeus N., Jones L., Kaiser J., Kinne S., Mangold A., Razingier M., Simmons A., Suttie M. and the GEMS - AER team, 2008** : *Aerosol analysis and forecast in the ECMWF integrated forecast system : Data assimilation*, Technical report, ECMWF Technical Memorandum No. 571.

**Brenot H., Warnant R. (2008)** *Characterization of the tropospheric small - scale activity* Technical Report, WP 250, GALOCAD Project, contract GJU/06/2423/CTR/GALOCAD.

**Demarée, G., Baguis P., Debontridder L., Deckmyn A., Pinnock S., Roulin E., Willems P., Ntegeka V., Kattenberg A., Bakker A., Bessembinder J. et Lenderink G., 2008.** "Berekening van klimaatscenario's voor Vlaanderen". Rapport final pour l'étude d'INBO (Instituut voor Natuur-en Bosonderzoek), 62 pp.

**Demarée, G., Baguis, P., Debontridder, L., Deckmyn, A., Pinnock, S., Roulin, E., Willems, P., Ntegeka, V., Kattenberg, A., Bakker, A., Bessembinder, J., Lenderinck, G., Beersma, J. (2008)** *Berekening van klimaatscenario's voor Vlaanderen*, Rapport final pour l'étude d'INBO (Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek), INBO.FD.2007.5, 60 p., Bijlagen/Annexen, 16 p.

**Ntegeka, V., Willems P., Baguis P., and Roulin E. 2008.** *Climate change impact on hydrological extremes along rivers and urban drainage systems. Phase 1* : Development of climate change scenarios for rainfall and Eto. Report of Phase 1, K.U.Leuven - Hydraulics Section & Royal Meteorological Institute of Belgium, april 2008, 65 pp.

**Warnant R. (2008)**, *Project Office* - Third synthetic report Technical Report, WP 100, GALOCAD Project, contract GJU/06/2423/CTR/GALOCAD.

**Warnant R. (2008)** *Project Office* - Final report Technical Report, WP 100, GALOCAD Project, contract GJU/06/2423/CTR/GALOCAD.

**Warnant R. (2008)** *Constitution of a data set for atmospheric studies.* Technical Report, WP 210, GALOCAD Project, contract GJU/06/2423/CTR/GALOCAD.

**Warnant R., Wautelet G., Spits J., Lejeune S. (2008)** *Characterization of the ionospheric small - scale activity.* Technical Report, WP 220, GALOCAD Project, contract JU/06/2423/CTR/GALOCAD.

**Warnant R., Wautelet G. (2008)** *GALOCAD User Interface*, Technical Report, WP 400, GALOCAD Project, contract GJU/06/2423/CTR/GALOCAD.

**Wautelet G., Lejeune S., Stankov S., Brenot H., Warnant R. (2008)** *Effects of small - scale atmospheric activity on precise positioning.* Technical Report, WP 230, GALOCAD Project, contract GJU/06/2423/CTR/GALOCAD.

### 4. Résumés des conférences et affiches

**Arboleda, A., Ghilain N., Gellens - Meulenberghs, F., LSA - SAF** *evapotranspiration over Europe and Africa : current results and comparisons at different scales.* Oral contribution presented at the EGU assembly, Wenen, 14 - 18 april 2008, summary in Geophysical Research Abstracts (10) EGU2008 - A - 08485, 1 pp.

**Baguis P. and Roulin E., 2008.** *Assessment of RCM climate change scenarios for hydrological impact studies in Belgium.* EGU General Assembly 2008, Session "Hydrological Change : Predicting Variation of Hydrological Behavior" (Geophysical Research Abstracts, Vol. 10, EGU2008 - A - 08847.)

**Carrassi A, Vannitsem S. et Nicolis C.,** *Model error and sequential data assimilation : A deterministic formulation.* EGU General Assembly, Geophysical Research Abstracts, Vol 10, 08413, 2008.

**De Backer H.,** *Time series of daily erythemal UVB doses at Uccle, Belgium, Quadrennial ozone symposium, Tromso, Noorwegen, 29 Juni - 5 Juli 2008.*

**Delcloo A., De Backer H.,** *Validation of GOME - 2 Ozone Profiles for mid - and Nordic latitudes, using balloon sounding data,* EUMETSAT Meteorological Satellite Conference, Darmstadt, Duitsland 8 - 12 september, 2008, EUMETSAT P. 52, ISBN 978 - 92 - 9110 - 082 - 8, ISSN 1011 - 3932.

**Delcloo A., Mangold A. and De Backer H.,** *Evaluation of an experimental 10 day ozone forecast with the CTM Chimere,* Geophysical Research Abstracts, Vol. 10, EGU2008 - A - 11045, 2008, SRef - ID : 1607 - 7962/gra/EGU2008 - A - 11045.

**Mangold, A., De Paepe B., Dewitte S., De Backer H., Cheymol A., Kinne S., Benedetti A. and Mcrette J. - J.,** *Evaluation of the GEMS aerosol model with aerosol data retrieved from SEVIRI onboard MSG - 1 and Brewer spectrophotometers,* EGU assembly, Wenen, Oostenrijk, 13 - 18 april 2008.

**Delcloo A., Nawrot T., De Backer H.,** *Association between daily mortality and the composition of fine particulate matter by the use of the CTM CHIMERE,* EAC conference, Thessaloniki, Griekenland, 24 - 29 augustus 2008.

**Delcloo A., Lemoine R., De Backer H.,** *Validation of GOME2 ozone profiles for mid - and Nordic latitudes, using balloon sounding data,* EUMETSAT meteorological satellite conference, Darmstadt, Duitsland, 8 - 12 september 2008,

**Demarée G., Malaquias I. (2008)** *Aspects of Weather, Science and Religion related to the 1 November 1755 Earthquake of Lisbon.* International Commission on the History of Meteorology (ICHM),

"Weather, Society, and Everyday Life", Rio de Janeiro, Brazilië, 26 - 30 mei 2008, 1 p.

**Demarée G. and Ogilvie A.E. (2008)** *Impacts of Climate and Sea - Ice Changes in Labrador/Nunatsiavut : evidence from Moravian missionary records*. International Arctic Social Sciences Association VI, Nuuk, Kalaallit Nunaat (Groenland), augustus, 2008, 1 p.

**Demarée G. and Ogilvie A.E. (2008)** *What do tell us the Moravian missionaries records about the climate of Labrador/Nunatsiavut since the 1770s*. Workshop on Boreal Histories, Environments and Narratives : The Making and the Uses of Knowledge. Reykholth, IJsland, oktober 2008, 1 p.

**Demarée, G.R. (2008)** *The phenological observations and net-working of Adolphe Quetelet at the Royal Observatory of Brussels*. COST 725, WG1 Workshop "Benefit of old phenodata series - Evaluation and declaring Ability", Rome, Italië, 6 - 7 november 2008, 1 p.

**Garcia de Cortazar - Atauri, I., Chuine, I., Daux, V., Garnier, E., Viovy, N., Seguin, B., Parker, A., Van Leeuwen, K., Tardaguila, J., Bousicot, J.M., Demarée, G. & Yiou, P. (2008)** *Climate re-construction of Europe during the last millenium*. EMS8/ ECAC7 Abstracts, Vol. 5, EMS2008 - A - 00000, 2008, Amsterdam, 1 p.

**Gellens - Meulenberghs, F., Ghilain, N., Arboleda, A., Hasenauer, S., Wagner, W.**, *A combination of land surface modeling and remote sensing : synergy between LSA - SAF and H - SAF for soil moisture retrieval*. Oral contribution presented at the EGU assembly, Wenen, 14 - 18 april 2008, summary in Geophysical Research Abstracts (10) EGU2008 - A - 04077, 2 pp.

**Gellens - Meulenberghs, F., Ghilain, N., Arboleda, A., de Crane, F.**, *Evapotranspiration and soil moisture modeling by using meteorological satellites data - research status at RMI, Belgium*. Oral contribution presented at the first Luxembourg Earth Observation (LEO) day, Bourglinster, Luxemburg, 19 november 2008, summary in Remote Sensing Applications in Hydrology, 5 - 6.

**Hus, J., Spassov, S., Heller, F., Evans, M.E., Yue, L., and von Dobeneck, T.**, *The Upper Olduvai boundary recorded in Chinese loess at Lingtai : Evidence for transitional geomagnetic field behaviour or delayed remanence acquisition?* Fall Meeting of the American Geophysical Union, San Francisco, Verenigde Staten, van 15 tot 19 december 2008. [poster No GP51B - 0763]

**Mangold, A., Cheymol, A., De Backer H., Hermans C., Cafmeyer J., Maenhaut W. and Mocrette J. - J.**, *Linking aerosol optical depth from the NIR to the UV - B with aerosol composition*, EAC conference, Thessaloniki, Griekenland, 24 - 29 augustus 2008.

**Schnadt Poberaj Ch., Stähelin J., Brunner D., Thouret V., Steinbrecht W., Stübi R., De Backer H., Long - term ozone changes (1975 - 2001) in the northern hemisphere UT/LS using measurements from regular aircraft and ozonsondes**, Quadrennial ozone symposium, Tromso, Noorwegen, 29 Juni - 5 Juli 2008.

**Smit H., De Backer H., Braathen G., Claude H., Davies J., Deshler T., Johnson B., Kyro E., Kivi R., Oltmans S., Sasaki T., Schmidlin F., Staehelin J., Stubi R., Tarasick D., Thompson A., Viatte P., Witte J.**, *Assessment of the performance of ECC - ozone sondes and the need for standardization of operating procedures*, EGU assembly, Wenen, Oostenrijk, 13 - 18 april 2008.

**Smit H., De Backer H., Braathen G., Claude H., Davies J., Deshler T., Johnson B., Kyro E., Kivi R., Oltmans S., Sasaki T., Schmidlin F., Staehelin J., Stubi R., Tarasick D., Thompson A., Viatte P., Witte J.**, *Assessment of the performance of ECC - ozone sondes : Improvements through standardization of operating procedures*, Quadrennial ozone symposium, Tromso, Noorwegen, 29 juni - 5 juli 2008.

**Spassov, S., Hus, J., Geeraerts, R., and Vannitsem, S.**, *Palaeointensity determination and error assessment using the linear field dependence of partial thermoremanent magnetisation : Application to baked archaeological materials*, New Trends in Paleo, Rock and Environmental Magnetism, 11th biennial Castle Meeting, Bojnice, Slowakije, van 22 tot 28 juni 2008.

**Spassov, S., Kondopoulou, D., Valet, J. - P., Casas, L., Zananiri, I., Le Goff, M., and Hus, J.**, *Rock magnetic properties and palaeointensity determinations on Santorini historical lava flows*, Fall Meeting of the American Geophysical Union, San Francisco, Verenigde Staten, van 15 tot 19 december 2008 (conference No GP43C - 08).

**Van de Vyver H., Roulin E., 2008.** *Belgian contribution to the validation of the precipitation products : methodology developed and preliminary results*. Proceedings of the 2008 EUMETSAT Meteorological Satellite Conference, Darmstadt, Duitsland, 8 - 12 september 2008.

**Van Malderen R., De Backer H.**, *Trend analysis of the radiosonde relative humidity measurements at Uccle, Belgium*, Geophysical Research Abstracts, Vol. 10, EGU2008 - A - 02676, 2008, SRef - ID : 1607 - 7962 / gra / EGU2008 - A - 02676

**Vannitsem S.**, *Dynamical properties of MOS forecasts. Analysis of the ECMWF operational forecasting system*. EGU General Assembly, Geophysical Research Abstracts, Vol 10, 02702, 2008.

**Von der Gathen, P., Rex M., Deckelmann H., Harris N.R.P., Reimer E., Grunow K., Vik A., Allaart M., Andersen S., Eriksen P., Araujo J., Claude H., David C., Godin - Beekmann S., Davies J., Fast H., De Backer H., Deshler T., Mercer J., Dier H., Dorokhov V., Yushov V., Gerding M., Johnson B., Keckhut P., Marchand M., Kleckociuk A., Kivi R., Kyrö E., Kois B., Zablocki G., Moore D., Nakajima H., Ymamanouchi T., Parrondo C., Yela M., Sato K., Skrivankova P., Stübi R., Viatte P.**, *Bipolar ozone loss rates measured by ozonsonde Match campaigns during IPY*, Quadrennial ozone symposium, Tromso, Noorwegen, 29 juni - 5 juli 2008.

## 5. Conférences et affiches sans résumé

**Baguis P.** "CCI - HYDR project : climate change estimation over Belgium from Regional Climate Models". Seminar in het KMI van 1 oktober 2008.

**Bidaine B., Warnant R. (2008)**, *Modelling the ionosphere over Europe : Investigation of NeQuick formulation*. Presented at 5th European Space Weather Week, Brussels, Belgium, 17 - 21 november 2008.

**Brenot H., Lejeune S., Warnant R. (2008)** *Detection of small - scale structures in the neutral atmosphere using double differences of GNSS measurements*. Presented at EGU General Assembly, 13 - 18 april 2008, Wenen, Oostenrijk.

**Carrassi A., Vannitsem S. and Nicolis C., 2008** : *Model error and sequential data assimilation. A deterministic formulation.* WWRP/THORPEX Workshop on 4D - Var and Ensemble Kalman Filter Inter - Comparison. 10 - 13 november. Buenos Aires (Argentinië). Poster Presentation

**Carrassi A., Model Error and Sequential Data Assimilation. A Deterministic Formulation.** 21 augustus 2008. Cooperative Institute for Research in the Atmosphere, Colorado State University. Fort Collins. Verenigde Staten.

**Clémer, K., Hermans C., De Mazière M., Brenot H., De Backer H., Van Malderen R., and Fally S.,** *Intercomparison of IWV measurements from radiosonde, sunphotometer, FTIR and GPS instruments at Uccle*, SPARC General Assembly, Bologna, Italië, 31 augustus - 5 september 2008

**De Backer H.,** *Time series of daily erythemal UVB doses at Uccle Belgium*, Quadrennial Ozone Symposium, Tromso, 30 juni - 5 juli 2008. ftp : / / ftp.kmi.be / dist / meteo / hugo / posters / 20080630tromso\_hdb.pdf

**Delcloo A., De Backer H.,** *Validation of GOME - 2 Ozone Profiles for mid - and Nordic latitudes, using balloon sounding data*, EUMETSAT Meteorological Satellite conference, 8 - 12 september, 2008, Darmstadt, Duitsland.

**Delcloo A., Nawrot T., Jacobs L., De Backer H.,** *Association between daily mortality and the composition of fine particulate matter by the use of the CTM CHIMERE*, European Aerosol Conference, 24 - 29 augustus 2008, Thessaloniki - Griekenland.

**Delcloo A. and De Backer H.,** *Validation of different levels of the CTM CHIMERE with ECC - ozone sondes for the summer of 1997 at Uccle*, Tromso, Noorwegen, 30 juni - 5 juli 2008.

**Demarée, G. & Willems, P. (2008)** Berekening van Klimaatscenario's voor Vlaanderen, Project INBO.2007.5, Voorstelling aanvangsverlag, INBO, Brussel, 1 februari 2008.

**Demarée, G. (2008)** *Klimaatreconstructie aan de hand van historische documenten - Geschiedenis van het Koninklijk Meteorologisch Instituut van België.* Lecture pour quelques sections du NEOS (NETwerk van Ondernemende Senioren).

**Gellens - Meulenberghs, F., Ghilain, N. and Arboleda, A.,** *The LSA - SAF evapotranspiration : current results and next steps*, oral contribution presented at the 3rd LSA - SAF Workshop held in Lisbon, 4 - 6 juni 2008.

**Gerard L.,** *Advances in 3MT.* presentation at the joint 18th Aladin Workshop and HIRLAM all staff meeting 2008, Brussel, 7 - 10 april 2008. <http://www.cnrm.meteo.fr/aladin/spip.php?action=autoriser&arg=947>

**Gerard L.,** *Ensuring consistency of operational NWP cloud and precipitation forecasts at various resolutions.* Presentation at the plenary session of the 4th PAN - GCSS meeting on "Advances in modeling and observing clouds and convection", Toulouse, juni 2008. [http://www.knmi.nl/~siebesma/PAN-GCSS/PRESENTATIONS/pangcss\\_gerard.pdf](http://www.knmi.nl/~siebesma/PAN-GCSS/PRESENTATIONS/pangcss_gerard.pdf) Poster also presented at 29th EWGLAM meeting in Madrid, oktober 2008.

**Ghilain, N.,** *Validation of a distributed energy balance model (Land SAF evapotranspiration) through comparison with various measuring techniques and models*, RMI 2008 conferences, 3 december 2008, Brussel.

**Hamdi R. :** *Including atmospheric layer in vegetation and urban offline surface scheme : Validation with the new surface scheme SURFEX.* Presentatie op 14 mei 2008, in het KMI (België).

**Hamdi R. :** *Offline version of SURFEX : a tool to improve winter 2m temperature.* Poster voorgesteld op "18th ALADIN Workshop and HIRLAM All Staff Meeting", Brussel (België), 7 - 10 april. <http://www.cnrm.meteo.fr/aladin/spip.php?article141>

**Hamdi R. :** *Surface assimilation : status and plan.* Présentation au "The 2nd AROME training course", Lisbon (Portugal), 4 - 7 maart. <http://www.cnrm.meteo.fr/gmapdoc/spip.php?article183>

**Hamdi R. :** *Urban effects : from local regional scale to global environmental change.* Presentatie op 31 juli op de "Hungarian Meteorological Service" in Budapest (Hongarije).

**Korepanov V., Marusenkov A., Rasson J.,** *A candidate for a new INTERMAGNET standard 1 - second variometer : key features and tests results*, IAGA workshop on Geomagnetic Observatories, Golden/Boulder, Verenigde Staten, juni 2008

**Kunches J., Terkildsen M., Stanislawski I., Dabas R., Van der Linden R., Warnant R. (2008)** *Ionospheric Products and Services from the Regional Warning Centers of the International Space Environment Service (ISES) for GNSS Users.* Presented at 3rd International Committee on GNSS, Pasadena, California, 8 - 12 december 2008.

**Mangold, A., De Paepe, B., Dewitte, S., De Backer, H., Cheymol, A., Kinne, S., Benedetti, A., Morcrette, J. - J.,** *Evaluation of the GEMS aerosol model with aerosol data retrieved from SEVIRI onboard MSG - 1 and Brewer spectrophotometers*, Geophysical Research Abstracts, Vol. 10, 03896, EGU General Assembly 2008, 13 - 18 april 2008, Wenen.

**Masson V., Hamdi R., Seity Y.,** *How to model the surface boundary layer and/or canopy processes.* Presentatie op de "30th EWGLAM and 15th SRNWP meetings", Madrid (Spanje), 6 - 9 oktober.

**Rasson, J. L.,** *Testing the time - stamp accuracy of a digital variometer and its data logger*, IAGA workshop on Geomagnetic Observatories, Golden/Boulder, Verenigde Staten, juni 2008

**Riddick J. C., Rasson J. L., Turbitt C. W., Flower S. M.,** *INDIGO Digital Observatory Project, 2004 - 2008*, IAGA workshop on Geomagnetic Observatories, Golden/Boulder, Verenigde Staten, juni 2008

**Rasson J.L., van Loo S., Berrami N.,** *Automatic DIFlux Measurements with AUTODIF*, IAGA workshop on Geomagnetic Observatories, Golden/Boulder, Verenigde Staten, juni 2008

**Rasson, J. L.,** *Absolute Measurement of the Geomagnetic Field Orientation in Space*, International scientific conference on Magnetism - Geomagnetism - Biomagnetism MGB, Higher Education Centre Sezana, Slovenië, 7 en 8 november 2008

**Rasson, J. L.,** *General introduction to the workshop "Measuring geophysical parameters in Africa"*, 29th GA of the ICSU, Maputo, Mozambique, 14 oktober 2008

**Rasson, J. L., Nhatsave A.**, *Practical applications of geomagnetism products and services in Africa*, 29th GA of the ICSU, Maputo, Mozambique, 14 oktober 2008, Rasson, J. L., *Geomagnetism for Aeronautics*, SUPARCO headquarters, Karachi, Pakistan, 21 juli 2008

**Spits J., Warnant R. (2008)**, *Total Electron Content monitoring using triple frequency GNSS data : a three - step approach*, Presented at 37th COSPAR Scientific Assembly, Montreal, Canada, 13 - 20 juli 2008.

**Spits J., Warnant R. (2008)** *Total Electron Content monitoring using triple frequency GNSS data : a three - step approach*, Presented at 5th European Space Weather Week, Brussel, België, 17 - 21 november 2008.

**Van de Vyver H., Roulin E.** : *Belgian contribution to the validation of the precipitation products of the Hydrology - SAF : methodology developed and preliminary results*. 2008 EUMETSAT Meteorological Satellite Conference, Darmstadt, Duitsland, 08 - 12 september 2008.

**Van de Vyver H., Roulin E.** : *Validation of H - 01, H - 02, H - 03, H - 05 products for the period August 2007 - March 2008 in Belgium*, Precipitation Products Calibration/Validation and Hydrological Validation Workshop, Budapest, 16 - 18 april 2008.

**Van Malderen R., De Backer H.**, *Trend analysis of the radiosonde relative humidity measurements at Uccle, Belgium*, SPARC General Assembly, Bologna, Italië, 31 augustus - 5 september 2008

**Vannitsem S.** *Forecast Correction : Role of the initial condition and model errors*. In "Current efforts toward advancing the skill of regional weather prediction. Challenges and Outlook". 8 - 10 oktober 2008, Trieste, Italië.

**Warnant R., Wautelet G., Lejeune S., Brenot H., Spits J., Stankov S., Kutiev I. (2008)**, *Galileo Local Component for the detection of atmospheric threats*. Presented at 5th European Space Weather Week, Brussel, België, 17 - 21 november 2008.

**Wautelet G., Lejeune S., Warnant R. (2008)** *Ionospheric variability which degrades the precision of real time GNSS applications*. Presented at 5th European Space Weather Week, Brussel, België, 17 - 21 november 2008.

**Willems P., Baguis P. & CCI - HYDR team, A. Ducharne, P. Vennot & RExHySS team, T. Verwaest & CLIMAR team).** *"Impact du changement climatique sur les extrêmes hydrologiques et hydrauliques dans les bassins de l'Escaut et de la Seine, et sur le littoral de la Mer du Nord"*, exposé dans le cadre de la "Conférence Eau et changement climatique, 14 - 15 Octobre 2008, Université d'Anvers" (congrès international franco - flamand).

**Zupanski, D., Zupanski M., DeMaria M., Grasso L., Brummer R., Jankov I., Lindsey D., Sengupta M. and Vannitsem S.** *Challenges*

*and benefits of assimilation of the future satellite radiances in cloudy scenes into regional weather forecasting models*. In "Current efforts toward advancing the skill of regional weather prediction. Challenges and Outlook". 8 - 10 oktober 2008, Trieste, Italië.

## 6. Thèses en vue de l'obtention du grade de docteur

**Clerbaux N. (2008)** : *Processing of Geostationary Observations for Earth Radiation Budget Studies*, PhD thesis at Vrije Universiteit Brussel.

## 7. Livres

**Hamdi R., Schayes G.** *The representation of urban areas in air quality models : Validation in the Basel region (Switzerland)*. In: *Air Quality: New Research*, edited by S. A. Lynch and L. K. Moore. ISBN 978-1-60456-792-2. /2008. Nova Science Publishers/, Inc. New York (chapitre dans un livre, sans comité de lecture)



## 8. Avis pour le Fonds des Calamités

Date de l'évènement	* Nature de l'évènement	Province(s) touchée(s)
<b>Janvier 2008</b>		
21 (1 avis)	Tourbillon Grote-Brogel	Limbourg (1 commune)
<b>Février 2008</b>		
05 (1 avis)	Tourbillons Sint-Gillis - Termonde et Lierre et Limbourg	Flandre orientale (1 commune) Anvers (1 commune) Liège (1 commune)
<b>Mars 2008</b>		
01 (2 avis)	Vent fort	Toute la Belgique
<b>Mai 2008</b>		
15 (1 avis)	Orages avec pluies abondantes	Flandre occidentale (9 communes) Flandre orientale (1 commune)
17 (2 avis)	Orages avec pluies abondantes	Flandre occidentale (6 communes) Hainaut (1 commune)
29 (2 avis)	Orages avec pluies abondantes	Liège (32 communes) Limbourg (14 communes) Luxembourg (7 communes)
<b>Juin 2008</b>		
02 (3 avis)	Orages avec pluies abondantes	Brabant flamand (11 communes) Brabant wallon (8 communes) Anvers (9 communes) Flandre occidentale (24 communes) Flandre orientale (7 communes) Hainaut (18 communes) Liège (7 communes) Limbourg (20 communes) Namur (7 communes)
04 (1 avis)	Pluies abondantes	Liège (1 commune)
25 (2 avis)	Orages avec pluies abondantes	Liège (3 communes)
<b>Juillet 2008</b>		
02 (3 avis)	Orages avec pluies abondantes	Brabant flamand (5 communes) Brabant wallon (2 communes) Anvers (4 communes) Flandre orientale (1 commune) Hainaut (4 communes) Liège (30 communes) Luxembourg (9 communes) Namur (3 communes)
10 - 11 (1 avis)	Orages avec pluies abondantes	Liège (2 communes)
27 - 28 (2 avis)	Orages avec pluies abondantes	Anvers (14 communes) Limbourg (1 commune)
<b>Août 2008</b>		
03 - 04 (3 avis)	Orages avec pluies abondantes	Brabant wallon (13 communes) Hainaut (15 communes) Liège (10 communes) Limbourg (1 commune) Brabant flamand (8 communes)
07 (1 avis)	Orages avec pluies abondantes	West - Vlaanderen (19 gemeenten)
<b>Demandes tardives pour 2007 *</b>		
juni - juli 2007 (1 avis)	Orages avec pluies abondantes	West - Vlaanderen (1 gemeente)
20 juli 2007 (1 avis)	Orages avec pluies abondantes	Limburg (1 gemeente)
23 - 24 juli 2007 (1 avis)	Orages avec pluies abondantes	West - Vlaanderen (2 gemeenten)

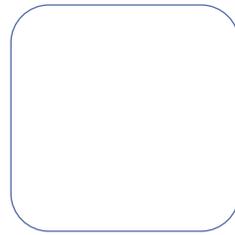
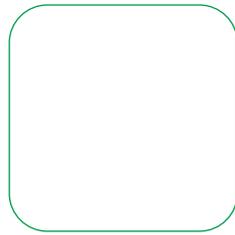
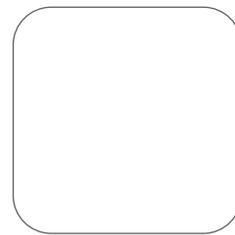
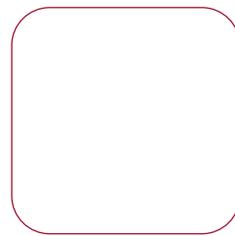
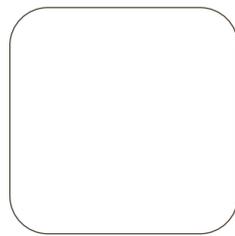
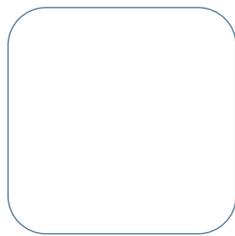
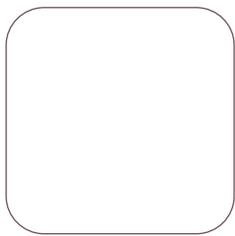
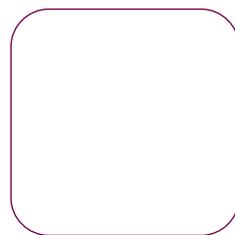
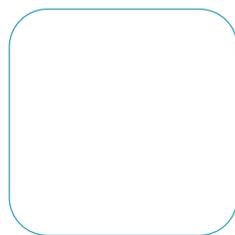
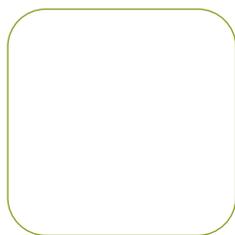
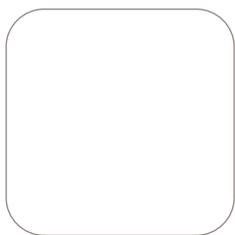
# Liste des acronymes et abréviations

---



## 11. LISTE DES ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS

<b>ACRIM</b> .....	Active Cavity Radiometer Irradiance Monitor SOLAR	<b>H - SAF</b> .....	Satellite Application Facilities on Support to Operational Hydrology and Water Management
<b>AGACC</b> .....	Advanced exploitation of Ground based measurements for atmospheric Chemistry and Climate applications	<b>HSM</b> .....	Hierarchical Storage Manager
<b>ALadin</b> .....	Aire Limitée, Adaptation dynamique, Développement InterNational	<b>IASB</b> .....	Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique
<b>AMSU</b> .....	Advanced Microwave Sounding Unit	<b>IBGE</b> .....	Institut Bruxellois de Gestion de l'Environnement
<b>AOD</b> .....	Aerosol Optical Depth	<b>ICSU</b> .....	International Council for Science
<b>AUTODIF</b> .....	Automatic Declination and Inclination Fluxgate Theodolite	<b>ICWED</b> .....	Informal Conference of Western European Directors
<b>BelAtmos</b> .....	Belgische monitoring van ozon en gerelateerde sporengassen, UV - straling en aerosoldeeltjes ter ondersteuning van de atmosferische chemie en het klimaatonderzoek	<b>INBO</b> .....	Instituut voor Natuur - en Bosonderzoek
<b>BHG</b> .....	Brussel Hoofdstedelijk Gewest	<b>INTERLATAM</b> .....	INTERMAGNET for Latin America
<b>BIM</b> .....	Brussels Instituut voor Milieubeheer	<b>IPCC</b> .....	Intergovernmental Panel on Climate Change
<b>CCI - HYDR</b> .....	Climate Change Impact on HYDRological extremes along rivers and urban drainage systems	<b>LAMA</b> .....	Latin American Magnetometer
<b>CERES</b> .....	Clouds and the Earth's Radiant Energy System	<b>LSA - SAF</b> .....	Land Surface Analysis - Satellite Application Facility
<b>CPG</b> .....	Centre de Physique du Globe de l'IRM	<b>METOP</b> .....	Polar orbiting meteorological satellites
<b>DFI</b> .....	Digital - Filtering Initialisation	<b>MOS</b> .....	Model Output Statistics
<b>DGO</b> .....	Direction générale opérationnelle	<b>MSG</b> .....	Meteosat Second Generation
<b>DIARAD</b> .....	Differential Absolute Radiometer	<b>NASA</b> .....	National Aeronautics and Space Administration
<b>DMFI</b> .....	Digital Magnetic Master File	<b>NIPR</b> .....	National Institute for Polar Research (Japan)
<b>ECMWF</b> .....	European Centre for Medium - Range Weather Forecasts	<b>OCCO</b> .....	Outil de Construction des Cartes Orage
<b>EPS</b> .....	Ensemble Prediction System	<b>PMOD</b> .....	Physikalisches Observatorium Davos
<b>ET</b> .....	European Time	<b>RBC</b> .....	Région de Bruxelles Capitale
<b>EUMETNET</b> .....	European Meteorological Network	<b>RCM</b> .....	Regional Climate Models
<b>EUMETSAT</b> .....	European Meteorological Satellites	<b>RTBF</b> .....	Radio - Télévision belge de la Communauté française
<b>GEMS</b> .....	Global Environment Monitoring System	<b>SAF</b> .....	Satellite Applications Facilities
<b>GERB</b> .....	Geostationary Earth Radiation Budget	<b>SEVIRI</b> .....	Spinning Enhanced Visual and InfraRed Imager
<b>GIEC</b> .....	Groupe Intergouvernemental d'Etude sur le Climat	<b>SMF</b> .....	Société Météorologique de France
<b>GIS</b> .....	Geografisch Informatie Systeem	<b>SOHO</b> .....	Solar and Heliospheric Observatory
<b>GLAMEPS</b> .....	Grand Limited Area Model Ensemble Prediction System	<b>SOVAP</b> .....	SOLar VARIability Picard
<b>GLDAS</b> .....	Global Land Data Assimilation System	<b>SOVIM</b> .....	SOLar Variable and Irradiance Monitor
<b>GOAMS</b> .....	Geomagnetic Observatory automated measurement system	<b>SUPARCO</b> .....	Space and Upper Atmosphere Research Commission
<b>GPS</b> .....	Global Positioning System	<b>TIM</b> .....	Total Irradiance Monitor
<b>HEPDO</b> .....	Hydrological Ensemble Predictions for the Demer and Ourthe	<b>TMAX</b> .....	maximumtemperatuur
<b>HIRLAM</b> .....	High Resolution Limited Area Model	<b>TMEAN</b> .....	gemiddelde temperatuur
		<b>TMIN</b> .....	minimumtemperatuur
		<b>USB</b> .....	Universal Serial Bus
		<b>VIRGO</b> .....	Variability of solar IRradiance and Gravity Oscillations
		<b>ZAMG</b> .....	ZentralAnstalt für Meteorologie und Geodynamik (Oostenrijk)



**Institut  
Royal  
Météorologique**

Avenue Circulaire 3  
B-1180 Bruxelles  
[www.meteo.be](http://www.meteo.be)

