

# RAPPORT ANNUEL

**IRM**

# 2009

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)**

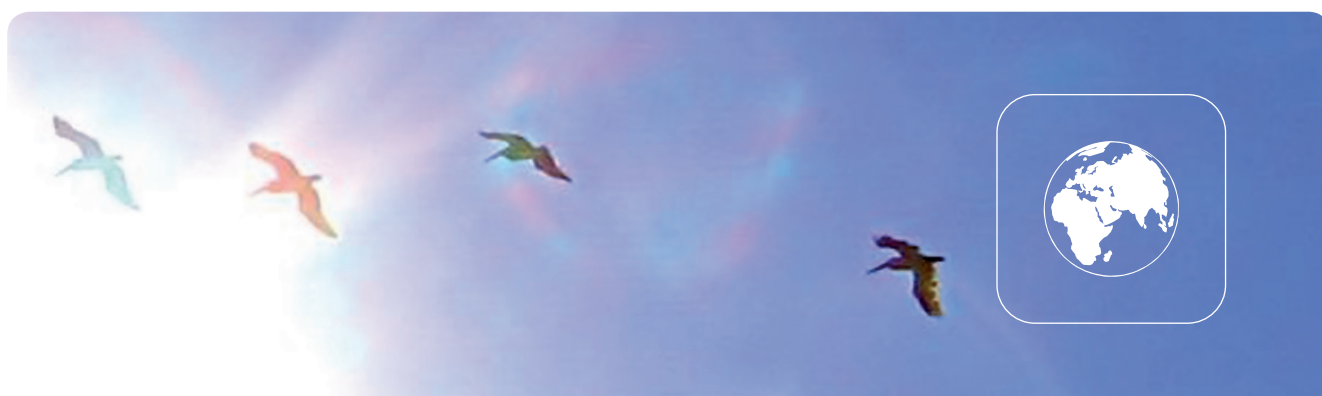
**Editeur responsable :** Dr. H. Malcorps ISSN/1377-2406

**Coordinatrice :** Heidi Langenus

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



<b>AVANT-PROPOS</b>	<b>7</b>	
<b>FAITS REMARQUABLES</b>	<b>9</b>	
<b>AMÉLIORATION DES AVERTISSEMENTS SUR TERRE ET EN MER</b>	<b>12</b>	
1. Contrôle de qualité des avertissements . . . . .	13	
2. Amélioration des avertissements relatifs aux conditions météorologiques dangereuses . . . . .	20	
<b>DÉVELOPPEMENT DES CONNAISSANCES SUR LE CLIMAT</b>	<b>26</b>	
<b>EXTENSION ET AMÉLIORATION DES SYSTÈMES D'OBSERVATION</b>	<b>32</b>	
<b>AMÉLIORATION ET ÉLARGISSEMENT DES PRODUITS ET SERVICES AUX GROUPES D'UTILISATEURS</b>	<b>36</b>	
<b>CONTRIBUTIONS AU RAYONNEMENT INTERNATIONAL DE LA BELGIQUE</b>	<b>42</b>	
<b>MODERNISATION DE LA GESTION</b>	<b>46</b>	
<b>LE TEMPS EN 2009</b>	<b>50</b>	
<b>CONSEIL SCIENTIFIQUE, COMMISSION DE GESTION, JURY ET CONSEIL DE DIRECTION DE L'IRM</b>	<b>56</b>	
1. Conseil scientifique . . . . .	57	
2. Commission de gestion . . . . .	57	
3. Jury . . . . .	57	
4. Conseil de direction . . . . .	57	
<b>PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES ET CONFÉRENCES</b>	<b>58</b>	
1. Publications avec comité de lecture . . . . .	59	
2. Proceedings . . . . .	60	
3. Rapports internes et externes sans comité de lecture . . . . .	60	
4. Résumés de conférences et posters . . . . .	61	
5. Conférences sans résumé. . . . .	62	
6. Thèses en vue de l'obtention du grade de docteur . . . . .	62	
7. Avis pour le Fonds des Calamités . . . . .	63	
8. Articles de vulgarisation . . . . .	63	
<b>LISTE DES ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS</b>	<b>65</b>	





© Foto Ivan Mervillie

---

## AVANT-PROPOS

---

Tant pour le fonctionnement opérationnel que pour la recherche scientifique, les services météorologiques nationaux reposent sur une intense coopération internationale. Cette collaboration s'établit parfois entre les services météorologiques individuels mais, le plus souvent, elle prend la forme de consortiums ou d'organisations intergouvernementales pour mieux répondre à l'ampleur de la tâche. Sans synergie entre les divers pays ou services, il serait impossible d'assurer la recherche et de maintenir le service à son niveau actuel.

En 2009, l'IRM a poursuivi le travail visant à réaliser les objectifs stratégiques définis par le plan de gestion 2006-2011. Les deux objectifs principaux sont les suivants :

- Offrir davantage de sécurité en acquérant de nouvelles connaissances sur les conditions météorologiques, le climat, le champ géomagnétique et l'ionosphère ;
- Améliorer et développer des produits et services météorologiques pour les groupes d'utilisateurs.

Pour la réalisation du premier objectif, l'attention s'est surtout portée sur l'émission d'avertissements en cas de conditions météorologiques dangereuses au cours des 24 prochaines heures : fortes précipitations, vent et orages, neige et verglas. Le contrôle de la qualité de ces avertissements est essentiel et figure, par conséquent, dans l'un des tout premiers paragraphes de ce rapport annuel. Le résultat de cette mesure de qualité sert de point de départ pour la recherche et la modélisation de ces phénomènes. La plupart d'entre eux ont lieu à l'échelle locale. C'est donc au sein du consortium ALADIN, en synergie avec 16 autres services météorologiques, qu'a débuté la recherche sur des modèles à petite échelle (1 à 2 km). L'IRM joue, au sein de ce consortium, un rôle prépondérant.

Des systèmes modernes d'observation sont également utilisés pour produire des alertes jusqu'à 6 heures à l'avance (prévisions à très court terme ou nowcasting). C'est pourquoi l'Institut a procédé à la mise en œuvre du système « Integrated Nowcasting through Comprehensive Analysis » (INCA). Ce projet est développé en synergie avec le service météorologique autrichien (ZAMG).

Lorsque la prévision déterministe de phénomènes météorologiques devient difficile à plus long terme, nous devons nous satisfaire de la prévision probabiliste annonçant que certains phénomènes dangereux risquent de se produire dans certaines régions. Cette information n'en est pas

moins extrêmement précieuse et couvre de plus en plus de domaines d'application. Elle est donc devenue un sujet important pour l'IRM. Pour les prédictions probabilistes, nous utilisons les modèles du Centre européen pour les Prévisions Météorologiques à Moyen Terme de Reading. Les prévisions plus locales sont effectuées à l'aide d'ALADIN au sein d'un projet international (Grand Limited Area Model Ensemble Prediction System).

L'attention s'est également portée sur l'expansion des connaissances liées au climat. Des recherches ont été entreprises sur l'impact du changement climatique et l'influence de l'urbanisation sur les extrêmes hydrologiques. À cet effet, nous avons fait appel à un modèle de Météo-France. L'évolution des vitesses du vent et des températures extrêmes en Belgique a été examinée grâce à des techniques modernes.

Pour améliorer et développer des produits et services météorologiques, nous avons recherché des synergies avec les différents groupes d'utilisateurs et une stratégie d'innovation a été mise en place. En plus de l'État fédéral, les Régions exercent également des responsabilités pour lesquelles elles font appel à l'expertise météorologique. D'une part, nous accordons plus d'attention aux énergies renouvelables et nous avons procédé à des observations locales de l'énergie solaire au sol pour lesquelles nous avons bénéficié d'observations satellitaires. D'autre part, nous avons soutenu les Régions en leur fournissant des informations météorologiques permettant, sur la base de prévisions probabilistes, de prendre des décisions en temps opportun afin de protéger la population de conditions météorologiques dangereuses. Citons en exemple la coopération avec l'IBGE-BIM relative à la fermeture des forêts et des parcs de Bruxelles. Ajoutons que l'IRM, en synergie avec la Région flamande, gère une station météorologique océanographique soutenant les activités dans les ports et la sécurité sur les plages, le long de la côte et en mer.

Tout ceci démontre que l'IRM ne travaille pas dans un monde clos, mais qu'elle développe activement des synergies avec le milieu de la recherche, les services opérationnels et les utilisateurs tant au niveau régional, que fédéral et international.

**Dr. Henri Malcorps,**  
Directeur Général  
de l'IRM

## **FAITS REMARQUABLES**





## FAITS REMARQUABLES

### Expédition en Antarctique

L'IRM dirige un projet de recherche dans la nouvelle base antarctique Princesse Élisabeth. La nouvelle base de recherche belge Princesse Élisabeth en Antarctique a été construite au cours des étés austraux 2007/2008 et 2008/2009. Elle a été inaugurée le 15 février 2009.

L'Institut Royal Météorologique, en collaboration avec l'Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique et l'Université de Gand mène, dans cette nouvelle base, le projet scientifique BelAtmos. L'objectif consiste à réaliser une longue série d'observations durables de l'ozone et d'autres constituants minoritaires. Une attention toute particulière est accordée à la caractérisation étendue des particules submicroniques dans l'atmosphère antarctique.

Au cours de l'expédition de recherche 2009, un membre du personnel de l'IRM a installé une série d'instruments destinés à déterminer les propriétés optiques des particules submicroniques. Il s'agit d'un photomètre solaire CIMEL qui, à différentes longueurs d'onde, mesure l'atténuation de la lumière solaire et d'un éthalomètre Magee Scientific qui mesure l'absorption de la lumière solaire, également à différentes longueurs d'onde. De plus, un magnétomètre a également été installé pour mesurer le champ magnétique dans les trois dimensions de l'espace.

### Kick-off 'Magnetic Valley'

Cette année a vu le démarrage du projet "Magnetic Valley" au Centre de Physique du Globe (commune de Viroinval). Le projet prévoit l'utilisation du savoir-faire et de l'expertise scientifique de notre Centre de Physique du Globe pour contribuer au développement socio-économique de la région. Autour d'un coordinateur spécifiquement recruté pour ce projet, nous avons constitué une équipe d'engineering s'attelant aux différentes activités de R&D du projet ainsi qu'un comité d'accompagnement. Celui-ci, composé du coordinateur et des scientifiques en charge des différentes sections impliquées, se réunit de façon hebdomadaire pour débattre du suivi des actions en cours et des orientations du projet, tant stratégiques (choix des technologies à développer, identification d'opportunités, choix en matière de propriété intellectuelle, ...) qu'organisationnelles et fonctionnelles. De nombreux contacts ont été noués durant ces premiers mois d'activités du projet, donnant naissance à plusieurs collaborations (Bep, SPAQuE, Pi2, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik ...).

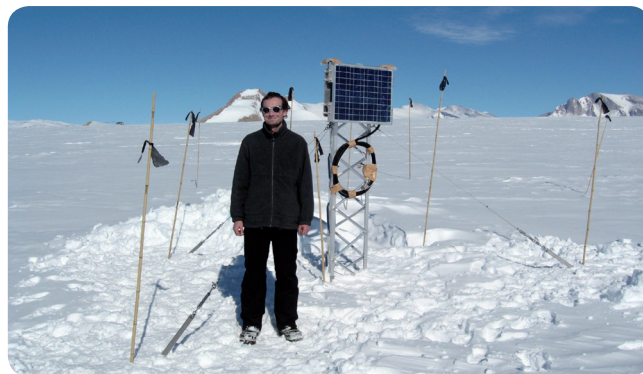


Illustration 1.1: le collaborateur de l'IRM, A. Mangold, sur le site de mesure du magnétomètre. On peut voir le petit mât qui supporte le panneau solaire assurant l'alimentation en énergie, le GPS et les antennes satellites à iridium pour le transfert automatique des données. L'instrument lui-même est couvert de neige.



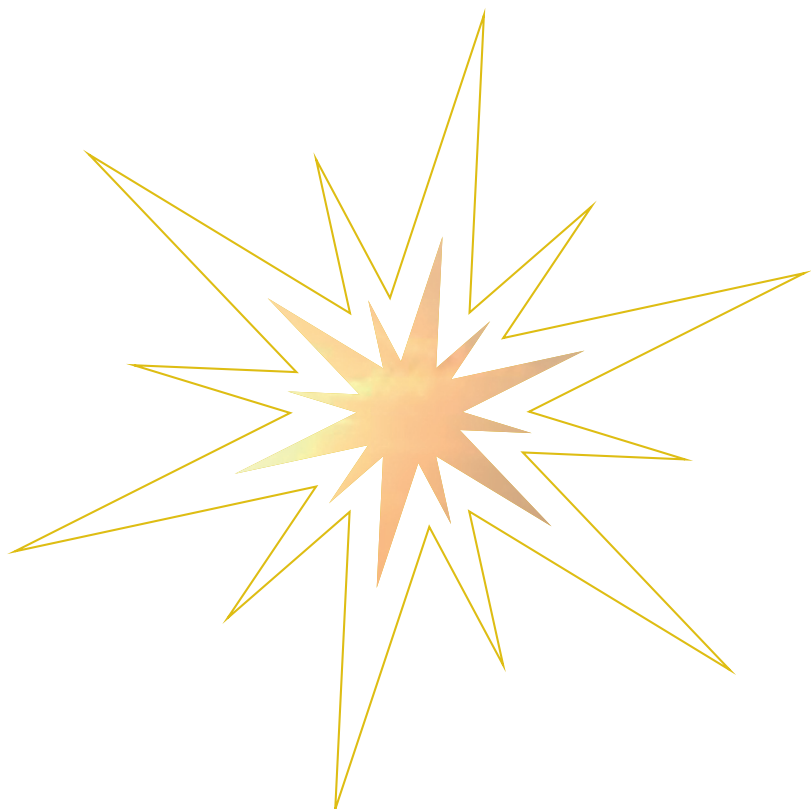
Figure 1.2: logo Magnetic Valley

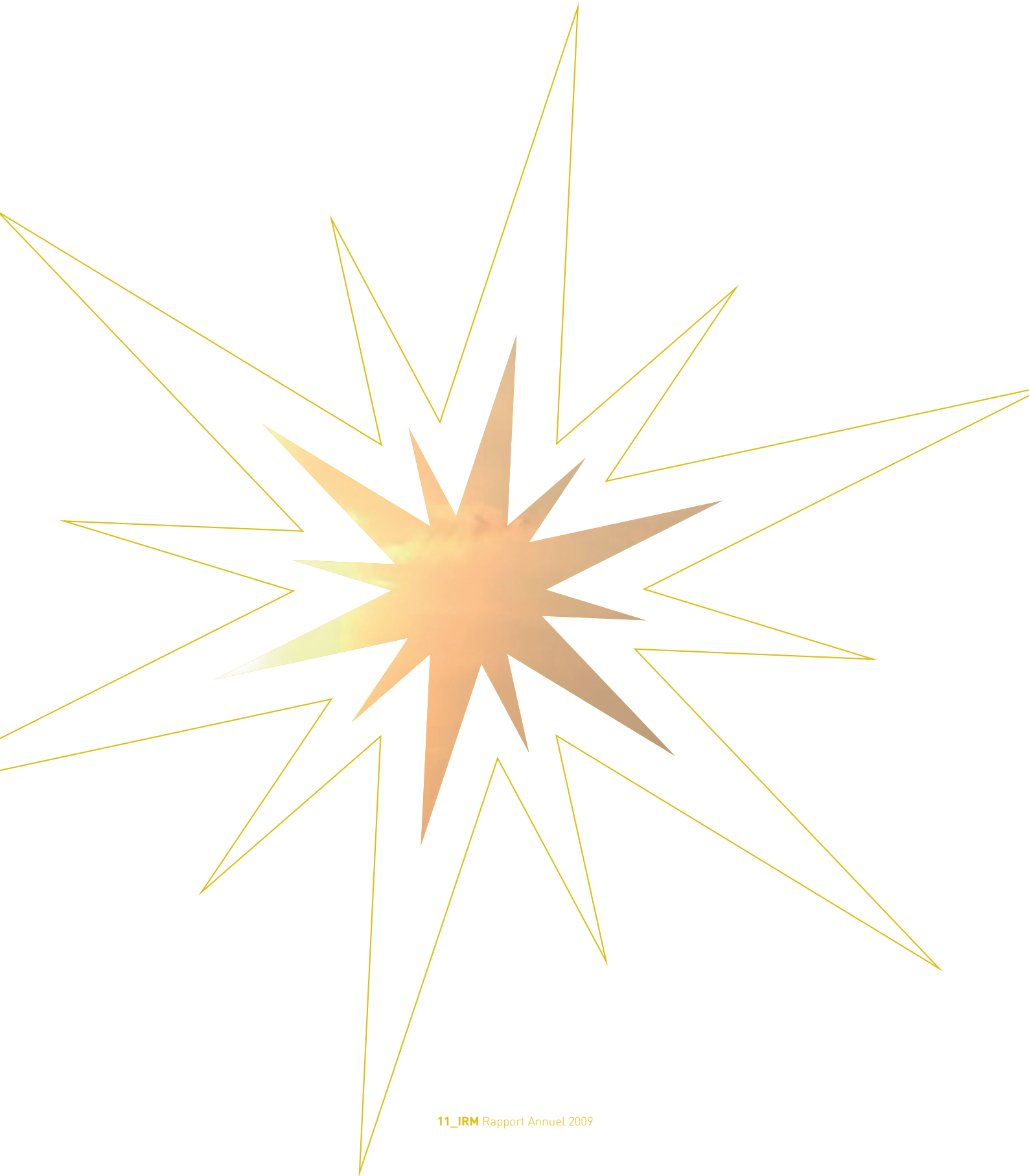


Illustration 1.3: L'équipe SOVAP de l'IRM et le comité scientifique Picard. À l'arrière-plan à droite : la "tour de rayonnement" de l'IRM qui réalise depuis 1887 des mesures de la durée d'ensoleillement.

### **Picard : une mission spatiale historique pour l'étude de l'influence du soleil sur notre climat**

En 2009, l'IRM a construit son instrument spatial le plus récent : SOVAP. SOVAP opérera des mesures à partir du satellite Picard. La mission Picard a pour objectif l'étude de l'influence du soleil sur notre climat, ce qui permettra de combler une lacune importante dans notre connaissance sur les changements climatiques de la terre. L'instrument spatial SOVAP a été intégralement réalisé au sein de l'IRM par une équipe de cinq chercheurs. SOVAP, notre cinquième instrument spatial, assurera la relève de notre instrument embarqué sur le satellite SOHO qui mesure de manière ininterrompue depuis 1996 l'énergie émise par le soleil, appelée irradiance solaire. L'irradiance solaire est un facteur déterminant de la température et par conséquent du climat sur la terre. Le satellite Picard porte le nom de l'astronome français Jean Picard. Ce dernier vivait au XVII<sup>e</sup> siècle, à l'époque où l'Europe était caractérisée par le petit âge glaciaire. Jean Picard a opéré des mesures du diamètre apparent du soleil afin d'étudier l'excentricité de l'orbite de la terre autour du soleil. Grâce à lui, nous disposons de mesures historiques du diamètre du soleil. Les mesures du satellite Picard nous permettront d'étudier s'il existe un lien entre d'une part, les variations de l'énergie émise par le soleil – ou irradiance solaire – et d'autre part, le diamètre du soleil. Nous pensons qu'au cours du petit âge glaciaire, le soleil émettait moins d'énergie et qu'il était plus grand qu'aujourd'hui. De ce fait, le soleil a probablement exercé une influence importante sur le changement climatique de ces trois derniers siècles que nous comprendrons mieux grâce aux mesures de Picard.





**AMÉLIORATION DES  
AVERTISSEMENTS SUR  
TERRE ET EN MER**



## AMÉLIORATION DES AVERTISSEMENTS SUR TERRE ET EN MER

### 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. Nous évaluons la qualité des bulletins météorologiques et la fiabilité des avertissements issus de notre service de prévisions 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 précipitations intenses et abondantes, le ministère de l'Intérieur demande conseil à l'IRM en ce qui concerne 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.

Tous les cas ayant fait l'objet d'une demande en 2009 ont été analysés. En 2009, il y a eu 7 périodes de fortes précipitations entraînant des dégâts.

**avertissements jaunes:** précipitations abondantes prévues: (i) au moins 20 mm en 6 heures ou (ii) entre 25 et 50 mm en 24 heures

**avertissements orange:** très fortes précipitations prévues: (i) au moins 30 mm en 6 heures, ou (ii) au moins 50 mm en 24 heures, ou (iii) au moins 30 mm en 24 heures avec le code d'avertissement déjà jaune auparavant

1. Les pluies abondantes survenues le 14 mai 2009 sur le territoire des provinces de Brabant flamand, Brabant wallon, Flandre occidentale, Flandre orientale, Namur et de l'Arrondissement administratif de Bruxelles-Capitale, pour lesquelles un avertissement jaune a été émis.
2. Les pluies abondantes survenues les 25 et 26 mai 2009 sur le territoire des provinces de Flandre occidentale, de Flandre orientale, de Hainaut, de Liège, de Luxembourg et de Namur, pour lesquelles un avertissement orange a été émis.
3. Les pluies abondantes survenues le 9 juin 2009 sur le territoire des provinces de Brabant flamand et de Flandre occidentale. Avertissement jaune
4. Les pluies abondantes survenues les 26 et 27 juin 2009 sur le territoire des provinces de Hainaut, de Liège et de Namur. Avertissement orange
5. Les pluies abondantes survenues les 21 et 22 juillet 2009 sur le territoire des provinces d'Anvers, de Flandre orientale et de Liège. Avertissement orange
6. Les pluies abondantes survenues le 7 octobre 2009 sur le territoire des provinces de Brabant flamand, de Brabant wallon et de Flandre occidentale, de Hainaut, de Limbourg et de l'Arrondissement administratif de Bruxelles-Capitale. Avertissement jaune
7. Les pluies abondantes survenues le 9 octobre 2009 sur le territoire de la province de Flandre occidentale. Avertissement jaune

#### RESULTATS ET CONCLUSION :

Il est à souligner que tous les cas liés à une intervention du Fonds des Calamités pour fortes précipitations ont fait l'objet d'un avertissement de la part de l'IRM.

En ce qui concerne le choix des couleurs des avertissements, nous avons régulièrement bien annoncé le risque. Néanmoins, nous avons sous-estimé les événements du 14 mai et du 7 octobre (avertissement jaune). L'analyse des observations climatologiques aurait exigé l'orange.

	Nombre de cas observés	Nombre de cas prévus par l'IRM	Taux de réussite des prévisions/avertissements
Cas liés à l'intervention du Fonds des Calamités	7	7	100%

Tableau 2.1: aperçu des scores obtenus par l'IRM

2009	Vent observé (km/h)	Vent prévu (km/h)	Avertissement (km/h)
18/01	94	90	80-100
19/01	90	90	80-100
22/01	76	80	80-100
23/01	90	90	80-100
10/02	94	100	100-120
08/03	83	80	80-100
...	.	.	.
03/09	79	80	80-100
07/10	83	50	Pas d'avertissement
01/11	65	75	80-100
14/11	83	90	80-100
18/11	76	90	80-100
22/11	86	85	80-100
23/11	97	90	80-100
27/11	83	80	80-100

Tableau 2.2 : vents observés, vents prévus et avertissements donnés

## B. Prévisions et avertissements météorologiques relatifs aux vents forts (supérieurs à 80 km/h)

Comme les années précédentes, nous avons distingué deux cas de figure:

- Les situations associées à de vastes et profondes dépressions de tempête, pour lesquelles des méthodes bien définies existent pour quantifier la prévision des rafales maximales. Ces situations se produisent le plus souvent en hiver mais peuvent également avoir lieu en automne et au printemps.
- Les situations associées à des développements orageux de nettement plus petite échelle pour lesquelles la prévision des rafales maximales est beaucoup plus difficile, voire impossible. Dans ces cas, on se limitera alors à parler de rafales ou coups de vent violents, sans préciser la valeur de ces rafales.

L'année 2009 fut relativement calme en ce qui concerne les vents forts. La vitesse de vent la plus importante, enregistrée le 26 mai, s'élevait à 101 km/h. Elle fut associée à une situation d'orage. Un avertissement pour des vents de 100 à 120 km/h fut émis ce jour là.

On peut considérer que les mois de janvier, février, mars, septembre, octobre et novembre furent caractérisés par des vents forts associés à des dépressions hivernales. Les mois d'avril et d'août furent plus calmes avec des vents inférieurs à 80 km/h. Les mois de mai, juin et juillet furent plutôt caractérisés par des coups de vent associés à des situations orageuses.

On a dénombré dans le cadre des tempêtes de grande échelle, 10 cas de vents forts (→ 80 km/h). A l'occasion de ces événements, 13 avertissements ont été émis. 8 avertissements l'ont été à bon escient. Un avertissement (le 10/02) concernait des vents de 100 à 120 km/h alors que le vent réel était de 94 km/h. Quatre avertissements concernaient des vents de 80 à 100 km/h alors que les vents réels étaient inférieurs à 80 km/h. Un cas de vent fort (83 km/h) n'a pas été détecté et n'a donc pas fait l'objet d'avertissement.

Concernant les mois d'été, 10 avertissements pour des vents forts ont également été émis dans le cadre de situations orageuses, dont 7 pour des vents de 80 à 100 km/h et 3 pour des vents de 100 à 120 km/h. De façon générale, les vents observés le long du littoral étaient le plus souvent supérieurs à ceux observés dans l'intérieur des terres. A ce titre, la journée du 7 octobre fut remarquable. Elle fut caractérisée par le passage d'un noyau de basse pression sur le pays, entraînant des vents de 83 km/h dans l'intérieur du pays mais seulement de 50 km/h le long du littoral. Aucun avertissement ne fut émis ce jour-là.

## RESULTATS ET CONCLUSION :

Nous pouvons nous montrer satisfaits des prévisions de vents forts relatives à des situations hivernales associées à des dépressions de grande échelle, bien que le principe de précaution soit à l'origine d'une surestimation du nombre de cas. Les avertissements émis à tort ne le furent que pour des vents légèrement inférieurs à 80 km/h. Notons qu'une seule situation faisant état de vents de 83 km/h n'a pas été détectée.

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

En 2009, le système de détection des orages SAFIR a enregistré, au-dessus du territoire belge, quelque 138.000 décharges de foudre. Depuis que l'IRM a mis le système SAFIR en service, en 1993, le nombre moyen annuel de décharges est de 158.000. Par conséquent, on peut considérer 2009 comme une année d'activité orageuse moyenne. 2002, avec quelque 266.000 décharges, est l'année la plus prolifique en la matière tandis que 1998, avec 88.000 éclairs, est l'année la moins active. En 2009, on a enregistré 58.400 éclairs avec décharge au sol (soit près de 47% du nombre total de décharges de foudre). 2009 a compté 86 jours d'orage, ce qui s'inscrit dans la normale.

Les orages peuvent entraîner des dégâts importants : fortes précipitations sur un court laps de temps, grêlons de plusieurs centimètres de diamètre, importantes rafales de vent et décharges de foudre susceptibles de déclencher des incendies ou d'endommager des appareils. 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. Ces alertes sont adressées notamment aux médias et aux services de secours et sont également publiés sur le site web de l'IRM.

Après-coup, il est considéré comme normal que certaines alertes aient sous-estimé ou surestimé la situation ou encore que certaines alertes aient été données à mauvais escient. Par définition, l'orage est en effet capricieux et c'est mission délicate que d'évaluer correctement le phénomène orageux. La première question difficile à laquelle il faut répondre est de savoir si des orages vont se produire. Deuxièmement, il faut évaluer l'endroit où l'orage risque d'éclater (le plus souvent, il s'agit d'une zone réduite du pays). Troisièmement, il y a lieu d'estimer l'intensité de l'orage et les dégâts qu'il risque de provoquer.

Enfin, le système d'alerte tient également compte de l'impact de l'orage comme l'heure à laquelle il se produit. En effet, un orage pendant les heures de pointe est plus dangereux que pendant la nuit. En 2009, on a dénombré 8 jours avec une activité orageuse importante :

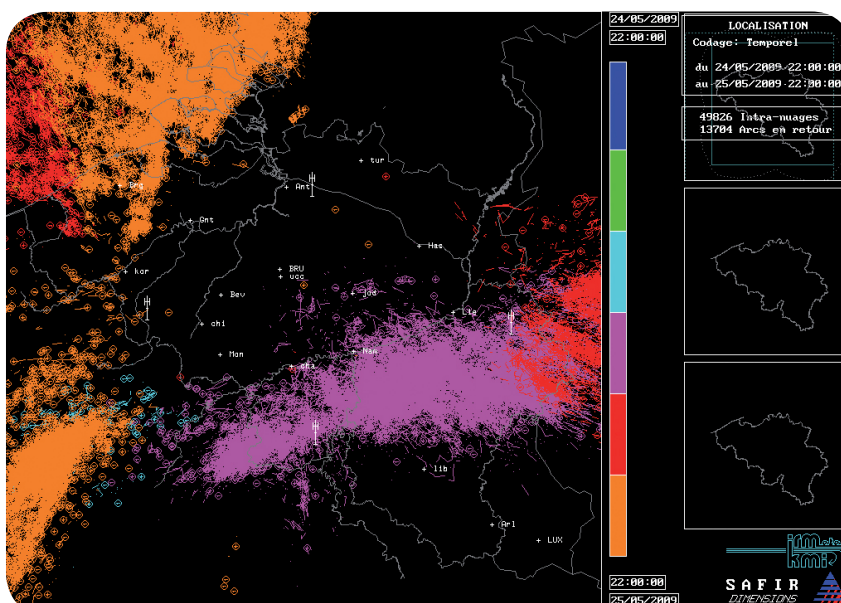


Illustration 2.1 : situation orageuse du 25 mai où des dégâts importants ont été enregistrés l'après-midi, surtout au sud du sillon Sambre et Meuse. Cette illustration montre la répartition du nombre de décharges en 6 périodes (échelle de couleur) de 4 heures entre 22.00 UTC le 24 mai et 22.00 UTC le 25 mai. L'orage qui a éclaté au petit matin, le 26 mai, est déjà reconnaissable au-dessus de la France sur cette image (voir également illustration 2.2).

dates	Nombre de décharges	Type d'alerte
25 mai 2009	19.355	orange
26 mai 2009	21.408	orange
9 juin 2009	5.633	jaune
26 juin 2009	4.994	orange
21 juillet 2009	18.523	orange
22 juillet 2009	7.444	jaune
20 août 2009	30.484	orange
7 octobre 2009	7.720	jaune

Tableau 2.3 : principales journées au cours desquelles se sont produites des décharges de foudre au-dessus de la Belgique en 2009.

Avec 30.484 décharges, le 20 août a été la journée la plus importante, mais les dégâts sont restés relativement limités. En effet, ce nombre de décharges n'est pas exceptionnellement élevé puisque, depuis le début de la série de mesures, les journées record ont été enregistrées le 11 juillet 1995 (61 337 éclairs) et le 30 juillet 2002 (59 595 éclairs). Les journées orageuses les plus mémorables de 2009 ont été celles des 25 et 26 mai. Le 25 mai, le premier complexe orageux a frappé surtout la Haute-Belgique, entraînant la chute de grêlons atteignant jusqu'à 4 cm de diamètre (voir illustration 2.1). Le 26 mai, à partir de minuit, la situation s'est aggravée et une zone orageuse très active a touché surtout la partie centrale et occidentale de notre pays (voir illustration 2.2). Localement, on a noté des grêlons atteignant jusqu'à 7 cm de diamètre avec un record jusqu'à 9 cm. Des précipitations importantes se sont produites sur un court laps de temps, accompagnées de fortes rafales de vent. Parmi les autres journées orageuses, épinglons les 21 et 22 juillet et le 20 août. Enfin, le 7 octobre a été remarquable puisqu'un orage spectaculaire a éclaté, en dépit de la saison tardive, avec de nombreuses décharges et d'importantes précipitations.

Pour les huit journées mentionnées, le Bureau du Temps a, à chaque fois, lancé une alerte précoce, plus précisément de code jaune (danger d'orages locaux relativement modérés n'excluant pas des dégâts importants) ou orange (risque important d'orages modérés à importants dans plusieurs régions). À bon escient, aucun code rouge n'a été lancé en 2009 (très haut risque d'orages importants à grande échelle). Au total, on a dénombré également 6 jours comptant entre 1.000 et 5.000 décharges (14 avril, 15 avril, 14 mai, 27 juin, 17 juillet et 7 août). Pour ces jours également, les alertes données étaient correctes. Dans ce type de situation, des dégâts importants peuvent également se produire localement. En règle générale, leur ampleur reste cependant limitée à quelques communes ou à une partie de province.

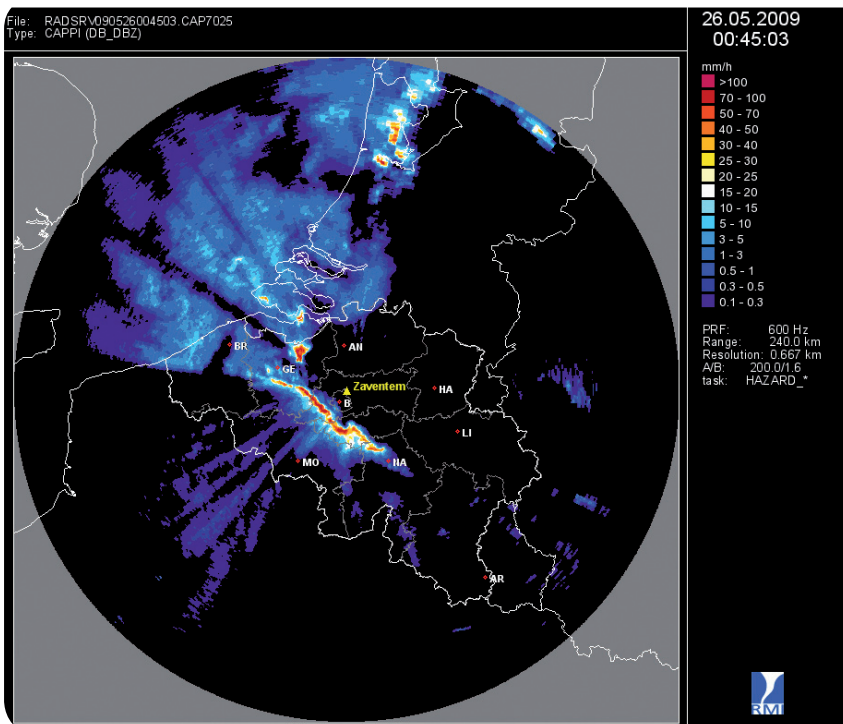


Illustration 2.2 : images radar du 26 mai 2009 à 2h45 (heure locale). Le fait que les orages violents n'éclatent pas nécessairement en fin d'après-midi ou le soir a été à nouveau prouvé au cours de la nuit du 25 au 26 mai 2009. Cette nuit-là, un front orageux dévastateur (« squall line » ou grain) a éclaté à partir de minuit sur une grande partie du pays. L'image montre, au nord-est de Gand, ce que l'on appelle une super-cellule qui a produit localement des grêlons de plus de 7 cm de diamètre.



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

Durant l'année 2009, 79 avertissements relatifs à la neige et au verglas ont été produits durant les mois de janvier, février, mars et décembre. Le tableau récapitulatif suivant fournit les dates correspondant aux événements, les quantités de neige relevées et les couleurs des avertissements émis.

Il y a eu, au total, 79 alertes. Dans 13 cas (soit 16 %), il s'agissait d'alertes manquées. Sur ces alertes manquées, six (soit 7,5 %) auraient dû se voir attribuer un code jaune, cinq (soit 6 %) auraient dû être des alertes orange et une aurait nécessité le code rouge.

Trop peu de stations d'observations fournissent des données permettant une validation adéquate des avertissements pour la neige et le verglas. Le développement des modèles à maille fine ainsi que les prévisions d'ensemble issues de modèles régionaux devraient permettre d'obtenir de meilleurs scores dans les prochaines années.

1. Le 4 janvier, 5 cm de neige sont tombés dans la province de Liège et 10 cm dans le Limbourg. Une alerte orange aurait donc été nécessaire.
2. Le 11 janvier, de faibles averses de neige sont tombées dans les provinces d'Anvers et de Liège. Localement, la couche observée présentait de 2 à 3 cm d'épaisseur, une alerte jaune aurait donc dû être lancée.
3. Le 12 janvier, 2 stations ont annoncé, dans les provinces de Liège et du Limbourg, des averses de neige significatives. 6 cm à Liège et 10 cm dans le Limbourg ont été observés. On peut cependant douter de la justesse de ces informations.
4. Le 26 janvier, jusqu'à 5 cm sont tombés sur les sommets ardennais. Une alerte orange aurait dû être donnée.
5. Le 12 février à 8 heures, une couche de neige importante a été mesurée au sud du sillon Sambre et Meuse. Dans le Hainaut et en province de Namur, un maximum de 5 à 8 cm est tombé. Une alerte orange était nécessaire. Sur les hauteurs, de 14 à 18 cm de neige ont été constatés. Une alerte rouge a donc été donnée.
6. Le 13 février à 8 heures, 2 cm de neige ont été relevés dans les provinces de Hainaut, Liège et Luxembourg. Une alerte jaune aurait dû être lancée.
7. Le matin du 14 février, 2 à 3 cm de neige ont été mesurés dans les provinces de Hainaut, de Liège et de Luxembourg. En province de Namur, 5 cm ont été mesurés. 3 alertes jaunes et 1 orange ont été lancées.
8. Le 12 février, à 8 h, 8 cm de neige ont été mesurés dans le Hainaut, 14 cm en province de Liège, 5 cm en province de Namur et 16 cm dans le Luxembourg. Aucune alerte n'a été diffusée alors qu'une alerte orange et une alerte rouge auraient été nécessaires.
9. Le 13 février à 8 h, 2 cm de neige ont été mesurés dans les provinces du Hainaut, de Liège et du Luxembourg. Une alerte jaune aurait dû être lancée.
10. Le 14 février à 8 h, 3 cm de neige ont été mesurés dans les provinces du Hainaut et de Liège. Une alerte jaune était nécessaire. En province du Luxembourg, 2 cm de neige sont tombés. Une alerte jaune aurait pu être donnée mais elle n'était pas absolument nécessaire. En province de Namur, 5 cm de neige sont tombés. Une alerte orange a été donnée, à bon escient.
11. Le 15 février à 8 h, 2 cm de neige ont été mesurés dans les Hautes Fagnes. Une alerte jaune aurait pu être donnée mais n'était pas strictement nécessaire.
12. Le 19 février à 8 h, 2 cm de neige ont été mesurés dans les Hautes Fagnes. Une alerte jaune aurait pu être donnée, mais n'était pas strictement nécessaire.
13. Le 23 février à 8 h, 2 cm de neige ont été mesurés dans les Hautes Fagnes. Une alerte jaune aurait pu être donnée, mais n'était pas strictement nécessaire.
14. Le 27 février à huit heures, 4 cm de neige ont été mesurés dans les Hautes Fagnes. Une alerte orange a été lancée.
15. Le 5 mars à 8 h, 7 cm de neige ont été mesurés dans les Hautes Fagnes. Une alerte orange a été lancée.
16. Le 23 mars à 8 h, 3 cm de neige ont été mesurés dans les Hautes Fagnes. Une alerte jaune aurait pu être donnée mais n'était pas strictement nécessaire.
17. Le 24 mars à 8 h, 2 cm de neige ont été mesurés en province de Hainaut. Une alerte jaune aurait pu être donnée. Dans les provinces de Liège et du Luxembourg, de 8 à 10 cm de neige sont tombés. Une alerte orange a été lancée.
18. Le 12 décembre à 8 h, 2 cm de neige ont été mesurés dans la province du Limbourg. Une alerte jaune aurait été justifiée.

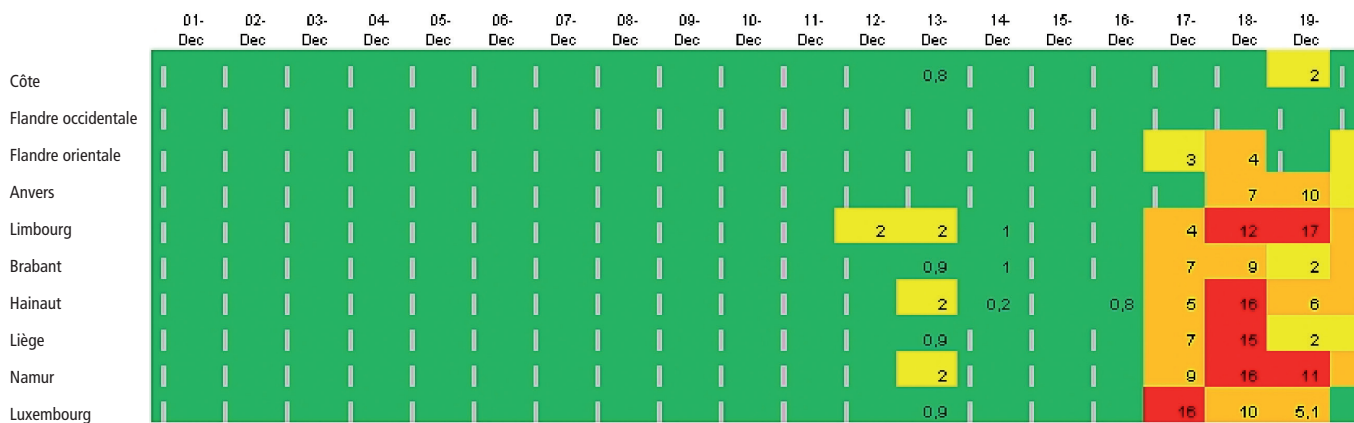
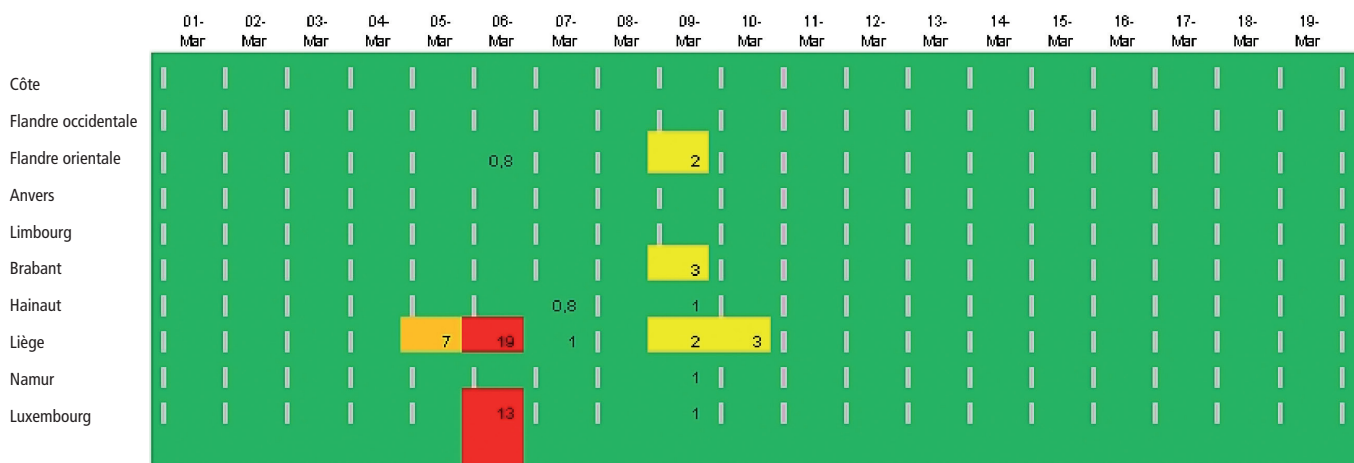


Tableau 2.4 : alertes manquées (cfr. tabel 2.6)

• **vert** : on ne prévoit ni neige ni verglas.

• **jaune** : On prévoit du verglas au sol : soit à cause de quelques centimètres de neige fraîche, soit suite à des pluies ou des bruines locales et verglaçantes. Cette situation peut gêner le déplacement des piétons, des cyclistes et ralentir le trafic routier. Ce dernier peut devenir dangereux. Dans ces circonstances gardez des distances de freinage suffisantes et modérez votre vitesse.

• **orange** : On prévoit un verglas au sol généralisé formé soit par quelques fortes averses de neige, soit par des chutes de neige continues sur une plus longue période, soit encore par de la pluie ou de la bruine verglaçante sur un sol gelé et sur de vastes régions. Ce verglas rendra le trafic très pénible et très dangereux. Gardez des grandes distances de freinage. Il est vivement conseillé de retarder ses déplacements. La prudence et la patience sont de mise !

• **rouge** : On prévoit toujours un verglas au sol généralisé dû à des chutes de neige de longue durée ou à des fortes averses de neige alors que la situation actuelle est déjà très dangereuse. Ces chutes de neige auront un impact direct sur la situation des routes et sur toute activité économique dans la région. Evitez si possible de prendre la route.

	Côte	Flandre Occ	Flandre Or.	Anvers	Limbourg	Brabant	Liège	Hainaut
Correct	39.29%	43.24%	34.21%	39.47%	32.50%	43.59%	28.57%	53.19%
Injustifié	53.57%	51.35%	52.63%	44.74%	42.50%	38.46%	16.88%	25.53%
Alerte manquée	0.00%	0.00%	2.63%	0.00%	5.00%	0.00%	15.58%	10.64%
Légèrement exagéré	0.00%	2.70%	0.00%	0.00%	7.50%	5.13%	2.60%	4.26%
Exagéré	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Très exagéré	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Légèrement sous-estimé	7.14%	2.70%	10.53%	15.79%	12.50%	12.82%	27.27%	4.26%
Sous-estimé	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	5.19%	2.13%
Très sous-estimé	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Données manquantes	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	3.90%	0.00%
Total	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Tableau 2.5 : Aperçu des alertes (sans la valeur des alertes injustifiées et manquées)

	Côte	Flandre Occ	Flandre Or.	Anvers	Limbourg	Brabant	Liège	Hainaut
Correct	39.29%	43.24%	34.21%	39.47%	32.50%	43.59%	28.57%	53.19%
Légèrement exagéré	50.00%	45.95%	44.74%	39.47%	47.50%	38.46%	16.88%	23.40%
Exagéré	3.57%	8.11%	7.89%	5.26%	2.50%	5.13%	1.30%	6.38%
Très exagéré	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.30%	0.00%
Légèrement sous-estimé	7.14%	2.70%	13.16%	15.79%	15.00%	12.82%	35.06%	12.77%
Sous-estimé	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.50%	0.00%	11.69%	4.26%
Très sous-estimé	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.30%	0.00%
Données manquantes	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	3.90%	0.00%
Total	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Tableau 2.6 : Évaluation de toutes les alertes (les alertes injustifiées et manquées figurent également)

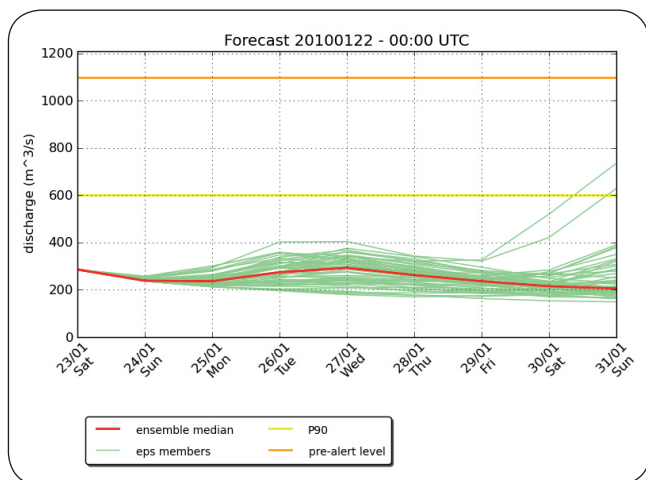


Illustration 2.3 : Prédiction hydrologique d'ensemble au cours des neuf prochains jours, pour le débit de la Meuse à Visé. Les lignes vertes sont les prévisions basées sur les 51 membres des prévisions d'ensemble du CEPMMT, qui servent de données d'entrée pour le modèle hydrologique SCHEME (la ligne rouge indique la médiane). Ceci donne une indication du risque de dépassement du niveau de surveillance (ligne orange) et du niveau climatologique P90 (ligne jaune, niveau dépassé dans 10% des jours).

## 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) a proposé chaque jour, depuis le printemps 2005 jusqu'à la fin de 2009, des prévisions hydrologiques à moyen terme pour deux bassins fluviaux de test, le Demer et l'Ourthe. Ces prévisions hydrologiques reposent sur les résultats de l'Ensemble Prediction System (EPS) du CEPMMT 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. Nous avons étudié de nouveaux développements, notamment l'application de cette méthodologie à l'ensemble des bassins fluviaux belges. La nouvelle procédure est pré-opérationnelle pour six bassins versants dans le bassin de l'Escaut et dix autres dans celui de la Meuse. Cette extension a nécessité le traitement de données supplémentaires telles que celles du radar de l'Avesnois, du réseau d'observations de Météo-France mais aussi des mesures de débit obtenues auprès des autorités régionales (SPW et HIC) et du SCHAPI en France. Un exercice de validation a été effectué sur des prévisions rétrospectives pour la période de 2006 à 2009. En 2010, la procédure va être adaptée à la nouvelle résolution des prévisions EPS (30 km) et l'horizon de prévision sera prolongé à 14 jours. Les nouveaux produits seront testés par le SPW.

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

#### → Prévisions opérationnelles et développements du modèle Alaro-0

Un nouveau système pour la prévision opérationnelle par le modèle Alaro-0 a été mis en place en 2009. Cette "suite opérationnelle" dont l'exécution est contrôlée par le système SMS (Supervisor Monitor Scheduler), développé par le CEPMMT, produit 4 fois par jour des champs de prévision aux résolutions de 4km (jusqu'à 36h et un domaine de 770x770km) et de 7km (jusqu'à 60h sur un domaine couvrant l'Europe occidentale). Alaro est une collaboration internationale au sein du groupe ALADIN visant à améliorer la prévision numérique opérationnelle à courte échéance, par l'augmentation de la résolution horizontale (ce qui permet de mieux représenter les phénomènes extrêmes) et un traitement plus élaboré des effets des phénomènes physiques de dimensions inférieures aux mailles du modèle (amélioration de la paramétrisation des nuages et précipitations). Fin 2009, Alaro-0 était utilisé pour la prévision opérationnelle dans 5 pays européens et en phase de test dans 2 autres. La recherche s'est poursuivie à l'IRM en 2009 afin d'améliorer la représentation de l'évolution des nuages convectifs et le comportement du modèle aux plus hautes résolutions (jusqu'à 1 ou 2km).

Des bénéfices sont attendus tant pour les prévisions à 4km que pour les résolutions plus fines (1 ou 2km, suffisantes pour représenter sans paramétrisation certaines cellules orageuses matures, mais pas leurs premiers stades d'évolution).

En même temps que d'autres pays du consortium ALADIN, cette recherche concernant la turbulence, la convection peu profonde et le rayonnement contribuera directement à la prochaine version du modèle qui s'appelle ALARO-1

### → **GLAMEPS : développement d'un projet international pour les prévisions régionales d'ensemble**

L'IRM collabore au projet international GLAMEPS (Grand Limited Area Model Ensemble Prediction System). Dans le cas des prévisions d'ensemble, on combine plusieurs prévisions (avec des conditions de départ légèrement différentes ou des différences dans les détails des processus physiques). Cette démarche débouche sur une dispersion de prévisions qui permet de calculer une répartition des risques 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 la dispersion suffisante des prévisions qui prennent en compte toutes les incertitudes. Dans le projet GLAMEPS, des prévisions de différents modèles météorologiques (ALADIN, HIRLAM et le modèle global IFS) sont combinées. En 2009, différentes versions expérimentales ont été évaluées tout au long d'un certain nombre de périodes de test. C'est ainsi qu'il a été démontré que GLAMEPS, grâce à une plus haute résolution, au ciblage sur l'Europe et à l'utilisation de différents modèles, obtient de meilleurs scores que le système global EPS du CEPMMT. Pour améliorer le traitement des données en surface, un système d'assimilation des données de surface (appelé CANARI) a été ajouté aux séries de mesures d'ALADIN. Les différentes composantes de GLAMEPS ont été rassemblées dans un seul système avec un horizon de prévision de 42 heures. Ce système doit devenir opérationnel dans le courant de l'année 2010.

### → **Perturbations de surface dans les prévisions d'ensemble**

Les prévisions d'ensemble peuvent être utilisées pour quantifier l'incertitude dans les prévisions météorologiques numériques. Les systèmes de prévisions d'ensemble actuels sont tous « sous-dispersifs ». Cela signifie que la dispersion des prévisions est (beaucoup) plus petite que la dispersion des observations. En prenant correctement en compte les incertitudes dans les variables de surface des modèles météorologiques, on peut accroître la dispersion. Malheureusement, très peu de systèmes de prévisions d'ensemble intègrent aujourd'hui cette possibilité. Dans le cadre du projet ALADIN-PNT, une recherche a par conséquent été menée sur l'introduction des perturbations de surface dans le système de prévisions d'ensemble ALADIN-LAEF (Limited Area Ensemble Forecasting – Prévision d'ensemble à aire limitée). Les résultats de cette recherche ont démontré une légère amélioration de la dispersion pour les observables en surface, en particulier pour la température à 2 mètres pendant les 12 premières heures de la prévision.



### → Étude de la paramétrisation physique des processus de diffusion

Les modèles atmosphériques numériques se composent en général d'un noyau dynamique qui intègre les équations atmosphériques (jusqu'à une certaine résolution) et une série de paramétrisations physiques pour les processus sous maille (qui ne sont pas résolus par la résolution spatiale du modèle). Ces paramétrisations sous maille concernent, le plus souvent, les processus de diffusion. En cas de paramétrisations physiques, on dispose généralement d'une certaine liberté dans les PNT, que l'on peut utiliser pour 'ajuster' les modèles afin de mieux les faire correspondre aux observations.

De plus en plus couramment, des paramétrisations physiques sont développées pour un modèle PNT donné avant d'être modifiées et utilisées dans un autre modèle PNT. Cette démarche ne se déroule pas toujours aussi aisément qu'espéré. L'une des causes possibles est le rôle que joue l'adaptation dans les paramétrisations physiques. La méthodologie scientifique permettant d'étudier ce phénomène n'existe pas jusqu'ici. Au cours d'une première tentative d'analyse systématique du rôle de l'adaptation, on a examiné les propriétés numériques (stabilité et précision) d'une série de « fractional time-splitting schemes – schémas fractionnels de division du temps » en vue d'établir une comparaison de la diffusion non-linéaire. Ces méthodes numériques sont utilisées dans des modèles informatiques pour résoudre les comparaisons atmosphériques. À cet effet, les différents processus physiques sont pris en compte, soit de manière parallèle, soit de manière séquentielle. On a étudié l'influence exercée par l'adaptation sur ces schémas dans le contexte simplifié de la comparaison de diffusion non-linéaire.

	Structure	Amplitude	Localisation
ALADIN	0.484	0.466	0.112
Alaro	0.347	0.255	0.111

Illustration 2.7: Scores moyens SAL des modèles ALADIN et Alaro de mars 2009 à juillet 2009. Plus les scores sont proches de 0, meilleurs ils sont.

### → Vérification des précipitations

La vérification des prévisions météorologiques est essentielle afin d'identifier les erreurs systématiques du modèle et d'opérer, entre les différents modèles, une comparaison quantitative. Pour les champs météorologiques qui varient sur une échelle synoptique comme la température ou la pression, des méthodes de vérification basées sur des points de mailles de la grille sont utilisées mais, pour les champs comme les précipitations caractérisés par des structures complexes à mailles fines, des méthodes de vérification plus avancées sont recommandées. L'une des méthodes de vérification des précipitations développées récemment s'appelle SAL. Cette méthode caractérise la qualité d'une prévision de précipitations au moyen de 3 composantes : structure, amplitude et localisation. Depuis mars 2009, l'IRM applique quotidiennement le modèle Alaro en plus du modèle ALADIN. Alaro se distingue d'ALADIN par la résolution et la paramétrisation des processus microphysiques comme les précipitations. Les prévisions de précipitations de ces deux modèles de mars 2009 à juillet 2009 ont été vérifiées au moyen des observations radar (voir tableau 2.7) par la méthode SAL. Les scores montrent clairement que les prévisions tant de la structure du canevas des précipitations que de leur quantité sont significativement meilleures avec le modèle Alaro qu'avec le modèle ALADIN. En ce qui concerne la localisation des zones de précipitations, on ne constate pas d'amélioration remarquable, mais les scores pour cette composante sont excellents pour les deux modèles.

## → 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 du 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 celle assurée par 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 s'est poursuivie en 2009, une liste de produits, dans leur première version, est 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, le Démer 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 pluviomètres ou du radar de Wideumont. Le même modèle hydrologique permet de simuler l'humidité du sol et la quantité d'eau contenue dans une éventuelle couverture de neige. Ces variables ont fait aussi l'objet d'une comparaison avec les produits satellitaires correspondants.

## → Effet de la météorologie spatiale sur la navigation par satellites

Les systèmes de navigation par satellites encore appelés GNSS occupent une place de plus en plus importante dans notre société, non seulement, dans le cadre d'applications scientifiques mais aussi dans de nombreux secteurs de la vie économique et même de la vie de tous les jours.

La section « profils ionosphériques » de l'IRM est active dans la mesure de l'activité ionosphérique ainsi que dans la modélisation de ses effets sur les applications des GNSS. Les tempêtes géomagnétiques sévères sont souvent à l'origine de fortes perturbations de l'activité ionosphérique qui, elles-mêmes, provoquent de fortes dégradations de la précision des GNSS. Pour cette raison, l'IRM a développé des procédures opérationnelles permettant de calculer en temps réel et de prédire l'indice géomagnétique K qui est une mesure de la variabilité du champ magnétique terrestre. Cette information est disponible sur le site <http://swans.meteo.be> (figure 2.4). Lorsque l'occurrence d'une tempête géomagnétique est détectée, un message d'alerte est envoyé aux utilisateurs enregistrés sur notre site.

La mesure de l'activité ionosphérique est indispensable en vue de quantifier et de corriger l'erreur induite par l'ionosphère sur les positions mesurées à l'aide des GNSS. Le principal paramètre permettant de quantifier cette erreur s'appelle le Total Electron Content (TEC). Le TEC dépend de la densité d'électrons libres présents dans l'ionosphère. L'IRM a développé une technique innovante permettant de mesurer le TEC sur la base de mesures effectuées sur les satellites du système européen Galileo. Cette technique a été validée avec succès sur les données des deux satellites expérimentaux GIOVE A et GIOVE B et permet déjà d'améliorer la précision du TEC d'un facteur 3. Enfin, l'IRM 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 validé avec succès sur un réseau de 66 stations GPS permanentes en Belgique. Lorsqu'il sera opérationnel sur le site <http://swans.meteo.be>, ce logiciel permettra aux utilisateurs d'obtenir (avec un délai de 24 heures) de l'information sur l'erreur ionosphérique. Dans un deuxième temps, cette information sera fournie en temps réel.

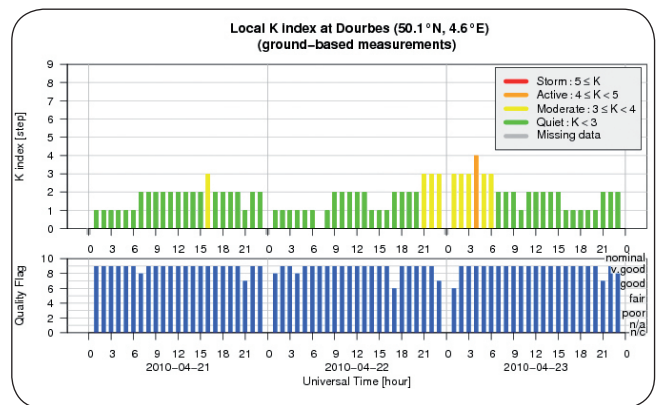


Figure 2.4 : Indice géomagnétique K mesuré au Centre de Physique du Globe de Dourbes

### → 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 ces dernières années, a été poursuivie en 2009 par l'étude d'un modèle atmosphérique plus détaillé mais encore suffisamment simple pour permettre une étude exhaustive. Nous avons étendu l'analyse de la dynamique de l'erreur en présence des deux sources d'erreurs et pour des erreurs initiales corrélées entre elles. Ce travail a fait l'objet d'un mémoire défendu à l'Université Libre de Bruxelles en 2009.

### → La correction des prévisions

L'une des problématiques majeures de la prévision du temps est sa dégradation progressive la rendant inutilisable à plus ou moins long terme. 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 a posteriori la prévision sur la base d'informations statistiques tirées de prévisions antérieures. En anglais, cette approche est connue sous le nom de '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.

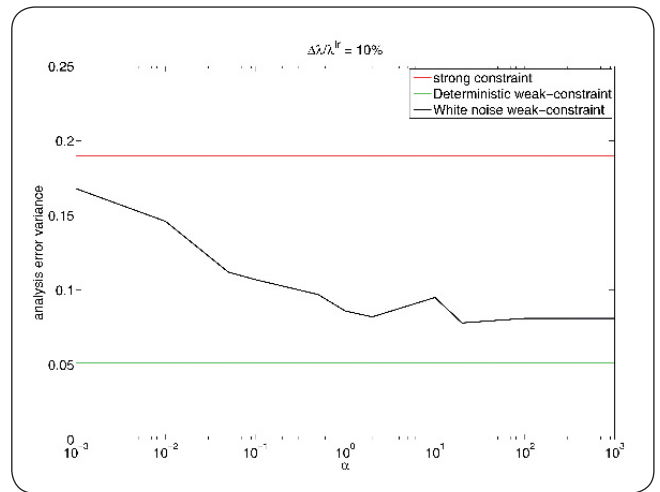
Depuis quelques années, la correction a posteriori des prévisions a été étendue aux prévisions d'ensemble et des techniques spécifiques ont été développées dans ce sens. En 2008, sur la base des travaux que nous avons effectués les années précédentes, nous avons comparé les bénéfices du post-processing sur les prévisions d'ensemble du Centre Européen en se basant sur deux techniques distinctes : une méthode linéaire développée à l'Institut (Error-in-Variable MOS, EVMOS) et une méthode de régression d'une distribution de probabilité (Non-homogeneous Gaussian Regression, NGR). Dans les deux cas, l'entraînement se réalise sur la base d'un nouveau jeu de prévisions produit au Centre Européen connu sous le nom de 'reforecasts'. Il apparaît que la technique EVMOS fournit une correction permettant une correction de l'erreur systématique sur la Belgique mais augmente peu la variabilité de l'ensemble. L'application de la méthode NGR, par contre, permet d'obtenir un ensemble qui couvre également les observations avec un accroissement substantiel de la variance de l'ensemble. Mais si l'on tient compte de la présence des erreurs d'observations, on se rend compte que l'ensemble généré par la technique EVMOS est également de bonne qualité puisqu'elle permet de bien représenter la variabilité des échelles atmosphériques effectivement résolues par le modèle. Les deux techniques sont donc utiles en fonction du but spécifique choisi, soit de faire une correction pour les grandes échelles résolues par le modèle (le cas de EVMOS), soit de faire du 'downscaling' de l'information pour caractériser la variabilité à l'échelle des observations.

### → 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 des travaux récents effectués à la Section de Météorologie et



Climatologie Dynamiques sur la dynamique de l'erreur de modélisation. En 2009, nous avons étudié cet aspect dans le contexte de l'assimilation variationnelle, technique utilisée de manière opérationnelle dans de nombreux centres météorologiques. Actuellement, elle est utilisée en supposant que le modèle décrivant l'atmosphère est parfait ou en traitant l'erreur de modélisation comme un bruit aléatoire. Nous avons développé une nouvelle stratégie, appelée assimilation variationnelle déterministe, dans laquelle cette erreur de modélisation est considérée comme un processus déterministe. Formellement, nous l'avons modifié en appliquant une technique intitulée assimilation variationnelle à faible contrainte. Notre approche permet une estimation des covariances et corrélations de l'erreur de modélisation durant les intervalles assimilatifs. Elle a également l'avantage d'être une approche flexible quand un changement de fenêtre assimilative ou de densité de réseau d'observation se produit. L'approche a été testée en comparant avec la technique d'assimilation variationnelle à faible contrainte dans sa formulation avec bruit aléatoire et avec l'assimilation variationnelle considérant que le modèle est parfait. La figure 2.5 montre la variance de l'erreur d'analyse dans le contexte du modèle de Lorenz convectif (Lorenz, 1963) où l'erreur de modélisation est simulée en perturbant les paramètres du système. Le coefficient représente l'amplitude de la covariance de l'erreur de modélisation dans la technique d'assimilation à faible contrainte avec une erreur de modélisation considérée comme un bruit aléatoire. Dans ce contexte, l'approche déterministe (ligne verte) que nous avons introduite est bien meilleure que les deux approches classiques (lignes rouge et noire) et ce, pour toutes les erreurs de modélisation explorées, pour différentes fenêtres assimilatives et différentes densités d'observations.



**DÉVELOPPEMENT  
DES CONNAISSANCES  
SUR LE CLIMAT**

**3**

## ..... **DÉVELOPPEMENT DES CONNAISSANCES SUR LE CLIMAT** .....

### **Aspects probabilistes et dynamiques du phénomène de Hurst**

Dans les années 50, E. Hurst a découvert un lien remarquable entre le retour des crues du Nil et la longueur des laps de temps au cours desquels ils étaient mesurés. Ce lien est important pour évaluer le risque d'inondation. Jusqu'à présent, il n'existe aucune explication scientifique satisfaisante pour ce phénomène qui a été baptisé, entre-temps, l'effet Hurst. Depuis lors, ce sujet intrigue les mathématiciens, les physiciens, les statisticiens, les ingénieurs et les hydrologues.

Au cours des années 60 et 70, des procédés stochastiques ont été introduits (notamment par Mandelbrot) pour reproduire exactement le phénomène de Hurst, comme le 'bruit fractionnel gaussien'. La nature doit être considérée comme un système dynamique et complexe qui, en essence, est décrit par les lois naturelles. Cette étude tentait de comprendre l'effet Hurst par le biais de la dynamique sous-jacente du système, ce qui constitue une approche plutôt physique si on la compare à la description mathématique de Mandelbrot.

Au cours d'une première phase, nous avons défini des expressions générales de la distribution de l'étendue des valeurs extrêmes au sein d'un système dynamique et déterministe. La différence fondamentale avec la théorie classique de Feller (dans laquelle les événements sont répartis de manière indépendante et identique) est le fait que la distribution accuse des discontinuités. Ajoutons que l'on a découvert certains systèmes dynamiques capables de reproduire correctement le phénomène de Hurst.

### **Impact des changements climatiques sur les extrêmes hydrologiques**

#### **→ Urbanisation versus Changement climatique: Quantification de l'influence sur le ruissellement en surface dans le bassin de la Région de Bruxelles-Capitale**

La micro-climatologie urbaine résulte des échanges entre les surfaces urbanisées et l'atmosphère. Les processus physiques qui sont au cœur de cette micro-climatologie sont les bilans énergétiques et hydriques entre les surfaces urbaines et l'atmosphère. En milieu urbain, le stockage de l'eau en surface et l'évaporation sont plus faibles qu'en milieu naturel. Par contre, le ruissellement de surface est beaucoup plus fort que celui produit par des couverts naturels. L'objectif de cette étude consiste à apporter une meilleure compréhension de l'impact de l'urbanisation sur le régime hydrologique des eaux pluviales en Région de Bruxelles - Capitale (RBC). Le modèle de surface SURFEX, développé par le Centre National de Recherches Météorologiques (Météo-France) dans lequel le module TEB (Town Energy Balance) est spécifique aux applications en matière d'hydrologie urbaine, sera utilisé en intégrant les données météorologiques représentatives de la RBC pour simuler les bilans d'eau et d'énergie en surface. L'urbanisation historique de la RBC entre 1960 et 2000 a été estimée en fonction du pourcentage de surfaces imperméables calculé à partir d'images satellite "Landsat" obtenues durant les années précédentes et les données sur les scénarios des changements climatiques proviennent de la base de données du projet Européen PRUDENCE.

### **Impact à l'échelle des bassins versants belges**

Afin de créer des scénarios de changement climatique 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 HYDRological 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.

*\* Sponsorisé par la Politique scientifique fédérale*

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, la température et l'évapotranspiration potentielle, c'est-à-dire les variables de forçage du modèle hydrologique utilisé pour les analyses d'impact. L'essentiel des activités de cette année a consisté à réaliser des simulations hydrologiques et à évaluer la sensibilité du modèle hydrologique à des changements climatiques. La Meuse et l'Escaut et leurs principaux affluents ont ainsi été étudiés. Les impacts sur le régime moyen de ces rivières, les fréquences des étiages et des crues ont été analysées de même que l'évolution possible du débit centennal. L'utilisation de l'ensemble des scénarios a permis d'associer à ces analyses des niveaux d'incertitudes.

## Études des extrêmes climatiques

### → Analyse des erreurs de calcul de la température moyenne

La température moyenne journalière est définie comme étant la moyenne entre la température maximale et la température minimale de la journée.

À première vue, cette formule peut cependant provoquer des déviations inévitables par rapport à la température moyenne exacte. Afin d'améliorer la détermination statistique de la température moyenne, une étude approfondie de cette erreur a été menée, tant sur une base saisonnière qu'annuelle.

### → Méthodes améliorées pour l'établissement de courbes Intensité-Durée-Fréquence (IDF) pour les précipitations extrêmes

Les courbes Intensité-Durée-Fréquence (IDF) des précipitations sont un instrument de probabilité qui a prouvé son utilité dans la politique de gestion de l'eau. Plus spécifiquement, les courbes IDF des précipitations permettent de répondre à des questions relatives au caractère extrême de ces dernières. L'établissement de courbes IDF des précipitations est rendu difficile, voire impossible, si l'on ne dispose pas de données à long terme des valeurs extrêmes de précipitations (par exemple, dans les régions tropicales). Nous avons proposé une méthodologie qui permet de combler cette lacune en faisant usage d'une quantité limitée de données de précipitations à haute fréquence, combinée à des valeurs de précipitations journalières à long terme. Cette technique a été illustrée par l'établissement de courbes IDF pour Lubumbashi, au Congo.

### → Vigilance Climatique

En janvier 2009 est paru le rapport intitulé "Vigilance climatique" sur lequel ont travaillé une quinzaine de collaborateurs de l'IRM. Il s'agissait de faire connaître au grand public et aux décideurs les principales activités de l'Institut dans le domaine du climat. Le titre du rapport résume bien la finalité de ces activités qui s'inscrivent dans les missions publiques de l'Institut :

- Surveiller le climat de la Belgique (mission entamée dès le 19<sup>e</sup> siècle).
- Contribuer à la surveillance et à la compréhension du climat à l'échelle globale à partir du territoire belge ou d'ailleurs et, entre autres, depuis des instruments belges installés à bord de satellites.
- Anticiper les phénomènes météorologiques dangereux ou certains impacts des changements de climat.

Ce rapport présente, **dans le premier chapitre**, l'analyse des observations des paramètres climatiques enregistrés en Belgique. Nous avons pour certaines données des séries qui datent de 1833. Ces séries sont de qualité suffisamment bonne pour permettre d'y déceler d'éventuelles tendances statistiques significatives de différents paramètres.



Par exemple, on remarque que la température a globalement augmenté de 2°C depuis le début des enregistrements. Par ailleurs, on remarque dans les précipitations un saut d'environ +7 % des précipitations annuelles vers 1910 (au niveau saisonnier, ce sont surtout les précipitations hivernales et printanières qui ont tendance à augmenter tandis que les précipitations estivales et automnales n'évoluent pas de façon significative).

D'autres indicateurs météorologiques/climatiques sont analysés dans les séries de données enregistrées en Belgique.

**Dans les chapitres suivants**, le rapport présente les différentes activités que l'IRM mène dans le domaine de la vigilance climatique :

- La surveillance de paramètres qui dépassent les frontières belges (l'irradiance solaire, les profils d'ozone, les aérosols, les variations du champ magnétique...) est assurée par l'IRM en plusieurs endroits du globe ou par satellite.
- Sont également poursuivies à l'IRM, des études théoriques sur la prévisibilité des systèmes complexes et sur les impacts possibles des changements de climats sur l'hydrologie.
- Enfin, le rapport donne un éclairage sur de nouvelles applications dans la prévision des phénomènes dangereux. Il est de plus en plus souvent considéré comme une référence pour les décideurs en Belgique.

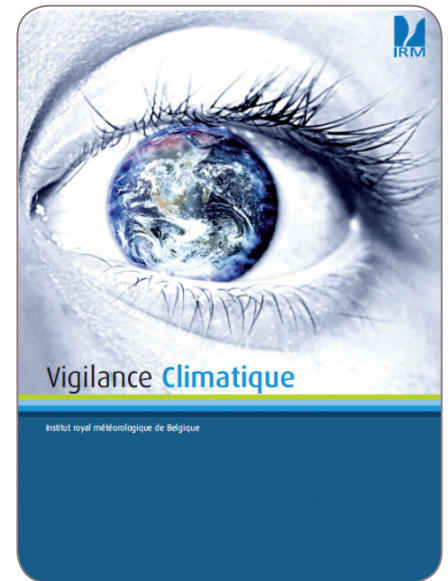


Figure 3.1: Couverture du rapport 'Vigilance Climatique'

## Magnétisme Environnemental

### → Propriétés magnétiques

La caractérisation des minéraux magnétiques (composition et taille) dans les roches et les terres cuites est importante pour l'interprétation des mesures paléo- et archéo-magnétiques et, en particulier, des propriétés magnétiques indicatrices du climat. Des minéraux magnétiques ferreux se forment au cours de nombreux processus : pendant l'altération chimique, la formation de sol ou la diagenèse de sédiments (qui sont déterminés par les conditions environnementales, dont la température et l'humidité) ou encore pendant la cuisson des argiles et limons dans les fours mis à jour dans les sites archéologiques. Ces processus produisent des ensembles de grains magnétiques qui se distinguent par leur taille et/ou par leur composition minéralogique. La présence de grains très fins superparamagnétiques est souvent responsable de la présence de composantes d'aimantation instables dans les roches et les terres cuites. Les méthodes magnétiques utilisées pour caractériser les minéraux magnétiques présentent le grand avantage de permettre la détection, l'identification et la quantification de concentrations même faibles (de l'ordre du ppm) de phases ferrimagnétiques sans préparation coûteuse de l'échantillon et dans un temps de mesure court.

La caractérisation peut se faire dans le magnétomètre rotatif (figure 3.2) [J-coercivity meter], installé au CPG, qui mesure avec haute résolution les paramètres d'hystérésis magnétique ainsi que la décroissance de l'aimantation rémanente avec le temps. Étant donné que les mesures sont non destructives et effectuées à température ambiante, les échantillons peuvent être réemployés pour d'autres analyses. La diminution de l'aimantation rémanente isotherme (IRM) dans le temps décèle la présence des grains fins super-paramagnétiques dans un échantillon. Généralement, il s'agit de grains inférieurs à environ 30 nm pour les oxydes de fer. Plus l'aimantation rémanente décroît avec le temps, plus des grains super-paramagnétiques se trouvent dans l'échantillon.

Cette méthode a été appliquée à deux échantillons de référence de tuf volcanique, dont l'un contient des grains superparamagnétiques. La figure 3.3 montre que l'IRM diminue de 10% après 100 s pour l'échantillon contenant des grains super-paramagnétiques (courbe jaune dans la figure 3.3).



Figure 3.2: Les courbes d'hystérésis sont obtenues dans le magnétomètre rotatif. L'échantillon est monté à l'intérieur du disque en plexiglas (flèche 0). Lors de la rotation du disque, l'intensité du champ magnétique est incrémentée chaque fois quand l'échantillon passe dans l'entrefer de l'électroaimant (flèche 1) où l'aimantation induite est mesurée. L'aimantation rémanente est mesurée dans une autre bobine de détection (flèche 2) qui se trouve en champ nul.

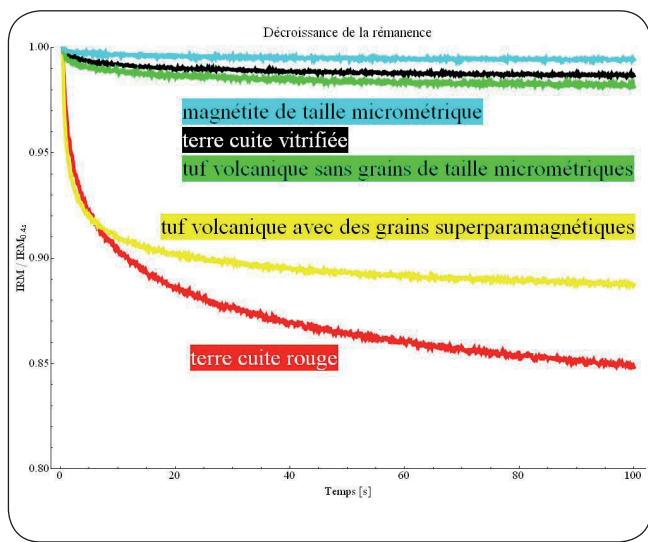


Figure 3.3: Susceptibilité magnétique en fonction du champ appliqué pour différents minéraux magnétiques. L'aimantation induite de la terre cuite, contenant des oxydes de fer, varie linéairement avec le champ et la susceptibilité magnétique MS en fonction du champ reste donc constante. Pour un phyllade contenant de la pyrrhotite et de l'hématite polycristalline, la MS dépend fortement de l'intensité du champ faible appliqué. Cette méthode permet donc de caractériser la nature des minéraux magnétiques dans les roches et terres cuites.

La même méthode peut être appliquée pour la caractérisation des matériaux cuits. Les échantillons de terre cuite dans la figure 3.3 proviennent de la chambre de combustion d'un four de potier de l'époque romaine. Pendant la combustion, les températures supérieures à 1000 °C en présence de gaz réducteurs dans la chambre de combustion provoquent la formation de magnétite de taille monodomaine (courbe en noir dans la figure 3.3). Cela n'est pas le cas pour l'intérieur de la paroi de la chambre de combustion où les gaz réducteurs ne pénètrent pas et où le milieu reste oxydant ; en conséquence, de l'hématite super-paramagnétique se forme (courbe rouge dans la figure 3.3).

Une autre manière de préciser la composition et la nature des grains magnétiques est la mesure de la susceptibilité magnétique (MS) en champ faible (ou le rapport aimantation induite sur la valeur du champ inducteur) en fonction du champ. Des mesures réalisées avec le KLY-4, récemment équipé pour des mesures en champ variable, montrent une forte dépendance avec le champ (Figure 3.3), particulièrement dans l'hématite polycristalline et des roches contenant de la pyrrhotite. La mesure de MS en champ faible mais variable permet donc de caractériser la nature et la taille des grains magnétiques dans les roches et terres cuites. En outre, il est important de préciser la valeur du champ dans lequel les mesures de MS sont effectuées pour des comparaisons interlaboratoires.





**EXTENSION ET  
AMÉLIORATION  
DES SYSTÈMES  
D'OBSERVATION**



**4**



## EXTENSION ET AMÉLIORATION DES SYSTÈMES D'OBSERVATION

L'IRM a réalisé la première installation de son magnétomètre automatique AUTODIF dans le laboratoire souterrain CONRAD du ZAMG en Basse-Autriche. L'installation s'est déroulée avec succès en 2 fois, en mai et en novembre. C'est le premier pas vers la réalisation d'un Observatoire Magnétique entièrement automatique.

Dans le domaine des observations géomagnétiques, la fin de l'année a vu le démarrage du projet AUTODIF MKII : il s'agit ici d'obtenir plus de fiabilité, de précision et de facilité d'utilisation de ce magnétomètre automatique. Nous avons, dans le cadre de notre projet INTERLATAM, continué à développer activement le réseau mondial d'observatoires magnétiques (voir figure 4.1).

Suite à une remise en question par l'ULg de sa location de la station de Vaux-Chavannes qui sert d'Observatoire Magnétique (code AIGA: MAB), l'IRM a entrepris des démarches pour la reprise de l'observatoire par la Régie des Bâtiments.

Enfin, notre programme de mesures de répétition magnétique dans des stations belges et néerlandaises s'est poursuivi afin de garantir à nos clients la fourniture de données complètement à jour. Nous avons également réalisé des mesures de répétition magnétique en Slovénie où nous avons contribué à la création du nouveau réseau de répétition slovène.

Au début de l'année (été austral), un magnétomètre a été déployé dans la nouvelle base antarctique belge Princesse Élisabeth après avoir été testé en vraie grandeur au CPG de Dourbes durant plus d'un mois. Il s'agit d'un matériel du NIPR au Japon et les chercheurs de Dourbes ont eu un accès illimité aux données récoltées.

### Une nouvelle tour radar à Jabbeke

La Régie des Bâtiments a terminé les travaux de construction d'une tour radar à Jabbeke pour le compte de l'IRM. Cette tour d'une hauteur de 50m est destinée à héberger un nouveau radar météorologique qui viendra compléter les radars déjà installés à Wideumont (IRM) et à Zaventem (Belgocontrol).

Le radar de Jabbeke sera équipé de la nouvelle technologie dite de "double polarisation". Les radars conventionnels fournissent uniquement une estimation de la quantité de précipitations. La technique de double polarisation permet également d'estimer le type des précipitations. Ainsi, le radar pourra, par exemple, faire la distinction entre des gouttes de pluie et la grêle. Grâce à cette technique, le radar de Jabbeke comptera parmi les plus modernes d'Europe.

Le nouveau radar de Jabbeke contribuera à améliorer les prévisions à très court-terme pour le nord-ouest du pays 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.

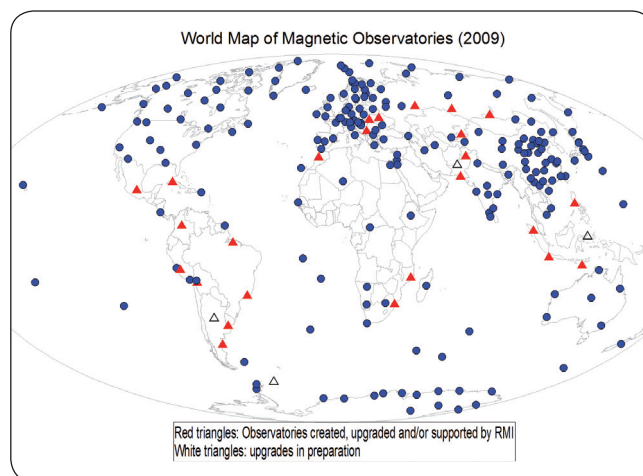


Figure 4.1 : Carte mondiale des observatoires magnétiques

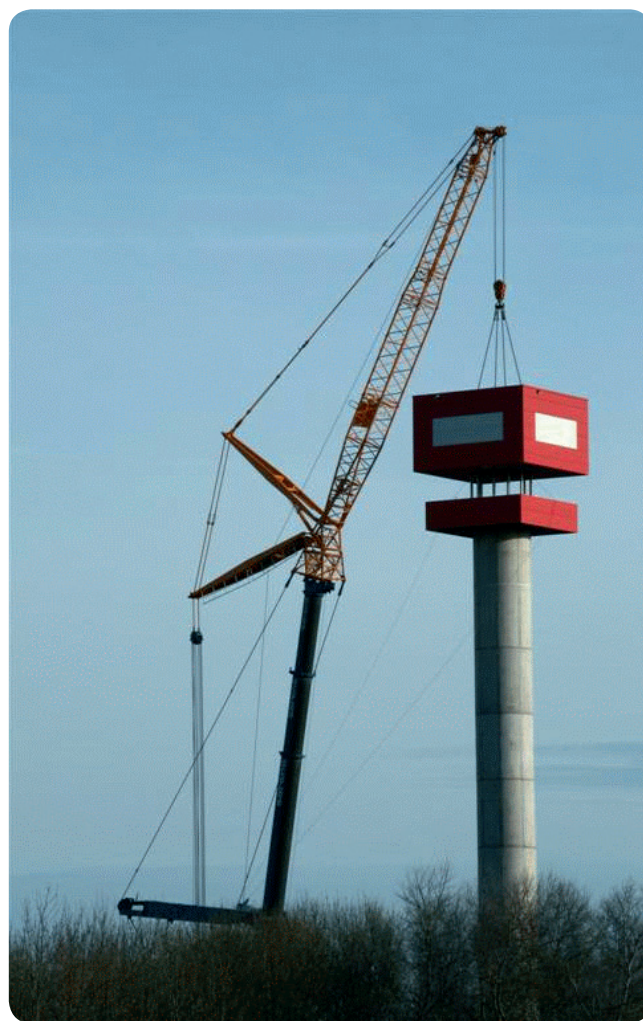


Figure 4.2 : Tour radar à Jabbeke



Figure 4.3: antenne interférométrique installée à Uccle

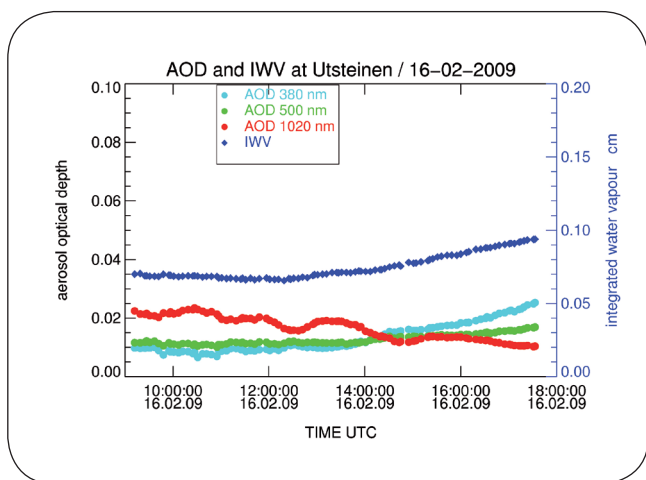


Figure 4.5 : (à gauche) Le photomètre solaire CIMEL, installé sur la base princesse Élisabeth, mesure l'atténuation totale de la lumière solaire due aux aérosols. (ci-dessus) Épaisseur optique de l'aérosol (mesure de l'atténuation de la lumière solaire) et colonne d'eau intégrée (quantité d'eau atmosphérique susceptible de produire des précipitations) le 16 février 2009, mesurées par le photomètre solaire.

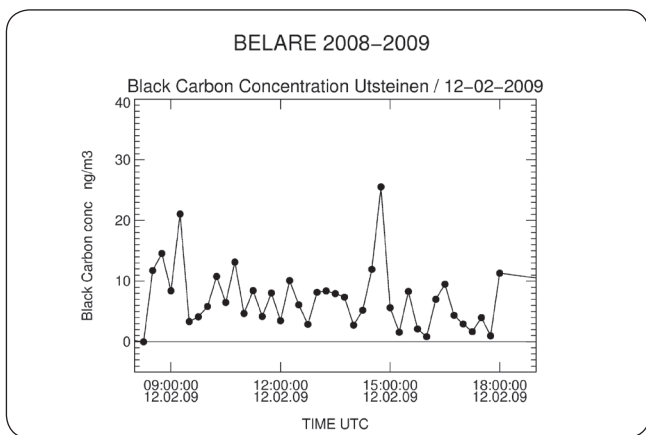


Illustration 4.6 : Évolution de la concentration de « carbone noir » mesurée le 12 février 2009 par l'éthéromètre sur la base princesse Élisabeth.

## Un nouveau système de détection de la foudre

Un nouveau processeur central a été installé pour le système SAFIR de détection de la foudre. Le nouveau système permet de localiser les coups de foudre au sol par le principe de temps d'arrivée. Ce principe de localisation permet d'augmenter d'un facteur 4 la précision de localisation en utilisant la précision des horloges des réseaux de satellites GPS. Dans le but de garantir la continuité des observations, l'IRM a développé son savoir-faire dans la conception d'antennes interférométriques. Une première antenne a été fabriquée par nos mécaniciens. Elle est la cinquième antenne du réseau belge SAFIR et servira surtout à valider les réparations faites sur les récepteurs interférométriques. Les antennes interférométriques offrent la possibilité de détecter et de localiser les éclairs intra-nuages. L'observation en temps réel de l'activité électrique atmosphérique totale (intra-nuages et coups au sol) vise à améliorer le suivi et la prévision à court-terme des orages.

## Développement du système Nowcasting

Dans le courant de l'année 2009, l'IRM a décidé d'engager la mise en œuvre d'un nouveau système Nowcasting pour la Belgique. Nowcasting consiste à élaborer des prévisions pour les toutes prochaines heures (0 à 6 heures) avec une très haute résolution spatiale (de l'ordre de 1 km). Les modèles numériques ne sont souvent pas suffisamment précis dans ce cadre de temps et les prévisions nécessitent une stratégie adaptée. Souvent, cette stratégie consiste à construire une image la plus complète possible de la situation en cours de l'atmosphère (analyse) et à réaliser ensuite une extrapolation précise dans le temps pour les heures suivantes (prévision). Cette approche nécessite l'introduction d'un grand éventail de données d'observation sur la base d'informations des radars, stations météo, sondages, satellites, etc. Le but final du système Nowcasting ne consiste pas seulement à améliorer la qualité des prévisions à court terme mais également à augmenter la fiabilité des alertes en cas de conditions météorologiques dangereuses (orages, inondations, verglas, neige...).

Le système Nowcasting choisi pour être mis en œuvre à l'IRM est l'INCA (Integrated Nowcasting through Comprehensive Analysis). L'INCA fournit des analyses et des prévisions à court terme concernant différents champs météorologiques à haute résolution (température, humidité, vent, couverture nuageuse, précipitations...). Certains de ces champs sont analysés dans une grille tridimensionnelle. Les prévisions à court terme INCA convergent progressivement vers la prévision de modèles numériques pour les prévisions à long terme. Le système a été mis au point par le service météorologique autrichien (ZAMG) et est, pour le moment, utilisé par plusieurs pays comme système opérationnel Nowcasting. La licence pour mettre en œuvre le logiciel au sein de l'IRM a été acquise dans le courant de l'année 2009. L'adaptation du système au territoire belge implique de le rendre compatible avec le flux de données d'observations de l'IRM et de modifier la projection géographique pour mieux l'adapter à la Belgique.

## Estimation de l'évapotranspiration

L'IRM contribue aux recherches réalisées dans le cadre de la LSA-SAF (<http://landsaf.meteo.pt>). L'objectif est d'exploiter les données des satellites météorologiques pour estimer une composante mal connue du bilan hydrique : l'évapotranspiration (ET), eau liquide provenant du sol et de la végétation et retournant en phase vapeur vers l'atmosphère.

En 2009, la recherche menée à l'IRM a abouti au passage au stade pré-opérationnel du produit ET obtenu sur base de données du satellite 'Meteosat Second Generation' (MSG). Des résultats sont générés en temps quasi-réel toutes les 30 minutes à la résolution spatiale de l'instrument SEVIRI (3x3km au point sous-satellite). Quatre fenêtres (sur l'Europe, les parties Nord et Sud de l'Afrique et une partie de l'Amérique du Sud) composent l'image complète vue par MSG depuis sa position au dessus de l'équateur. La Figure 4.4 présente un exemple de composition pour le 10 décembre 2009 à 12 h TU. Ces résultats sont accessibles gratuitement via le site internet de la LSA-SAF ou via le système mondial de distribution EUMETCast ([http://www.eumetsat.int/Home/Main/What\\_We\\_Do/EUMETCast/index.htm](http://www.eumetsat.int/Home/Main/What_We_Do/EUMETCast/index.htm)).

Afin de satisfaire la demande de certains utilisateurs intéressés par l'évolution du bilan hydrique sur de longues périodes, une application a été développée pour intégrer les résultats instantanés et produire des résultats à pas de temps journalier. Ce nouveau produit va être validé et devrait devenir prochainement accessible au même titre que le produit instantané.

La recherche se poursuit parallèlement aux activités à caractère plus opérationnel. Le but est d'évaluer les possibilités offertes par d'autres informations accessibles par télédétection. En 2009, une collaboration avec l'Université Technique de Vienne a permis de réaliser une première étude comparant l'humidité du sol modélisée et déduite d'observations réalisées par le satellite ERS dans le domaine des micro-ondes. Ces données présentent un potentiel intéressant pour compléter l'information sur l'évolution de l'humidité du sol des zones arides et semi-arides peu instrumentées.

Parallèlement, une recherche a été menée dans le cadre du projet GLOBAM, intégré au programme belge STEREO. Ce projet vise à estimer les rendements de cultures en exploitant des données satellitales de diverses résolutions spatiales allant de la très haute résolution (quelques dizaines de mètres) à la basse résolution des satellites météorologiques (quelques kilomètres). L'ET est une composante importante intervenant dans le rendement des cultures et la possibilité de la déduire opérationnellement à échelle continentale offre un grand intérêt. L'étude effectuée en 2009 a montré comment l'utilisation de données satellitales à plus haute résolution spatiale combinée à celles de MSG permet d'affiner le suivi de l'ET des cultures céréalières.

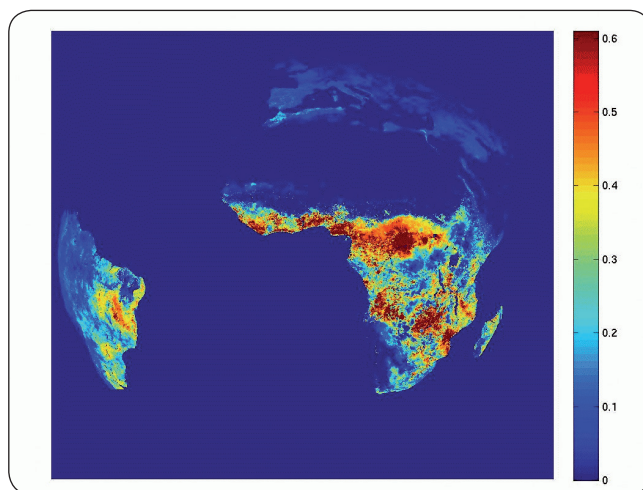


Figure 4.4: Evapotranspiration instantanée (mm h<sup>-1</sup>) vue par le satellite MSG-2 le 10 décembre 2009 à 12 h TU depuis sa position au-dessus de l'équateur.

## Expansion et amélioration des systèmes d'observation

Dans le cadre du projet BelAtmos, l'Institut Royal Météorologique envisage de réaliser, sur la nouvelle base antarctique Princesse Élisabeth, en collaboration avec l'IASB et l'Université de Gand, des observations à long terme de l'ozone et des constituants minoritaires de l'atmosphère, en accordant une attention toute particulière à la caractérisation des particules submicroniques de l'atmosphère. Ces mesures, en un lieu aussi désolé que l'Antarctique, sont importantes pour l'évaluation des concentrations de fond, pour l'amélioration de la connaissance du transport longue distance des particules submicroniques et des gaz traces. Elles sont également utiles pour la validation des mesures par satellite et les résultats modèles. Les premiers instruments ont été installés au cours de l'expédition d'exploration de 2009. Il s'agit d'un photomètre solaire CIMEL qui, à différentes longueurs d'onde, mesure l'atténuation de la lumière solaire et d'un éthalomètre Magee Scientific qui mesure l'absorption de la lumière solaire, également à différentes longueurs d'onde.

L'éthalomètre détermine également la concentration en « carbone noir ». Cette expression désigne les particules provenant de processus de combustion (comme la combustion de la biomasse, les installations de chauffage, la production d'électricité,...). D'autres instruments seront installés au cours des prochaines expéditions. Ces derniers devraient permettre d'obtenir davantage d'informations sur les propriétés optiques des particules submicroniques ainsi que sur leur masse totale et leur nombre. De plus, il sera également possible de mesurer la colonne d'ozone et le rayonnement UV spectral.

Comme on peut s'y attendre en Antarctique, la figure 4.5 montre de faibles valeurs d'épaisseur optique de l'aérosol. Les valeurs très faibles de la colonne d'eau intégrée ( $\ll 0.1$  cm) témoignent de la sécheresse de l'air en Antarctique.

Les premières observations réalisées à l'aide de l'éthalomètre (Figure 4.4) montrent des concentrations de carbone noir inférieures à 10 ng/m<sup>3</sup>. Ces faibles valeurs sont essentiellement mesurées à des vitesses du vent supérieures à 4m/s et généralement associées à des vents d'est ou du sud. Lorsque le vent souffle de ces directions, les mesures de l'éthalomètre sont relativement exemptes d'influences de la base.

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



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

### Énergie solaire disponible en Belgique

L'énergie solaire occupe une place importante parmi les différentes sources d'énergies renouvelables. Une connaissance précise de la distribution de l'irradiation solaire sur un site géographique particulier est d'une grande importance pour le développement des systèmes photo-thermiques ou photo-voltaïques ainsi que pour l'évaluation de leurs performances. Le nombre limité de stations météorologiques constituent cependant un frein à une estimation optimale de la ressource solaire à l'échelle locale/régionale dans notre pays.

L'IRM a débuté, en 2009, un projet de recherche financé par la Politique scientifique fédérale en vue d'améliorer nos connaissances dans ce domaine. L'originalité de la recherche consiste dans l'exploitation simultanée de mesures au sol et des informations issues de l'imagerie satellitaire. Celles-ci peuvent en effet s'avérer particulièrement utiles dans l'établissement d'une cartographie du rayonnement solaire global en surface disponible sur l'ensemble du territoire belge.

Dans le cadre du projet, une première validation des données d'énergie solaire en surface estimées à partir des données fournies par Meteosat-9 (le satellite météorologique européen actuellement en opération pour les prévisions) a été initiée. Les principaux résultats de cette étude obtenus en 2009 sont synthétisés dans la figure 5.1. A l'endroit de chacune des stations radiométriques de l'IRM et pour la période 2008-2009, la figure donne la différence moyenne entre les valeurs estimées à partir de Meteosat-9 et celles effectivement mesurées dans la station. Comme le montre la figure, l'erreur moyenne (MBE) est très faible, quel que soit l'algorithme considéré pour estimer le rayonnement solaire global incident en surface à partir des données satellitaires (on utilise ici les méthodes développées dans le SAF Land (LSA-SAF) et le SAF Climat (CM-SAF). Pour l'ensemble des 13 stations de mesure, on obtient une sous-estimation moyenne de l'ordre de 1,6 % (LSA-SAF) à 1,8 % (CM-SAF). Au niveau de l'écart type (RMSE), les valeurs tournent aux alentours des 30 % (CM-SAF) à 34 % (LSA-SAF), avec les erreurs les plus élevées rencontrées dans les deux cas aux stations de Saint-Hubert et de Mont Rigi (Waimes).

En 2010, une série de produits opérationnels seront préparés à partir des mesures relevées aux stations du réseau radiométrique de l'IRM. Dans un délai de 24 heures, les données journalières et horaires des rayonnements solaires global, direct et diffus seront disponibles sous forme d'abonnements standards après un contrôle de qualité automatique. On poursuivra également la recherche en cours pour fusionner les estimations satellitaires avec les mesures en surface. L'objectif est de fournir, en 2011, une climatologie du gisement solaire global disponible en Belgique

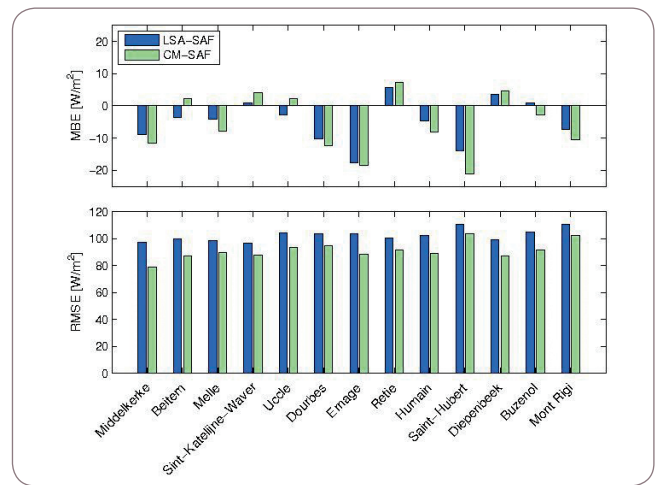


Figure 5.1 : Erreur moyenne (MBE) et écart type (RMSE) entre les valeurs du rayonnement solaire global en surface (en W/m²) estimées à partir de Meteosat-9 et mesurées au niveau des 13 stations radiométriques de l'IRM. Deux ans de données ont été analysés (2008 et 2009) ainsi que deux algorithmes différents: le LSA-SAF et le CM-SAF, développés respectivement dans le cadre du SAF land et du SAF climat d'Eumetsat.



Figure 5.2 : Dégâts aux arbres dus à la tempête (Termonde, le 5 février 2008)

## Lancement de pré-alertes « grands vents »

La météorologie numérique a beaucoup progressé. Grâce à l'introduction de la méthode dite des "prévisions d'ensemble", certains services d'aide à la décision peuvent être améliorés de manière significative. Un nombre d'institutions publiques régionales, par exemple, bénéficient déjà pour leurs besoins de ce type de méthodes spécifiques devenues opérationnelles à l'IRM en 2009.

C'est le cas, notamment, de secteurs sensibles aux grands vents qui doivent, parfois plusieurs jours à l'avance, anticiper la prévention d'un risque majeur pour la population par des décisions très concrètes. Ainsi, emprunter une route qui traverse une forêt s'avère une opération très dangereuse par grands vents. Ce sont les autorités régionales qui sont en charge d'organiser, avec la police fédérale, la fermeture de ces routes et de signaler des voies alternatives aux usagers habitués à emprunter ces routes devenues dangereuses. Pour remplir cette mission, les responsables ont besoin d'un certain délai pour prendre leurs décisions.

Les avertissements classiques mis en ligne sur notre site depuis plusieurs années ne sont diffusés qu'à des échéances trop courtes pour organiser la mise en place de ces voies de contournement. C'est pourquoi, des pré-alertes peuvent s'avérer très utiles. On peut, en effet, mobiliser du personnel quelques jours à l'avance pour préparer la mise en place de ces contournements par des voies alternatives. En Région de Bruxelles-Capitale, des procédures de pré-alertes ont été convenues en 2009 entre l'IRM et l'IBGE-BIM de manière à avertir dans les meilleurs délais le personnel impliqué dans ces prises de précautions d'un risque de dépassement de seuil. Typiquement, quatre jours à l'avance pour ce qui concerne les vents hivernaux, le risque peut être décelé dans les différentes sorties de modèles. Dès le moment où la probabilité atteint un seuil convenu, une "pré-alerte" est lancée et envoyée à plusieurs adresses soit par sms, soit par e-mail, invitant les destinataires à renforcer leur attention les jours suivants. Ils peuvent consulter le site Web de l'IRM et parfois même s'entretenir par téléphone avec les prévisionnistes. Pendant les jours qui suivent cette pré-alerte, l'évaluation du risque s'affine pour induire, le cas échéant, le renforcement ou la levée de l'alerte en dernière instance.

Cette première expérience de pré-alertes "grands vents" avec l'IBGE-BIM, en charge de la sécurité dans les parcs et bois de la Région bruxelloise, est encourageante. La demande pour des produits spécifiques de pré-alertes météorologiques devrait s'amplifier à l'avenir. La mise au point et la validation de ce type de produit seront toujours le résultat d'une étroite collaboration entre le client et l'interface utilisateur de l'IRM.

## Collaboration avec 'Het Weer Magazine'

En 2009, l'organe de presse néerlandais «Het Weer Magazine» a décidé d'étendre sa distribution à la Flandre. Il s'agit d'une édition de Virtumedia qui paraît 6 fois par an. L'IRM a conclu un accord de collaboration avec l'éditeur et aujourd'hui, des contributions belges paraissent régulièrement dans le magazine. Cette démarche permet à l'IRM d'améliorer sa visibilité auprès du public intéressé grâce à des textes liés à la météorologie.

En 2009, les contributions de l'IRM ont été de nature très diverse. C'est ainsi que tant l'histoire de l'IRM que ses activités actuelles et ses projets d'avenir ont été présentés aux lecteurs de « Het Weer Magazine ».

Citons quelques exemples :

- Les mesures du radar météorologique de Wideumont sont souvent perturbées pendant la migration des oiseaux. Or, ces perturbations peuvent contenir des informations précieuses pour les pilotes et les ornithologues. Par conséquent, le radar n'est pas seulement utilisé pour détecter les zones de précipitations et estimer leur intensité inhérente (<http://www.meteo.be/meteo/view/fr/66981-Archief.html?view=1119155>)
- Les pionniers belges de l'effet de serre sont mis à l'honneur. La notion 'd'effet de serre' est un terme qui appartient, aujourd'hui, au vocabulaire courant. Ce sont deux scientifiques liégeois qui, les premiers, ont comparé, en 1886, le réchauffement climatique à une serre.
- Grâce à la station météorologique océanographique d'Ostende, l'IRM surveille la côte belge du coin de l'œil. Nos météorologues marins établissent des bulletins météorologiques côtiers qui contiennent les prévisions de marée, de hauteur de vagues, d'intensité du vent et de visibilité en mer. Ces dernières peuvent être consultées sur un site web spécialement développé à cet effet : <http://www.kustweerbericht.be/fr/home.asp>

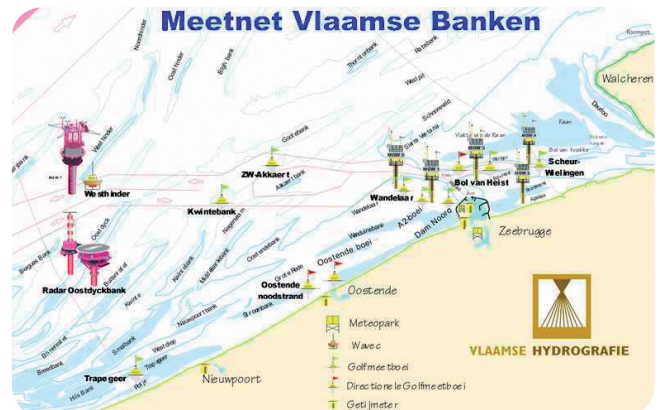


Figure 5.3: Le réseau de mesure "Vlaamse Banken" et les chenaux de navigation vers les ports belges

## Station Météorologique Océanographique (OMS)

La station météorologique océanographique (en néerlandais OMS pour Oceanografisch Meteorologisch Station) à Ostende est intégrée à la section du littoral de l'Agence Maritime dépendant des autorités flamandes. L'OMS surveille sept jours sur sept le temps et les marées sur notre littoral et sur l'estuaire de l'Escaut ainsi que dans l'entrée des ports. C'est une équipe de l'IRM de sept membres spécialisés en météorologie marine qui constitue le personnel opérationnel de cette station. Depuis le 1er juin 2009, l'IRM met donc contractuellement à disposition de l'OMS son expérience et son personnel. La vision de l'IRM est précisément de fournir des services au public et aux autorités les plus fiables possibles basés sur la recherche, l'innovation et la continuité. Le projet des autorités flamandes de se doter d'une station de prévisions hydrométéorologiques cadrait bien avec la vision de l'IRM. On dispose dans le Bureau du Temps à Ostende de toutes les observations en temps réel du réseau de stations flamand ainsi que des sorties de modèles spécifiques qui calculent les marées et la hauteur des vagues. On utilise toutes les informations météorologiques possibles : observations synoptiques, images-satellite et images-radar, sondages, modèles globaux et modèles régionaux.

Les météorologues marins interprètent toutes ces informations pour les traduire en un bulletin spécifique à la côte comprenant les prévisions de marées, de hauteur de vagues, de vent et de la visibilité en mer. Ces bulletins du temps sont en premier lieu destinés aux usagers professionnels des chenaux de navigation au large de la côte belge (navigation, services de pilotage, dragueurs, entrepreneurs...). Ils sont également utiles, par exemple, aux amateurs de sports nautiques, au secteur horeca et bien sûr aux vacanciers et aux touristes de passage. Pour cette raison, une version professionnelle et une version simplifiée des bulletins du temps peuvent être consultées gratuitement à l'adresse suivante: 'www.kustweerbericht.be'. L'OMS produit des prévisions de vent pour les zones de Zeebrugge, Wandelaar et Westhinder ainsi que des prévisions de vagues pour les zones d'Ostende, Bol van Heist, Scheur Wielingen, Kwietsbank et Westhinder. Les zones de Zeebruges, Ostende, Bol van Heist et Scheur Wielingen se trouvent dans ce

qu'on appelle la " zone côtière ", une région qui s'étend de la plage jusqu'à cinq kilomètres en mer. Le Wandelaar se trouve dans la zone de transition entre la côte et la pleine mer, environ à 5 kilomètres au large de Blankenberge. Les deux autres zones sont en haute mer : le Kwintebank à environ 10 kilomètres et le Westhinder à environ 30 kilomètres au large de Nieuport.

Chaque jour, l'OMS exécute une grande variété de tâches. Les prévisions marines y sont élaborées quotidiennement. Elles

comprennent des prévisions à très court, à court et moyen termes du temps en mer, des marées, des vagues et éventuellement d'autres variables météorologiques. Sur le plan géographique, elles concernent la côte belge, les eaux territoriales belges et le plateau continental belge. Les passages de Westhinder – Kwintebank – Scheur / Wielingen sont particulièrement importants. Les chenaux d'approche des ports et le raccordement avec la région de l'Escaut occidental (pour laquelle le service néerlandais des Ponts et Chaussées rédige les prévisions marines) sont également importants. L'OMS est également responsable de l'assistance météorologique lors de travaux en mer ou le long de la côte, comme les travaux de construction de digues, les travaux portuaires, les relevés hydrographiques, les travaux de dragage, l'enlèvement des épaves, etc. L'OMS fournit un soutien en météorologie marine au service d'avertissement des grandes marées de la section Côte de la MDK (Maritieme Dienstverlening en Kust). En cas de tempête avec des vitesses de vent moyennes prévues de 9 bf et plus ou si on prévoit une hauteur de marée approchant de moins de 20 cm du premier niveau d'alerte, l'évolution des conditions météorologiques et leur influence sur la marée doivent être suivies avec une attention particulière. Dès qu'un risque de haut niveau des eaux peut être déduit des prévisions météorologiques, l'OMS se trouve dans un état de vigilance accrue. En outre, il fournit aussi son assistance lors de situations de crise comme des catastrophes maritimes, danger important de pollution. Les bulletins météorologiques de l'OMS sont envoyés par fax ou e-mail à des utilisateurs professionnels dont les entités du MDK et certaines sections du département Mobilité et Travaux Publics des autorités flamandes. Les prévisions faites par l'OMS sont également mises sur le site web [www.kustweerbericht.be](http://www.kustweerbericht.be). Comme service complémentaire, l'OMS réalise un produit dérivé des bulletins météorologiques : un bulletin du temps côtier couvrant tous les secteurs de la côte, s'adressant aussi au grand public. Ce bulletin est scindé en deux pour l'est et l'ouest de la côte et est disponible en quatre langues. Récemment, le site web de l'OMS a été complètement rénové.

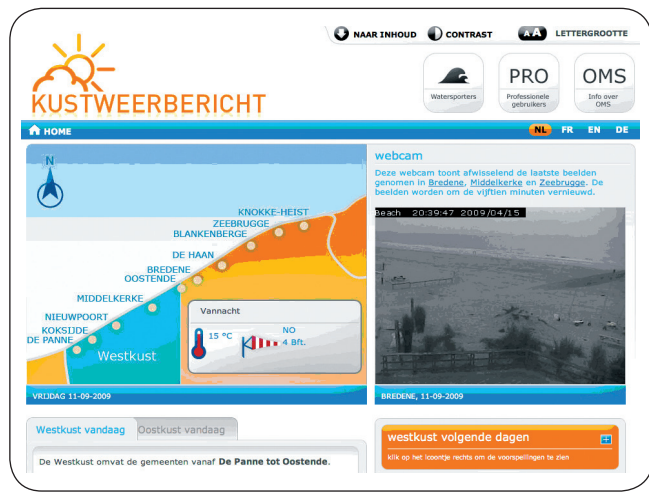


Figure 5.4: La nouvelle page web

Dans la rubrique "Amateurs de sports nautiques" se trouve un résumé des prévisions du vent, des vagues et des marées pour un nombre limité de lieux. Dans la section pour utilisateurs professionnels, des prévisions détaillées sont données pour toutes les zones d'intérêt. Les prévisions vont jusqu'à un horizon de 96 heures maximum pour ce qui concerne le court terme et une prévision à plus long terme est également élaborée. Les bulletins météorologiques sont publiés à 8h, 12h, 16h et 20h, 7 jours sur 7.

- Maritieme Dienstverlening en Kust:  
<http://www.agentschapmdk.be>



## Utilisateurs internes

### → Système de gestion des appels d'incident

En 2009, le département du Traitement de l'Information a implémenté un nouveau système de gestion des appels d'incident. Le principal objectif de ce nouveau système est de renforcer le "Service Desk" en favorisant un processus uniforme de notification, de traitement et d'enregistrement des incidents. En parallèle avec l'implémentation de ce système, le département a renforcé sa politique d'utilisation du Single Point of Contact (SPOC). Les utilisateurs sont encouragés à faire appel au SPOC en toutes circonstances grâce à un numéro de téléphone et une adresse email unique. Le SPOC est opérationnel 24h sur 24h, 7 jours sur 7 et localisé dans le bâtiment du Centre de Calcul de l'IRM.

Tous les rapports d'incidents ou les demandes de support sont enregistrés dans le système qui, à la base, est aussi le système de suivi des problèmes (issue tracking system) utilisé par les équipes de développeurs de logiciel. Ce système sert aussi de base de données des connaissances utiles pour la résolution des incidents. Au cours de l'année 2009, le système a enregistré plus de mille appels. Le taux de résolution de ces incidents avoisine les 97%.

Après près d'une année d'utilisation, il est clair que des efforts doivent encore être consentis pour :

- assurer une meilleure catégorisation du type et du niveau de sévérité des incidents, ce qui réduira les erreurs de dispatching entre le Niveau 1 (help desk) et le Niveau 2 (techniciens, développeurs);
- augmenter la capacité de résolution des incidents au Niveau 1;
- rendre accessible aux utilisateurs une partie des connaissances et mettre en place un système de self-service help-desk: les utilisateurs pourraient dépanner les petits incidents eux-mêmes grâce à des FAQ et how-to documentés dans le wiki par exemple;
- mettre en place des indices de performance (par exemple: temps de résolution, niveau de satisfaction des utilisateurs, etc.)..

## Mise à jour de la Base de Données

La base de données centrale constitue le centre névralgique des flux des données utilisées au sein de l'IRM. Le bon déroulement de la plupart des tâches opérationnelles dépend de son bon fonctionnement et ce, tant au niveau de ses performances que de son intégrité. La mise à jour du matériel a été planifiée ainsi qu'une mise à niveau de la version Oracle la plus récente. Le basculement des services assurés par l'ancien serveur vers le nouveau serveur a été organisé en décembre avec le soutien externe de la société Realdolmen. Ce partenariat a permis de ramener au minimum les interruptions de service. La nouvelle infrastructure repose sur la technologie RAC (Real Application Cluster) d'Oracle qui permet à 2 serveurs, des serveurs X86 d'IBM en l'occurrence, de travailler en parallèle et d'assurer un maintien du service en cas d'arrêt éventuel d'une machine. Vu l'importance du rôle joué par la base de données, un serveur de secours a en outre été installé dans un bâtiment de l'IASB. Ce serveur pourra être utilisé dans le cadre du plan de continuité de service en cas de désastre majeur. Ce serveur sert en outre à la réalisation des sauvetages quotidiens sur supports magnétiques.

## Stockage

Plusieurs interventions ont été réalisées pour permettre aux utilisateurs de l'infrastructure informatique de l'IRM de disposer de plus d'espace de stockage. Notons principalement la mise à jour du serveur de fichiers central du Plateau d'Uccle. Le doublement de la capacité de stockage réalisé correspond à l'exécution de la seconde phase du contrat de leasing auprès de la société Fujitsu Technology Solutions. Les trois ESF du Plateau, à savoir l'IRM, l'IASB et l'ORB disposent de ce fait d'un espace commun de 72 TB à partager entre leurs utilisateurs. Grâce aux techniciens de la société NetApp, l'installation de cette capacité supplémentaire a pu être réalisée pratiquement sans interruption de service.

## SMS

L'IRM réalise 4 fois par jour des prévisions numériques du temps sur le serveur de calcul intensif du Plateau d'Uccle. Ces tâches complexes qui doivent se conformer à des horaires stricts et qui dépendent aussi les unes des autres sont dorénavant cadencées et suivies grâce au logiciel SMS (Supervisor Monitor Scheduler), développé par l'ECMWF. Ce logiciel a été installé sur deux serveurs en redondance afin de pallier à tout problème technique. L'interface de contrôle donne un suivi en temps réel de l'exécution des tâches opérationnelles et permet à l'opérateur d'intervenir sur celles-ci en cas de dysfonctionnement.

**CONTRIBUTIONS  
AU RAYONNEMENT  
INTERNATIONAL  
DE LA BELGIQUE**



**6**

## CONTRIBUTIONS AU RAYONNEMENT INTERNATIONAL DE LA BELGIQUE

### Organisation de la 15<sup>e</sup> session du Conseil régional (Région VI) de l'Organisation Météorologique Mondiale à Bruxelles

L'un des objectifs stratégiques du plan de gestion de l'Institut Royal Météorologique, et non des moindres, consiste à contribuer au rayonnement international de la Belgique. Dans ce cadre, chaque année, l'IRM réunit des scientifiques ou des représentants d'organisations de niveau international. Du 18 au 24 septembre 2009, nous avons eu l'occasion d'organiser un événement de prestige. Il s'agit de la 15<sup>ème</sup> session du Conseil régional (Région VI) (RA VI) de l'Organisation Météorologique Mondiale. C'était la toute première fois que notre pays accueillait cette réunion quadriennale.

La réunion s'est tenue dans « l'Auditorium international » au numéro 5 du Boulevard Albert II, à 1210 Bruxelles et ne comptait pas moins de 200 participants. Nous avons reçu un soutien financier important de la Politique scientifique fédérale. Nous avons également pu bénéficier du sponsoring des sociétés suivantes : Offimex, IBM, DELL, ECC, Gematronik et OTT.

Cette réunion rassemblait les délégués permanents auprès de l'Organisation Météorologique Mondiale d'une cinquantaine d'États membres et leurs collaborateurs. La conférence avait pour objectif de coordonner les différents services météorologiques en vue de limiter les dégâts dus aux catastrophes naturelles provoquées par les phénomènes météorologiques et climatiques et de favoriser le développement durable.

La réunion du RA VI a été préalablement préparée les 16 et 17 septembre au cours d'une conférence technique. Les sujets suivants y ont été débattus :

- Avantage des services météorologique pour la société européenne ;
- Partenariat et extension des capacités ;
- Défis européens ;
- Besoins des services météorologiques nationaux pour exécuter leurs missions à l'échelon économique et social.

La session du RA VI s'est tenue du 18 au 24 septembre. La conférence a été ouverte par le représentant du ministre, le secrétaire général de l'OMM, le président du RA VI et le délégué permanent de la Belgique auprès de l'OMM.

Les sujets suivants ont été abordés :

- Aspects régionaux (voir conférence technique) ;
- Gestion efficace et bonne gouvernance ;
- Défis spécifiques.

L'un des deux exposés scientifiques présentés au cours de la session du RA VI a été signé par le Dr Termonia de l'IRM. Ce dernier a été chaleureusement félicité par plusieurs délégués.



Figure 6.2 : Logos des sponsors de la conférence RAVI.



Figure 6.1 : Photo de groupe des participants au RA VI.



Figure 6.2: Photo de groupe des collaborateurs de l'IRM qui ont assuré l'organisation du RAVI

### 3<sup>ème</sup> Conférence mondiale sur le climat à Genève

Une délégation de l'IRM s'est rendue à la 3<sup>ème</sup> Conférence mondiale sur le climat qui s'est tenue à Genève du 31 août au 4 septembre 2009. L'ambassade de Belgique en Suisse a saisi cette occasion pour organiser une brève rencontre informelle entre différentes personnalités dont le Ministre du climat et de l'énergie, M. Paul Magnette. Notre attention a été retenue principalement par la déclaration du Secrétaire général de l'Organisation Météorologique Mondiale, M. Michel Jarraud, à l'issue de la Conférence, affirmant « qu'il s'agit maintenant de mettre en place une structure en bonne et due forme qui permette de fournir des produits faciles à interpréter à tous les secteurs d'activité pour qu'ils puissent anticiper l'évolution des conditions climatiques. » Cet objectif s'accorde parfaitement avec ceux énoncés dans le plan stratégique de l'IRM qui est de faciliter l'accès du public aux informations pertinentes sur le climat.



Figure 6.3 : Image d'ambiance de la 3<sup>ème</sup> conférence mondiale sur le climat. De gauche à droite : M. Alex Van Meeuwen (Ambassadeur auprès des Nations Unies à Genève), M. Paul Magnette (ministre fédéral du Climat et de l'Énergie) et M. François Brouyaux (chargé de la communication à l'IRM).

### Earth Challenge

A l'origine, ce projet est le fruit de quelques passionnés d'aviation légère rassemblés autour de l'association "ULM sans frontière". Il s'agissait de rallier l'Australie à la Belgique en ULM, en attirant l'attention sur les menaces pesant sur l'environnement planétaire. Les deux étapes, celle du 5 au 30 avril et celle du 30 octobre au 5 décembre, auront permis à sept aventuriers de parcourir près de 27.000 km. Soutenue par la Politique scientifique fédérale, cette expédition a bénéficié de l'expertise de l'IRM. Plus spécialement, Luc Trullemans, un de ses prévisionnistes, en était

le maître d'œuvre pour ce qui concerne l'assistance météorologique. Il s'était déjà fait connaître notamment en ayant guidé avec succès en mars 1999 Bertrand Piccard et Brian Jones lorsqu'ils réalisèrent, à bord du « Breitling orbiter III », le premier tour du monde en ballon sans escale. Cette fois, Luc était lui-même soutenu par les autres prévisionnistes du Bureau du Temps de l'IRM. Tout en permettant à ces aventuriers de découvrir des paysages exceptionnels, les avions, si légers soient-ils, étaient équipés d'instruments mesurant la pollution atmosphérique. Comme le suggère le site Web de cette opération : " En survolant à basse altitude les régions les plus menacées de la planète, "Earth Challenge" entend conscientiser le plus grand nombre à la nécessité de changer d'urgence nos comportements pour préserver le joyau qui nous abrite". L'opération a parfaitement réussi et fera prochainement l'objet d'un film dans le cadre des conférences d'Exploration du Monde..

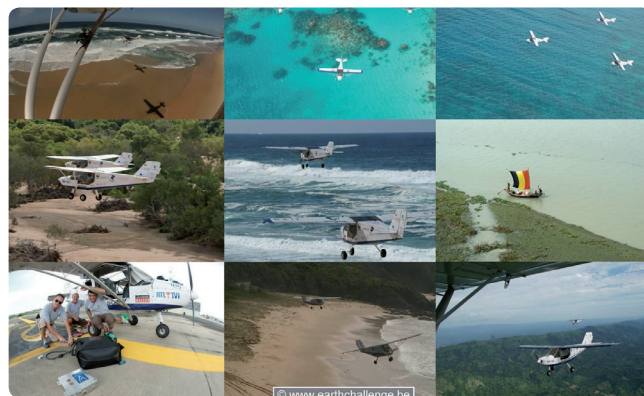


Figure 6.4 : Photo de Earth Challenge (copyright Earth Challenge)

### Visite du 'Turkish State Meteorological Service'

Du 2 au 4 décembre 2009, une délégation de l'Institut Météorologique Turc, forte de 31 personnes, a rendu visite à l'IRM dans le cadre d'un projet de 'Mobilité des professionnels de l'enseignement et de la formation professionnels (PROEFP)' soutenus par le Programme Éducation et Formation tout au long de la vie - Actions Leonardo da Vinci de la Commission européenne. L'objectif de ce projet consistait à se faire une idée de la structure organisationnelle des instituts météorologiques nationaux de l'Union européenne et à renforcer les relations entre ces services. C'est dans ce cadre que le TSMS a planifié une visite technique de quatre jours à l'IRM. Le 1<sup>er</sup> décembre, les collègues turcs ont visité les départements 'Traitement de l'information' et 'Observations'. Le lendemain, ils se sont rendus au département Recherche où ils ont, entre autres, découvert la théorie du chaos et le modèle météorologique ALADIN. La visite guidée du Bureau du Temps a constitué le point d'orgue de la journée. Le troisième jour, l'intérêt s'est porté sur la géophysique avec une visite au 'Centre de Physique du Globe' de l'IRM à Dourbes. Le vendredi 4 décembre, dernier jour de la visite, a commencé par une réunion afin de discuter des éventuelles possibilités de collaboration. Au cours de l'après-midi, le programme prévoyait la découverte touristique de Bruxelles et la visite du Planétarium, suivies d'un dîner à l'Atomium pour terminer le séjour en beauté.



Illustration 6.5 : Photo de groupe de la délégation du Turkish State Meteorological Service au Bureau du Temps de l'IRM.

### Visite de scientifiques étrangers

Le Centre de Physique du Globe a reçu la visite de nombreux scientifiques étrangers. Pour n'en citer que deux :

- Dans le cadre de la collaboration entre le ZAMG (Autriche) et l'IRM, M. Richard Mandl a séjourné à Dourbes pour travailler sur l'AUTODIF.
- M. Gerardo Cifuentes de l'UNAM (Mexique) a passé une semaine à travailler avec nous sur le projet INTERLATAM.



**Modernisation  
de la gestion**

7

## MODERNISATION DE LA GESTION

---

### Amélioration et extension du 'management information system'

En 2009, notre activité est essentiellement liée au développement de la deuxième version du système de gestion de la base des données des ressources humaines (RHDB). Nous avons fiabilisé le RHDB auquel nous avons ajouté plusieurs fonctions telles que les fonctions de recherche et d'exportation. Cette dernière permet de générer des fichiers de données dans des formats compatibles avec Pdata (Statistiques de l'administration fédérale), IFA (Institut de formation de l'administration fédérale) et Medex (Administration expertise médicale). De nouvelles fonctionnalités du RHDB ont également été développées pour répondre aux exigences du nouveau processus des Cercles de Développement mis en place par les Services publics fédéraux ([http://www.fedweb.belgium.be/fr/evaluation/cercles\\_developpement\\_fonctionnaires/index.jsp](http://www.fedweb.belgium.be/fr/evaluation/cercles_developpement_fonctionnaires/index.jsp)).

Le niveau d'utilisation des processus automatisés (workflow) a été en constante progression en 2009. Le nombre de workflows gérés par le nouveau moteur de workflow Shark a passé de 6 (2008) à 260 (2009), totalisant au-delà de mille deux cents tâches exécutées. Quant à l'ancien moteur OS-Workflow, il a continué à assurer la gestion d'environ mille workflows annuellement.

Tous les processus nouvellement automatisés ont connu une ou plusieurs itérations qui ont conduit à la mise en production de nouvelles versions. Ces itérations proviennent des feedback des utilisateurs et des problèmes observés en cours d'utilisation. L'amélioration apportée par chaque nouvelle version contribue au processus du business reengineering.

### Bien-être du personnel : sécurité et prévention

#### → Examens médicaux

Le service externe de prévention IDEWE est toujours responsable des contrôles médicaux du personnel. Les nouveaux membres du personnel sont soumis à un examen le plus rapidement possible. Les membres du personnel exerçant une fonction de sécurité ou à risque soumise à un examen annuel, reçoivent, si nécessaire, la priorité.

#### → Secourisme

Le matériel de secourisme a été renouvelé.

#### → Électricité

L'électricien a acquis suffisamment de connaissances sur les installations pour intervenir de manière curative en cas de problème (de sécurité).

#### → Ergonomie

Une formation à l'ergonomie pour les administrateurs système a été approuvée et adjugée à la firme SECUREX. Cette formation se tiendra au printemps 2010 et sera évaluée par la suite.

#### → Hygiène

Le personnel de cuisine a suivi une formation en hygiène alimentaire (HACCP). Une bonne partie du matériel électrique/électronique ancien a été enlevé par une société spécialisée. Dans la mesure des possibilités, un inventaire a été dressé pour tous les produits chimiques. Leur enlèvement est confié à une firme spécialisée.

#### → Détection de l'incendie

La procédure d'adjudication mentionnée dans le rapport annuel 2008 est arrivée à son terme. Le placement effectif doit débuter en septembre 2010 chez nos collègues de l'IASB. En fonction de l'avancement des travaux, le placement devrait débuter à l'IRM en 2011.



Figure 7.1: Vue générale du bureau du temps rénové

## Rénovation du Bureau du Temps

Le Bureau du Temps à l'IRM a été entièrement rénové en 2009. Les équipes de prévisionnistes travaillent désormais dans un environnement plus confortable. Chacun dispose à portée de main d'une série d'outils spécifiques selon les tâches qui lui sont assignées, sans pour autant être trop éloigné de ses collègues. Des équipes se relayent pour permettre une présence permanente 24h sur 24. Ceci permet d'assurer un suivi en continu des conditions météorologiques, en particulier en cas d'événements météorologiques dangereux.

Ces événements peuvent généralement être mieux prévus et à des échéances qui ont bien progressé depuis que l'on a recours à la prévision numérique. Il n'empêche que certains d'entre eux – surtout les averses orageuses – peuvent présenter des comportements erratiques à très court terme. Le travail des prévisionnistes est réparti en trois segments : celui de la vigilance à « très court terme » (dans le jargon, le *nowcasting*) qui ne couvre que quelques heures d'échéance, celui dit à « court terme » couvrant une échéance d'environ 48 heures et celui dit à « moyen terme » qui cherche à anticiper l'évolution de la situation à une plus grande échelle que le territoire belge et à une échéance allant jusqu'à une dizaine de jours dans les cas les plus favorables. Le plus souvent, on se limite pourtant à une échéance de 5 jours. C'est pourquoi les résultats des prévisions à cette échéance se retrouvent tous les jours sur notre site sous une forme simplifiée et commentée, accessible à tous les publics. Pour la surveillance « *nowcasting* », les outils d'observations en temps réel sont évidemment privilégiés : imagerie radar, imagerie satellite, instruments détecteurs de la foudre, stations météorologiques automatiques et webcam. Tout concourt à une surveillance de tous les instants et à lancer des avertissements qui s'ajoutent, le cas échéant, à ceux déjà mis en ligne. Pour le travail à court terme, les avertissements et la prévision générale sont produits en confrontant différents modèles dont un modèle régional de prévision à mailles fines développé par une équipe internationale de chercheurs dont certains travaillent à l'IRM.

Pour l'anticipation à moyenne échéance, les modèles globaux à plus grandes mailles, dont celui du Centre Européen, sont utilisés. On a également recours à la technique dite de « prévisions d'ensemble ». Le principe consiste à lancer plusieurs simulations avec un même modèle en perturbant légèrement les entrées de départ et à analyser statistiquement ensuite les différentes sorties de manière à attribuer une probabilité aux différents scénarios. Cette technique a fait ses preuves, par exemple, dans l'évaluation du dépassement du seuil critique pour certaines activités qui y sont sensibles (le gel ou les grands vents dans le secteur de la construction, par exemple).

La rénovation du Bureau du Temps était attendue depuis longtemps par l'équipe des prévisionnistes qui, dès la fin de l'année 2009, ont intégré ce superbe local pimpant neuf et rééquipé sur le plan du mobilier et de l'informatique.





## Le temps en 2009



## LE TEMPS EN 2009

Comme ces dernières années, 2009 fut à nouveau caractérisée par un excès important de la température moyenne à Uccle par rapport à la moyenne des températures observées depuis 1833 dans la région bruxelloise (cf. figure 8.1). Ce fut la 11e année la plus chaude observée à Uccle depuis 1901. La température moyenne a atteint 11,0°C, soit 1,3°C au-dessus de la valeur normale sur le 20e siècle (9,7°C). Un tel écart est qualifié de "très anormalement" élevé (cf. tableau 1 pour la définition des degrés d'anormalité).

Parmi les autres paramètres (cf. tableau 8.2), remarquons que les valeurs annuelles 2009 de la quantité de précipitations, du nombre de jours de précipitations mesurables et du nombre de jours d'orage dans le pays furent "normales". Avec 763,6 mm, le total des précipitations fut "normalement" déficitaire, la normale étant de 804,8 mm. Par contre, la durée d'insolation fut "anormalement" excédentaire, avec 1699 h (pour une normale de 1572 h) et les valeurs annuelles de la vitesse du vent et de l'humidité relative furent "très anormalement" basses. L'humidité relative moyenne atteignit 77% (pour une normale de 81%) et le vent, une valeur moyenne de 3,4 m/s (pour une normale de 3,7 m/s).

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

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

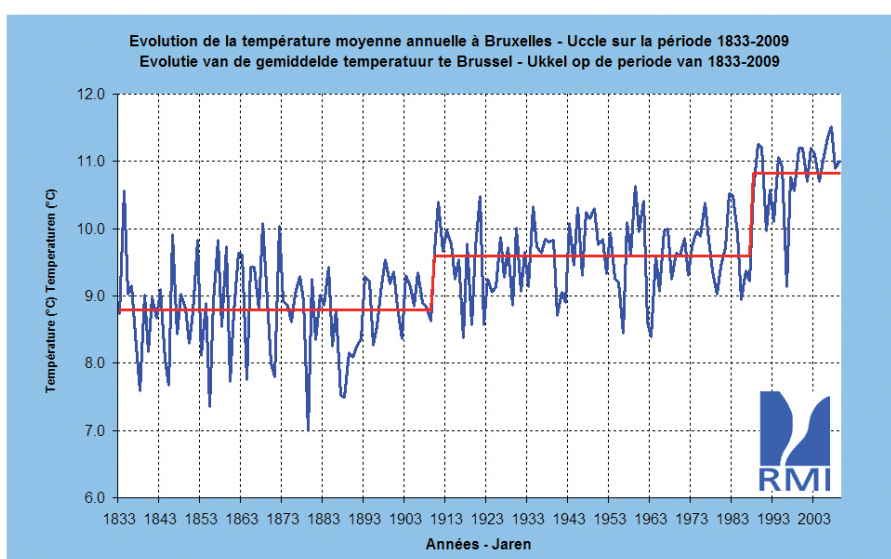


Figure 8.1. Température moyenne annuelle (en °C) à Bruxelles-Uccle, de 1833 à 2009

Paramètre	2009	Normal	Car
Pression moyenne de l'air (au niveau moyen de la mer) (hPa)	1014,5	1015,7	a-
Vitesse moyenne du vent (m/s)	3,4	3,7	ta-
Durée d'insolation (h)	1699	1572	a+
Température moyenne (°C)	11,0	9,7	ta+
Température maximale moyenne (°C)	15,0	13,8	ta+
Température minimale moyenne (°C)	7,1	6,7	n
Température maximale absolue (°C)	33,4	31,7	n
Température minimale absolue (°C)	-12,8	-8,9	a-
Nombre de jours de gel (min $\leq$ 0°C)	47	47	n
Nombre de jours d'hiver (max $\leq$ 0°C)	9	8	n
Nombre de jours d'été (max $\geq$ 25°C)	36	a+	a+
Nombre de jours de forte chaleur (max $\geq$ 30°C)	4	3	n
Humidité relative moyenne de l'air (%)	77	81	ta-
Tension de vapeur moyenne (hPa)	10,1	3	n
Total des précipitations (mm)	763,6	804,8	n
Nombre de jours de précipitations mesurables ( $\geq$ 0,1 mm)	190	207	n
Nombre de jours d'orages dans le pays*	95	94	n

Tableau 8.2. Valeurs pour l'année 2009 et valeurs normales pour différents paramètres météorologiques mesurés à Uccle. La colonne "Car" (= Caractéristiques statistiques) donne le degré d'anormalité du paramètre en 2009, 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 le nombre de jours d'orages dans le pays où la période de référence est 1981-2007 et pour les températures extrêmes (maximales et minimales), ainsi que 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 du bilan de l'année 2009, la normale de la durée d'insolation à Uccle est calculée en utilisant les mesures d'un actinomètre automatique dont le seuil d'enregistrement de la durée d'insolation est fixé à 120 W/m<sup>2</sup>.

A partir du bilan 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 de détection de l'activité électrique dans l'atmosphère. L'hiver 2009 (décembre 2008 à février 2009, cf. figure 8.2) fut caractérisé par des valeurs normales de la température moyenne, du total des précipitations, du nombre de jours avec des précipitations mesurables et de la durée d'insolation. Entre le 5 et le 10, le mois de janvier fut marqué par une petite période de froid accompagnée de neige. Au cours de cette période, on releva à Uccle quatre températures minimales journalières inférieures à -10,0°C, ce qui ne s'était plus produit depuis janvier 1996. L'autre fait remarquable de l'hiver fut le déficit d'insolation enregistré à Uccle en février. Avec 32 h 51 min, cette durée d'insolation est la deuxième plus basse de la série d'observations qui a débuté à Uccle en 1887. Le record date de 2006, avec une durée de 30 h 46 min.

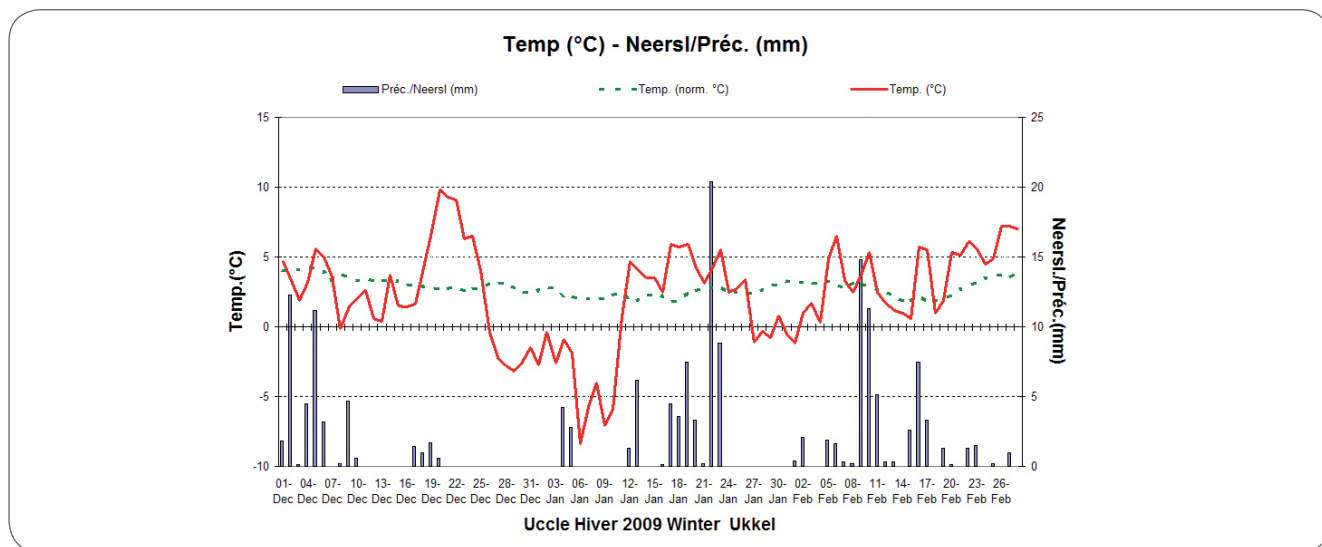


Figure 8.2. Evolution des températures et des quantités de précipitations journalières à Uccle au cours de l'hiver 2009 (décembre 2008-février 2009).

Le printemps 2009 (mars à mai, cf. figure 8.3) a marqué le début d'une période dont la tendance aux températures élevées ne s'est inversée qu'au mois de décembre. C'est la température exceptionnellement élevée du mois d'avril qui explique que la température moyenne du printemps se situe, cette année, en deuxième place dans la série d'observations de Bruxelles-Uccle qui débuta en 1833. La moyenne printanière de cette année s'éleva à 11,2°C. Le printemps record reste celui de 2007, avec une température moyenne de 12,3°C et le troisième printemps le plus chaud est celui de 1993, classé tout juste après celui de cette année. L'humidité relative fut très anormalement basse, avec une valeur saisonnière de 72% pour une moyenne de 77%.

L'été (juin à août, cf. figure 8.4) fut également caractérisé par des températures élevées, la valeur estivale de la température moyenne étant très anormalement élevée. Bien que les températures moyennes des trois mois de la saison aient été toutes excédentaires, c'est principalement la température du mois d'août qui fut responsable de l'excès thermique estival. Parmi les autres paramètres climatologiques, c'est, à nouveau, l'humidité relative qui s'est démarquée, avec une valeur très anormalement basse (69%), alors que la moyenne saisonnière est de 78%. En de nombreuses régions du pays, le cumul des pluies entre début août et fin septembre fut très déficitaire. A Uccle, on mesura sur cette période un cumul de 63,8 mm, pour une valeur normale de 144,2 mm. Un tel cumul peut être qualifié de très anormalement déficitaire.

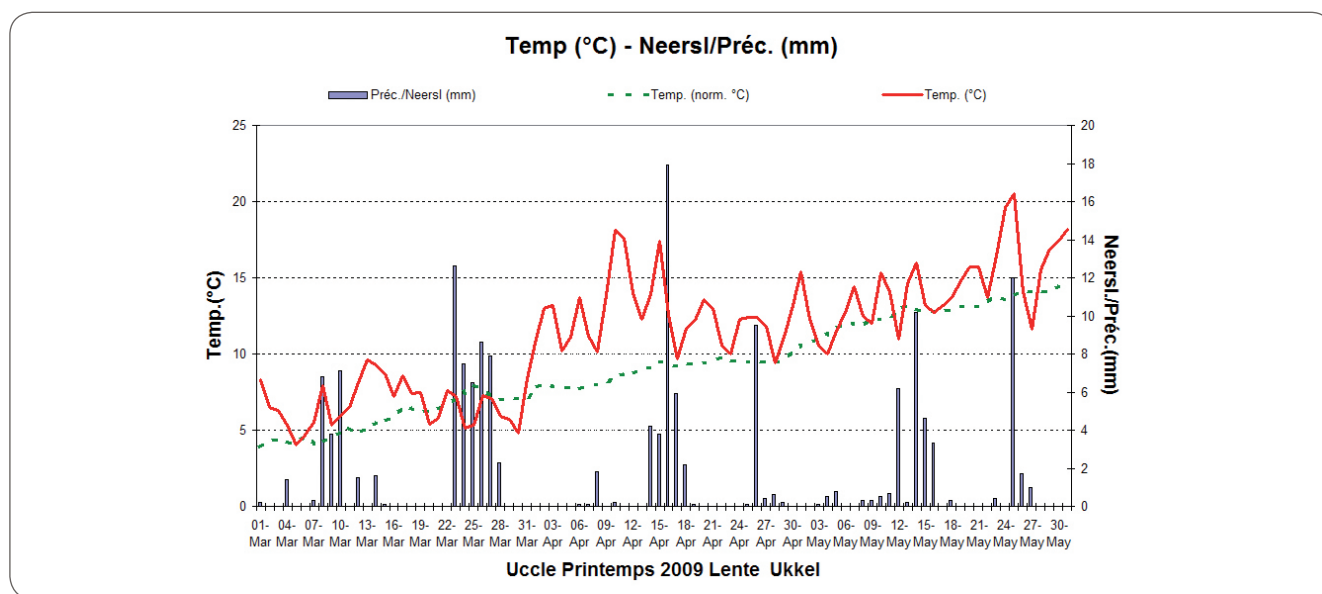


Figure 8.3. Evolution des températures et des quantités de précipitations journalières à Uccle au cours du printemps 2009 (mars à mai).

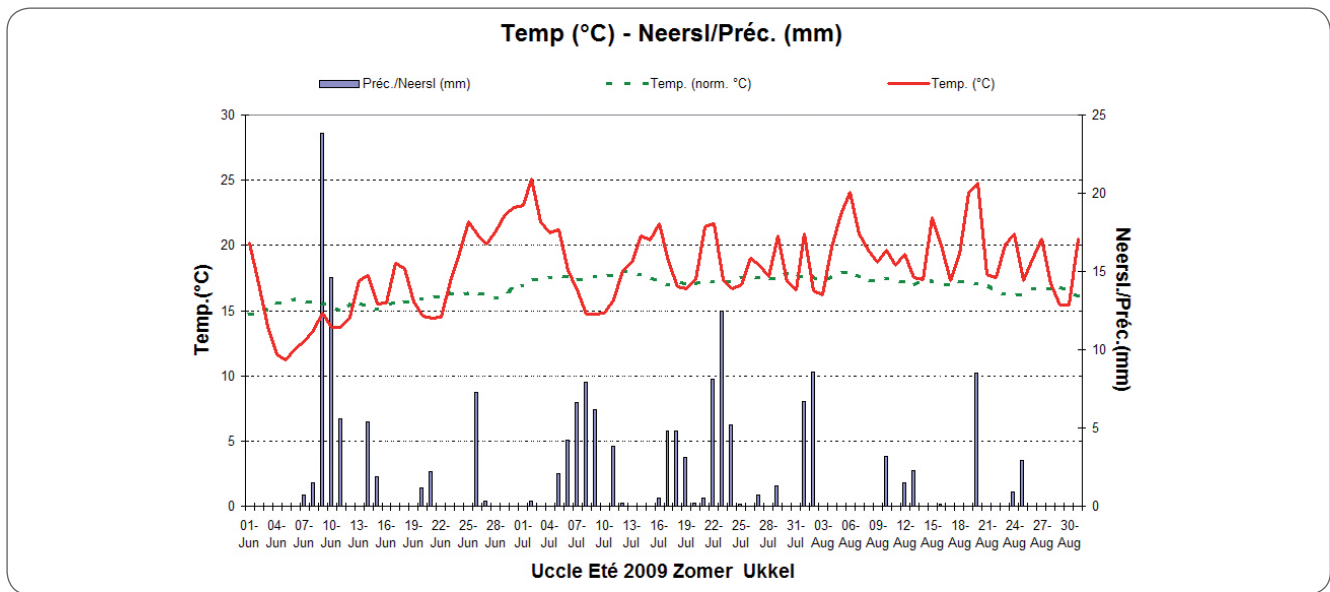


Figure 8.4. Evolution des températures et des quantités de précipitations journalières à Uccle au cours de l'été 2009 (juin à août).

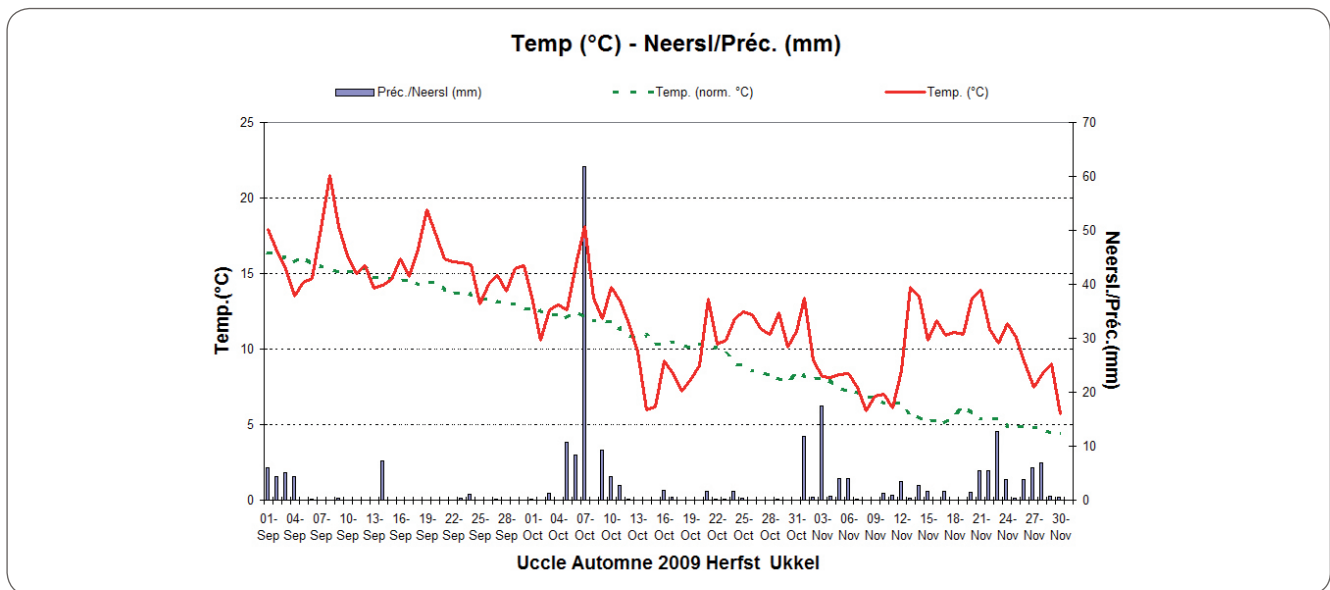


Figure 8.5. Evolution des températures et des quantités de précipitations journalières à Uccle au cours de l'automne 2009 (septembre à novembre).

L'automne (septembre à novembre, cf. figure 8.5) fut à l'image du printemps : exceptionnellement chaud, avec une température moyenne de 12,3°C (pour une valeur normale de 10,4°C). Cette douceur fut principalement due à un mois de novembre qui connut des températures particulièrement douces pour la saison. Cette valeur automnale se situe en deuxième position parmi les automnes les plus chauds, à égalité avec l'année 2005. L'automne le plus chaud reste celui de 2006, lorsque la température moyenne fut remarquablement élevée, atteignant 13,9°C, soit 1,6°C de plus que cette année.

Enfin, le dernier mois de l'année fut normal du point de vue climatologique. Signalons cependant un "jour de fort gel" le 19, lorsque la température minimale descendit à Uccle en dessous de -10°C (on releva -10,9°C comme minimum). Avant cette année, en décembre, le dernier jour de fort gel remontait à 1996, lorsqu'on avait relevé -10,4°C. Pour Uccle, les courbes en rose sur les figures 8.6 à 8.9 donnent respectivement les valeurs mensuelles en 2009 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 les températures en 2009 furent généralement, sauf en hiver, supérieures aux valeurs normales. En particulier, le printemps et l'automne furent caractérisés par des valeurs exceptionnellement élevées de la température moyenne. Cependant, si la température moyenne annuelle fut à Uccle la 11e plus élevée depuis 1901, il faut remarquer que, comme en 2008, la valeur atteinte cette année (11,0°C) est très proche de la température moyenne sur la période chaude que nous connaissons depuis la fin des années 1980 (10,8°C) (cf. figure 8.1). Terminons ce tour d'horizon en signalant que, comme en 2008 encore, la vitesse moyenne annuelle du vent resta très anormalement inférieure à la normale et que l'humidité relative moyenne fut également très anormalement basse.

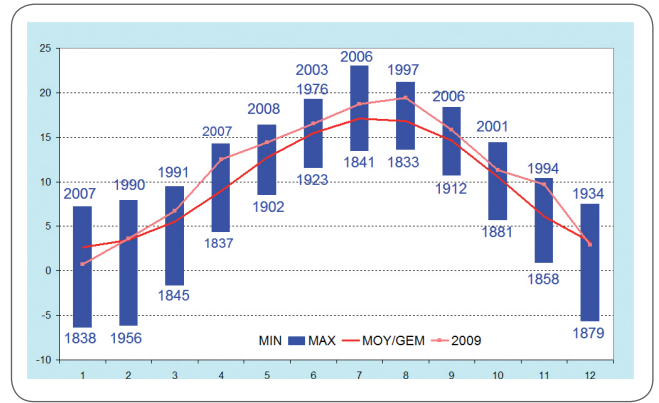


Figure 8.6 : Températures moyennes mensuelles à Uccle (°C).

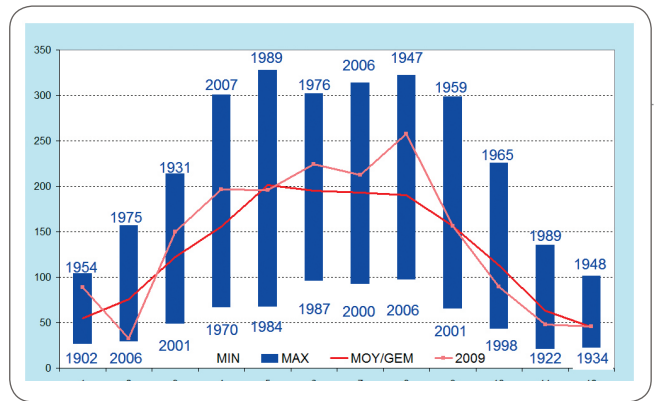


Figure 8.7. Durées mensuelles d'insolation à Uccle (en heures). Remarque : à partir de 2009, les valeurs du graphique correspondent à des mesures effectuées à l'aide d'un actinomètre automatique dont le seuil pour la mesure de la durée d'insolation est fixé à 120W/m2, alors que les données étaient obtenues précédemment à partir des enregistrements sur papier d'un héliographe.

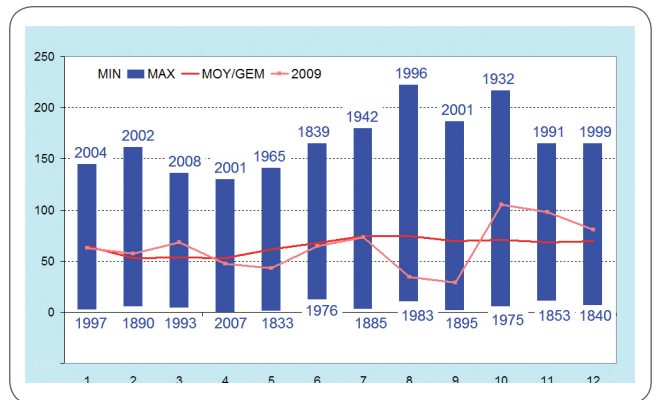


Figure 8.8. Précipitations mensuelles à Uccle (en mm).

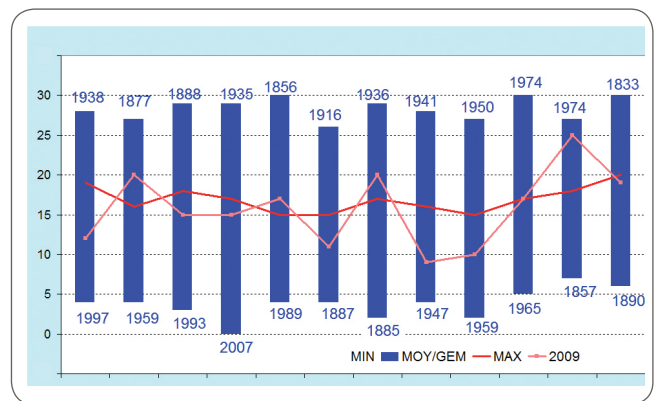


Figure 8.9. Nombre de jours de précipitations par mois à Uccle (en jours).

**Tous ensemble**

**9**



## CONSEIL SCIENTIFIQUE, COMMISSION DE GESTION, JURY 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. Ch. Tricot  
Dr. S. Dewitte  
Dr. J. Rasson  
Prof. Dr. E. Rouvas-Nicolis  
Dr. P. Termonia

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

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

Mr. F. Monteny, voorzitter  
Dr. H. Malcorps, ondervoorzitter  
Dr. R. Van der Linden, ondervoorzitter  
Mr. N. Parmentier, ondervoorzitter  
Mr. R. Renier, attaché  
Mr. Burggraaf D. Frimout  
Mr. R. Van de Walle  
Mr. M. Praet  
Mr. T. Mary  
Prof. Dr. A. Berger

### 3. Jury

#### → Président

Dr. D. Fonteyn

#### → 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

### 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

Mme. E. Honnay

**Publications scientifiques  
et conférences**

---



**10**

## PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES ET CONFÉRENCES

### 1. Publications avec comité de lecture

- Carrassi A., Vannitsem S., Zupanski D., Zupanski M. (2009)**, *The maximum likelihood ensemble filter performances in chaotic systems*. *Tellus A*, 61, 587-600.
- Cheymol A., Gonzalez Sotelino L., Lam K. S., Kim J., Fioletov V., Siani A.M., De Backer H. (2009)**, *Intercomparison of Aerosol Optical Depth from Brewer Ozone Spectrophotometer and CIMEL Sunphotometer measurements*, *Atmos. Chem. Phys.*, 9, 733-741, 2009. <http://www.atmos-chem-phys.net/9/733/2009/acp-9-733-2009.pdf>
- De Backer H. (2009)**, *Time series of daily erythemal doses at Uccle, Belgium*, *International Journal of Remote Sensing*, volume 30, issue 1516, 4145-4151, doi: 10.1080/01431160902825032, 2009. <http://dx.doi.org/10.1080/01431160902825032>
- Demarée G. (2009)**, *The phenological observations and networking of Adophe Quetelet at the Royal Observatory of Brussels*, *Italian Journal of Agrometeorology - Rivista Italiana di Agrometeorologia*, n.1 febbraio 2009, p. 22-24.
- Gerard L., Piriou J.M., Brožková R., Geleyn J.F., Banciu D. (2009)**, *Cloud and Precipitation Parameterization in a Meso-Gamma-Scale Operational Weather Prediction Model*. *Mon. Wea. Rev.*, 137, 3960-3 977.
- Hamdi R., Deckmyn A., Termonia P., Demarée G.R., Baguis P., Vanhuyse, S. & Wolff, E. (2009)**, *Effects of historical urbanization in the Brussels Capital Region on surface air temperature time series*. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, doi: 10.1175/2009JAMC2140.1, 56 p.
- Kutiev I., Marinov P., Fidanova S., Warnant R. (2009)**, *Modeling medium-scale TEC structures observed by Belgian GPS receiver network*. *Adv. Space Research*, Vol. 43, pp. 1732-1739, doi:10.1016/j.asr.2008.07.021.
- Kutiev I., Muhtarov P., Andonov B., Warnant R. (2009)**, *Hybrid model for nowcasting and forecasting the K index*, *J. of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, Vol. 71, pp. 589-596, doi:10.1016/j.jastp.2009.01.005.
- Mangold A., Groß J.U., Ruhnke R., De Backer H., Kirner O., Ruhnke R., Müller R. (2009)**, *Modeling the January 2006 low ozone episode over Western Europe and comparison with ozone sonde data*, *Atmos. Chem. and Phys.*, 9, 6429-6451, 2009. <http://www.atmos-chem-phys.net/9/6429/2009/acp-9-6429-2009.pdf>
- Nicolis C., Nicolis G. (2009)**, *Memory effects in recurrent and extreme events*, *Phys. Rev. E* 80, 061119.
- Nicolis C., Nicolis G. (2009)**, *Butterfly effect*, *Scholarpedia* 4(5), 1720.
- Nicolis C., Nicolis S.C. (2009)**, *Propagation of extremes in space*, *Phys. Rev. E* 80, 026201.
- Nicolis C., Perdigao R., Vannitsem S. (2009)**, *Dynamics of prediction errors under the combined effect of initial condition and model errors*. *J. Atmos. Sci.*, 66, 766-778.
- Nicolis G., Nicolis C. (2009)**, *Foundations of complex systems*, *European Review*, 17, 237-248.
- Stankov S., Warnant R., Stegen K. (2009)**, *Trans-ionospheric GPS signal delay gradients observed over mid-latitude Europe during the geomagnetic storms of October-November 2003*, *Adv. Space Research*, Vol. 43, pp. 1314-1324, doi:10.1016/j.asr.2008.12.012.
- Stankov S., Warnant R. (2009)**, *Monitoring the ionospheric slab thickness over mid-latitude Europe - analyses and applications*. *Adv. Space Research*, Vol. 44, 1295-1303, doi:10.1016/j.asr.2009.07.010.
- Schnadt Poberaj Ch., Stähelin J., Brunner D., Thouret V., De Backer H., Stübi R. (2009)**, *Long term changes in UT/LS ozone between the late 1970s and the 1990s deduced from GASP and MOZIC aircraft programs and from ozonesondes*, *Atmos. Chem. Phys.*, 9, 5343-5369, [2009]. <http://www.atmos-chem-phys.net/9/5343/2009/acp-9-5343-2009.pdf>
- Termonia P., Deckmyn A., Hamdi R. (2009)**, *Study of the Lateral-Boundary-Condition Temporal-Resolution Problem and a Proposed Solution by means of Boundary-Error Restarts*, *Mon. Wea. Rev.*, 137, 3551-3566.
- Termonia P., Van de Vyver H. (2009)**, *A computationally efficient scheme for the non-linear diffusion equation*. *Physics Letters A* 373 (2009) 1573-1577.
- Van de Vyver H., Roulin E. (2009)**, *Scale recursive estimation for merging precipitation data from radar and microwave cross-track scanners*. *Journal of Geophysical Research* 114 (2009) D08104, doi: 10.1029/2008JD010709.
- Vannitsem S. (2009)**, *A unified Linear Model Output Statistics scheme for both deterministic and ensemble forecasts*. *Quart. J. Roy. Met. Soc.*, 135, 1801-1815.
- Van der Putten N., Verbruggen C., Ochyra R., Spassov S., de Beaulieu J.-L., De Dapper M., Hus J., Thouveny N. (2009)**, *Peat bank growth, Holocene palaeoecology and climate history of South Georgia (sub-Antarctica), based on a botanical macrofossil record*, *Quaternary Science Reviews*, 28, 65-79.
- Verschuren D., Sinninghe Damsté J.S., Moernaut J., Kristen I., Blaauw M., Fagot M., Haug G.H., CHALLACEA project members (2009)**, *Half-precessional dynamics of monsoon rainfall near the East African Equator*, *Nature*, 462, 637-641.
- Voitus F., Termonia P., Benard P. (2009)**, *Well-posed Lateral Boundary Conditions for Spectral Semi-implicit Semi-Lagrangian schemes: Tests in a one-dimensional model*, *Mon. Wea. Rev.*, 137, 315-330.
- Warnant R., Foelsche U., Aquino M., Bidaine B., Gherm V., Hoque M. M., Kutiev I., Lejeune S., Luntama J.-P., Spits J., Strangeways H. J., Wautet G., Zernov N., Jakowski N. (2009)**, *Mitigation of ionospheric effects on GNSS*, *Annals of Geoph.*, Vol. 52, 3/4, pp. 373-390.

## 2. Proceedings

**Ashfaque M., Murtaza, G., Rasson, J.L., Turbitt, C., 2009.**

*Geomagnetic Activities in Pakistan since 2006 - to date. Proceedings of the XIIIth IAGA Workshop on geomagnetic observatory instruments, data acquisition, and processing: U.S. Geological Survey Open-File Report 2009-1226, pp.146-153*

**Bidaine B., Warnant R. (2009),** *Ionosphere modeling based on the NeQuick model and GNSS data ingestion. Proceedings of the Second International Colloquium - Scientific and Fundamental Aspects of the Galileo Program (CD-ROM), Padoue, Italy, 14-16 October 2009.*

**Bidaine B., Warnant R. (2009),** *Measuring Total Electron Content with GNSS: investigation of two different techniques. Proceedings of "Ionospheric Radio Systems & Techniques" (CD-ROM), Edinburgh, 28 April - 1 May 2009.*

**De Crane F., Hasenhauer S., Ghilain N., Arboleda A., Gellens-Meulenberghs F. (2009)** *Pluri-annual comparison of land surface modeled and ERS remote sensed surface soil moisture. Proceedings of the 2009 EUMETSAT meteorological satellite data user's conference, Bath, United Kingdom, 21st-25th September, 8 pp.*

**Delcloo A., Tuinder O.,** *Validation of GOME-2 Ozone Profiles, using balloon sounding data, EUMETSAT Meteorological Satellite conference, 20-25 September, 2009, Bath, United Kingdom.*

**Gellens-Meulenberghs F., Arboleda A., Ghilain N., de Crane F., Sepulcre Canto G. (2009)** *Large scale evapotranspiration modeling using MSG SEVIRI derived data. Proceedings of the conference on Earth Observation and Water Cycle Science. Frascati, 18-20 November 2009, 5 pp.*

**González Lopo D. (2009)** *Volcano eruptions, earth- & seaquakes, dry fogs vs. Aristotle's Meteorologica and the Bible in the framework of the eighteenth century science history, Proceedings of the international ICHM conference Weather, Local Knowledge and Everyday Life... Issues in Integrated Climate Studies, Rio de Janeiro, May - June 2008, p. 57-66.*

**Lambert J.C., Pinardi G., Delcloo A., Hao N., De Backer H., Valks P., Van Roozendaal M.,** *Setting up an operational validation facility for GOME-2 NO2 column data, EUMETSAT Meteorological Satellite conference, 20-25 September, 2009, Bath, United Kingdom.*

**Rasson J.L., van Loo S., Berrami N. (2009)** *Automatic Dflux Measurements with AUTODIF. Proceedings of the XIIIth IAGA Workshop on geomagnetic observatory instruments, data acquisition, and processing: U.S. Geological Survey Open-File Report 2009-1226, pp. 220-224*

**Rasson, J.L. (2009)** *Testing the Time-Stamp Accuracy of a Digital Variometer and its Data Logger. Proceedings of the XIIIth IAGA Workshop on geomagnetic observatory instruments, data acquisition, and processing: U.S. Geological Survey Open-File Report 2009-1226, pp.225-231*

**Riddick, J.C., Rasson, J.L., Turbitt, C.W., Flower, S.M.(2009)** *INDIGO Digital Observatory Project, 2004 - 2008. Proceedings of the XIIIth IAGA Workshop on geomagnetic observatory instruments, data acquisition, and processing: U.S. Geological Survey Open-File Report 2009-1226, pp.232-238*

**Spits J., Warnant R. (2009),** *Total Electron Content monitoring using triple frequency GNSS: results with GIOVE-A data. Proceedings of the Second International Colloquium - Scientific and Fundamental Aspects of the Galileo Program (CD-ROM), Padoue, Italy, 14-16 October 2009.*

**Stankov S., Warnant R., Stegen K. (2009),** *Local electron density reconstruction from simultaneous ground-based GNSS and ionosonde measurements, Geophysical Research Abstracts, Vol. 11, Abs. No EGU2009-10956 (Proc. EGU General Assembly 2009, Vienna, 19-24 April 2009).*

**Stankov S., Warnant R., Kozarev R. (2009),** *On the TEC short-term forecast with corrections based on the average ionospheric response to background and storm-time geomagnetic conditions, Geophysical Research Abstracts, Vol. 11, Abs. No EGU2009-13283 (Proc. EGU General Assembly 2009, Vienna, 19-24 April 2009).*

**Wautelet G., Lejeune S., Warnant R. (2009),** *Effects of ionospheric small-scale structures on GNSS. Proceedings of "Ionospheric Radio Systems & Techniques" (CD-ROM), Edinburgh, 28 April - 1 May 2009.*

## 3. Rapports internes et externes sans comité de lecture

**Brouyaux F., Tricot C., Debontridder L., Delcloo A., Vandiepenbeeck M., De Witte S., Cheymol A., Joukoff A., De Backer H., Hus J., Van Malderen R., Vannitsem S., Roulin E., Mohymont B. (2009),** *Oog voor het Klimaat, Uitgegeven door het KMI, ISBN, 02008/0224/050, Bruxelles, 2009. <http://www.meteo.be/meteo/view/nl/2791820-Oog+voor+het+klimaat+NL+versie.html>*

**De Crane F.; Hasenauer S., Arboleda A., Ghilain N., Gellens-Meulenberghs F. (2009),** *Investigation of the relationship between ERS scatterometer derived superficial SM (H-SAF) and both LSA-SAF ET and ECMWF upper layer SM. Report of Inter-SAF activity between the LSA-SAF and the H-SAF, 40 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. (2009),** *Berekening van klimaatscenario's voor Vlaanderen, Eindverslag bij de studie met besteknummer INBO.FD.2007.5, février 2009, 60 p., Annexes, 16 p.*

**Iversen T., Bremnes J.B., Santos Burguete C., Deckmyn A., Feddersen H., Frogner I-L, Sattler K. (2009),** *Configuring GLAMEPS for operational production, HIRLAM Newsletter 55 .*

**Malaquias I., Demarée G.R., Nordli Ø., González Lopo D. (2009),** *Volcano eruptions, earth- & seaquakes, dry fogs vs. Aristotle's Meteorologica and the Bible in the framework of the eighteenth century science history, Proceedings of the international ICHM conference*

**Ntegeka V., Baguis P., Willems P., Roulin E. (2009),** *Climate change impact on hydrological extremes along rivers and urban drainage systems "CCI-HYDR". Final Report, Brussels: Belgian Science Policy (Research Program Science for a Sustainable Development), 106 pp. + Annexes.*

**Smet G.,** *Surface perturbation in LAEF. Report on stay at ZAMG, 29.09-27.11.2009, Vienne, Autriche ([http://www.rclace.eu/File/Predictability/2009/report\\_gsmet\\_Vienna\\_2009.pdf](http://www.rclace.eu/File/Predictability/2009/report_gsmet_Vienna_2009.pdf)).*

## 4. Résumés de conférences et posters

**Carrassi A., Vannitsem S., Zupanski D., Zupanski M. (2009)**, *The Maximum Likelihood Ensemble Filter performances in chaotic systems. Assemblée générale de l'EGU, Geophysical Research Abstracts, Vol 11, 2583, 2009.*

**Deckmyn A. (2009)**, *Research in the Belgian ALADIN team, 31st EWGLAM and 16th SRNWP meetings 28-1 octobre 2009, GRÈCE (Athena, Glyfada).*

**Demarée G. R., Ogilvie A.E.J., Csonka, Y. (2009)**, *Contacts between the Labrador Inuit, Moravian missionaries, and French-speaking Switzerland. "Environments, Movements, Narratives in the Circumpolar North", BOREAS Final Conference, Arctic Centre, University of Lapland, Rovaniemi, Finlande, 29-31 octobre 2009, 1 p.*

**Ghilain N., Arboleda A., Gellens-Meulenberghs F. (2009)**, *Use of geostationary satellite imagery in optical and thermal bands for the estimation of soil moisture status and land evapotranspiration. Poster presented at the EGU assembly, Vienne, 20-24 avril 2009.*

**Nurgaliev N.G., Ponomarchuk V.A., Nurgaliev D.K., Spassov S. (2009)**, *Palaeogeographical features of the Permian sedimentary basins by variations of stable isotopes ratios  $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ ,  $^{13}\text{C}$  and  $^{18}\text{O}$  in carbonate rocks in the eastern part of the Russian plate, Geophysical Research Abstracts, Vol. 11, N° EGU2009-4858, EGU General Assembly, Vienne, Autriche, du 19 au 24 avril 2009. (présentation poster).*

**Perdigao R., Pires C., Vannitsem S. (2009)**, *Dynamics of combined Initial-condition and model-related errors in a quasi-geostrophic prediction system. Assemblée générale de l'EGU, Geophysical Research Abstracts, Vol 11, 2583, 2009.*

**Petitclerc E., Devleeschouwer X, Spassov S., Casier J.-G., Préat A. (2009)**, *Givetian/Frasnian boundary (Nismes and Sourd d'Ave sections, southern Belgium): tracing the magnetic mineralogy signal, 27th IAS Meeting of Sedimentology, Alghero, Italie, du 20 au 23 septembre 2009 (présentation orale).*

**Spassov S., Nurgaliev D.K., Heller F., Egli R., Jasonov P.G. (2009)**, *Isothermal magnetization curves measured with a coercivity spectrometer, Geophysical Research Abstracts, Vol. 11, EGU2009-6161-6, EGU General Assembly, Vienne, Autriche, du 19 au 24 avril 2009. (présentation poster)*

**Spassov S., Geeraerts R. (2009)**, *Appreciation of scientific achievements of Jozef Hus, Geophysical Research Abstracts, Vol. 11, EGU2009-792-3, EGU General Assembly, Vienne, Autriche, du 19 au 24 avril 2009. (présentation orale)*

**Spassov S., Hus, J., Geeraerts R. (2009)**, *Comparing Thellier-Thellier palaeointensity results with a technique based on the linear field dependence of partial thermoremanence, XXVth General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics, 112-SAT-P1330-1347, Sopron, Hongrie, du 23 au 30 août 2009. (présentation poster)*

**Spassov S., da Silva A.-C., Whalen M.T., Hladil J., Chen D., Boulvain F., Devleeschouwer X. (2009)**, *Application of magnetic susceptibility on palaeozoic sedimentary rocks, XXVth General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics, 116-THU-01445-0999, Sopron, Hongrie, du 23 au 30 août 2009. (présentation orale)*

**Spassov S., Valet J.-P., LeGoff M. (2009)**, *Puzzling aspects of deep-sea sediment magnetization from laboratory redeposition experiments, XXVth General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics, N° 113-MON-01530-1101, Sopron, Hongrie, du 23 au 30 août 2009. (présentation orale comme 'invited speaker')*

**Tuinder O.N.E., Delclocq A., Kins L. (2009)**, *Vertical Ozone Profiles from GOME-2 on Metop-A, Geophysical Research Abstracts, Vol. 11, EGU General Assembly 2009, Vienne, Autriche, 19 - 24 avril 2009.*

**Van den Bergh J., Roulin E. (2009)**, *Hydrological Ensemble Prediction System for the River Scheldt and Meuse Basins, HEPEX-09 Workshop on post-processing and downscaling of atmospheric ensemble forecasts for hydrological applications, Toulouse 15-18 juin, 2009.*

**Van de Vyver H., Demarée G.R. (2009)**, *Curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) de precipitaciones en África Central - un método útil en la prevención de catástrofes naturales. XIII Congreso Latinoamericano e Ibérico de Meteorología y el X Congreso Argentino de Meteorología, Buenos Aires, Argentine, 5-9 octubre 2009, 1 p.*

**Vannitsem S. (2009)**, *A unified linear Model Output Statistics scheme for both deterministic and ensemble forecasts. Assemblée générale de l'EGU, Geophysical Research Abstracts, Vol 11, 2007, 2009.*

**Zanani I., Spassov S., Kondopoulou D., Gault A., Polya D., Atzemoglou A., Maher B. (2009)**, *Magnetic signature of anthropogenic pollution of soil and correlation with heavy metals in the broader Kozani-Ptolemaida region, Northern Greece. Geophysical Research Abstracts, Vol. 11, EGU2009-12153, EGU General Assembly, Vienne, Autriche, du 19 au 24 avril 2009. (présentation poster)*

**Valet J.-P., Spassov S. (2009)**, *New redeposition experiments of marine sediments, AGU 2009 Fall Meeting, N° GP21B-05, San Francisco, États-Unis, du 14 au 18 décembre 2009 (présentation orale).*

**Van Malderen R., De Backer H. (2009)**, *Revision of 40 years of ozone measurements in Uccle, Belgium, Poster at EGU General Assembly, Vienne, Autriche 20-24 avril 2009.*

**Van Malderen R., De Backer H. (2009)**, *Analysis of the upper tropospheric humidity trend from radio sondes at Uccle, lezing, METEOCLIM-2009, Louvain-la-neuve, Belgique, 28 janvier 2009.*

## 5. Conférences sans résumé

**De Bock V., De Backer H. (2009)**, *Comparison of AOD values at 340nm from Brewer#178 and Cimel measurements at Uccle, Belgium Poster at WMO Brewer users workshop, Aosta, Italy, 21-26 September 2009.*

**Debontridder L., Roulin E. (2009)** *présentation intitulée: "Risque météorologique et changements climatiques", à la journée d'information du "Plan national d'urgence Inondations", à Florival, le 26 novembre 2009.*

**Demarée G.R. (2009)** *Data: Moravian missionaries in Labrador (in co-operation with A. Ogilvie) - Congo, Rwanda and Burundi. ACRE WG1 Data & Data visualization Planning Meeting, Bologna, Italy, 27-29 May 2009.*

**Gellens-Meulenberghs, F.** *Evapotranspiration from LSA-SAF, oral contribution presented at the Workshop on operational product availability for users in Africa AMESD / NARMA geoland2 held in Darmstadt, Germany, 27-28 August 2009.*

**Gellens-Meulenberghs, F.** *LSA-SAF Evapotranspiration, oral contribution presented at the GEO Water Cycle Data Integration Workshop held in Frascati, Italy, 21st November 2009.*

**Ghilain, N., Arboleda, A., Gellens-Meulenberghs, F. (2009)** *Use of geostationary satellite imagery in optical and thermal bands for the estimation of soil moisture status and land evapotranspiration. Poster presented at the EGU assembly, Vienna, 20th-24th April 2009.*

**H. De Backer,** *Overview of WG1 activities on input data for UV maps, lezing, COST 726 Final workshop, Warschau (Polen), 12-15 mei 2009.*

**H. De Backer, Van Malderen R.,** *lezing, STCE annual meeting, Brussel, 8 juni 2009.*

**Ogilvie A.E.J., Patterson W.P., Jónsdóttir I., Einarsson N., Demarée G.R., Nordli, Ø. (2009)** *Northern Narratives: Social and Geographical Accounts from Norway, Iceland and Canada (NORSAGA): A BOREAS Project for IPY. Boreas Final Conference, Arctic Centre, University of Lapland, Rovaniemi, Finland, 29-31 October, 2009.*

**Stankov S., Warnant R., Stegen K. (2009),** *Iono slab monitoring service, presented at the International GBAS Working Group Meeting (IGWG-8), 3-6 March 2009, Palermo.*

**Stankov S., Warnant R., Stegen K., Lejeune S., Wautelet G., Spits J., Brenot H. (2009),** *Local ionospheric activity - nowcast and forecast services, presented at LATO-15 meeting, Brussels, 16-18 June 2009.*

**Van Malderen R., De Backer H. (2009),** *Analysis of the upper tropospheric humidity trend from radio sondes at Uccle, lezing, METEOCLIM-2009, Louvain-la-neuve, Belgium, 28 January 2009.*

**Van den Bergh J. (2009)** *"Hydrological Ensemble Prediction System for the River Scheldt and Meuse Basins". Poster presented at the HEPEX-09 Workshop on post-processing and downscaling of atmospheric ensemble forecasts for hydrological applications, Toulouse 15-18 June, 2009.*

**Vannitsem S. (2009)** *Dynamical properties of Model Output Statistics (MOS): The impact of initial condition and model errors. "Dynamics and Statistics in Weather and Climate", Focus Workshop - 29 - 31 July 2009, MPI PKS, Dresden.*

**Vannitsem S. (2009)** *A unified linear Model Output Statistics scheme for both deterministic and ensemble forecasts. 15 September 2009, THORPEX, Monterey, USA.*

**Vannitsem S. (2009)** *A unified linear Model Output Statistics scheme for both deterministic and ensemble forecasts. ECMWF, 29 October 2009.*

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

**Delcloo A. (2009),** *Influence of meteorology on the production of tropospheric ozone - VIII, 151 p.: ill. ; 24 cm Thesis: Universiteit Gent. Faculteit Bio-ingenieurswetenschappen, ISBN 978-90-5989-343-6/BB A 2010 58*

**Lejeune S. (2009),** *Influence de l'ionosphère sur le positionnement différentiel par GNSS. Thèse de doctorat, Université de Liège, 222 pages.*

## 7. Avis pour le Fonds des Calamités

Date de l'événement	Nature de l'événement	Provinces touchée (nombre de communes)
Janvier 2009		
Janvier 2009	Vague de froid	Territoire belge
01/06/2007	Pluies abondantes	Flandre occidentale (1)
23/07/2007	Pluies abondantes	Flandre occidentale (1)
10 & 11/11/2007	Pluies abondantes	Flandre occidentale (15)
02/06/2008	Pluies abondantes	Anvers (1)
Mai 2009		
29/05/2008	Orage avec pluies abondantes	Liège (1)
14/05/2009	Orage avec pluies abondantes	Brabant flamand (10) Brabant wallon (11) Bruxelles (8) Flandre occidentale (15) Flandre orientale (13) Hainaut (1) Liège (2) Namur (6)
25 & 26/05/2009	Pluies abondantes	Brabant flamand (1) Brabant wallon (5) Anvers (3) Bruxelles (1) Flandre occidentale (5) Flandre orientale (25) Hainaut (9) Liège (1) Luxembourg (1) Namur (4)
25 & 26/05/2009	Tourbillons et rafales	Territoire belge
Juin 2009		
09/06/2009	Tourbillon à Hooglede	Flandre occidentale (1)
09/06/2009	Pluies abondantes	Brabant flamand (4) Flandre occidentale (14)
26 & 27 juni 2009	Pluies abondantes	Hainaut (13) Liège (2) Namur (1)
Juillet 2009		
21 & 22 juli 2009	Fortes chutes de grêle	Brabant flamand (4) Brabant wallon (2) Anvers (7) Flandre orientale (4) Liège (17) Limbourg (11)

21 & 22 juli 2009	Pluies abondantes	Anvers (12) Flandre orientale(7) Liège (2)
21/07/2009	Tempête et fortes chutes de grêle	Limbourg (2)
21 & 22/07/2009	Tourbillons et rafales	Territoire belge
Octobre 2009		
07/10/2009	Orage avec pluies abondantes	Brabant flamand (11) Brabant wallon
09/10/2009	Orage avec pluies abondantes	Flandre occidentale (6)
Novembre 2009		
22 & 23/11/2009	Vents de tempête	Territoire belge
Eté 2009	Sécheresse	Flandre occidentale (1)

## 8. Articles de vulgarisation

**Demarée G., Verheyden R. (2009)** *Pioniers van het broeikaseffect. Weer, het Magazine voor Weerliefhebbers, Jaargang 10, Nr. 4, aug/sep 2009, p. 17-19.*

**Demarée G., Brouyaux F., Verheyden R. (2009)** *Walthere Spring: un précurseur liégeois de l'effet de serre. Ciel et Terre, Vol. 125, n° 6, p. 170-174.*

**Demarée G.R., Rutishauser T. (2009)** *Origins of the Word 'Phenology'. Historical Note. Eos, Vol. 90, No. 34, 25 August 2009, p. 291, Supplementary material to "Origins of the Word 'Phenology'", 4 p.*



# Liste des acronymes et abréviations

---





## 11. LISTE DES ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS

<b>ALADIN</b> .....	Aire Limitée, Adaptation Dynamique, Développement InterNational	<b>IDF</b> .....	Intensiteit - Durée - Fréquence
<b>ALADIN-LAEF</b> ..	Limited Area Ensemble Forecasting	<b>IFS</b> .....	Integrated Forecasting System
<b>ALADIN-LACE</b> ..	Limited Area Modelling Central Europe	<b>IDEWE</b> .....	Service externe de Prévention et Protection au Travail
<b>AMSU</b> .....	Advanced Microwave Sounding Unit	<b>INCA</b> .....	Integrated Nowcasting through Comprehensive Analysis
<b>ARPEGE</b> .....	Action de Recherche Petite Échelle Grande Échelle	<b>INTERLATAM</b> ....	Intermagnet for Latin America
<b>AUTODIF MK II</b> ..	Automatic Magnetic Theodolite Mark two	<b>IFA</b> .....	Institut de Formation de l'administration fédérale
<b>BEL ATMOS</b> .....	Monitoring belge de l'ozone et des gaz associés, du rayonnement UV et des aérosols en soutien de la recherche de la chimie de l'atmosphère et de la recherche climatique	<b>IPCC</b> .....	Intergovernmental Panel on Climate Change
<b>BEP</b> .....	Bureau économique de la Province de Namur	<b>LSA - SAF</b> .....	Land Surface Analysis - Satellite Application Facility
<b>CANARI</b> .....	Code d'Analyse Nécessaire à ARPEGE pour ses Rejets et son Initialisation	<b>MBE</b> .....	Mean Bias Error
<b>CCI-HYDR</b> .....	Incidences des changements climatiques sur les événements extrêmes dans les rivières et les installations de collecte des eaux usées	<b>Medex</b> .....	Administration expertise médicale
<b>CM - SAF</b> .....	Satellite Application Facility on Climate Monitoring	<b>MOS</b> .....	Model Output Statistics
<b>CONRAD</b> .....	(laboratoire) Geophysical Observatory in Lower Austria	<b>MSG</b> .....	Meteosat Second Generation
<b>CPG</b> .....	Centre de Physique du Globe	<b>NAO</b> .....	North Atlantic Oscillation
<b>CEPMMT</b> .....	Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme	<b>NGR</b> .....	Non-homogeneous Gaussian Regression
<b>ERS</b> .....	Solar Radiation and the Earth System	<b>NIRR</b> .....	National Institute of Polar Research (Japon)
<b>EPS</b> .....	Ensemble Prediction System	<b>OMS</b> .....	Oceanografisch Meteorologisch Station
<b>EUMETNET</b> .....	European Meteorological Network	<b>OMM</b> .....	Organisation Météorologique Mondiale
<b>EUMETSAT</b> .....	European Meteorological Satellites	<b>PNT</b> .....	Prévision Numérique du Temps
<b>GIOVE A et B</b> .....	Galileo in Orbit Validation Element	<b>POT</b> .....	Peaks-over-Threshold
<b>GLAMEPS</b> .....	Grand Limited Area Model Ensemble Prediction System	<b>PRUDENCE</b> .....	Prediction of Regional scenarios and Uncertainties for Defining European Climate change risks and Effects
<b>GLOBALAM</b> .....	Global Agricultural Monitoring Systems by Integration of Earth Observation and Modelling Techniques	<b>RAC</b> .....	Real Application Cluster
<b>GNSS</b> .....	Global Navigation Satellite System GPD Generalized Pareto Distributions	<b>RA VI</b> .....	Regional Association VI
<b>GPD</b> .....	Generalized Pareto Distributions	<b>RBC</b> .....	Région de Bruxelles-Capitale
<b>GPS</b> .....	Global Positioning System	<b>RCM</b> .....	Regional Climate Models MDK Maritieme Dienstverlening en Kust
<b>HACCP</b> .....	Hazard Analysis Critical Control Points.	<b>RMSE</b> .....	Root Mean Square Error
<b>HEPDO</b> .....	Hydrological Ensemble Predictions for the Demer and Ourthe	<b>SAL</b> .....	Structure - Amplitude - Location
<b>H-SAF</b> .....	Satellite Application Facilities on Support to Operational Hydrology and Water Management	<b>SCHAPI</b> .....	Service central d'hydrométéorologie et d'appui à la prévision des inondations
<b>HIC</b> .....	Hydrologisch InformatieCentrum	<b>SMS</b> .....	Supervisor Monitor Scheduler
<b>HIRLAM</b> .....	High Resolution Limited Area Model	<b>SOHO</b> .....	(satellite) Solar and Heliospheric Observatory
<b>H-SAF</b> .....	Satellite Application Facilities on Support to Operational Hydrology and Water Management	<b>SPAQUE TEB</b> ....	Town Energy Balance
<b>IASB</b> .....	Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique	<b>SPOC</b> .....	Single Point of Contact
<b>IBGE - BIM</b> .....	Institut bruxellois pour la gestion de l'environnement - Brussels Instituut voor Milieubeheer	<b>SPW</b> .....	Service public de Wallonie
		<b>SSMI</b> .....	Special Sensor Microwave/Imager
		<b>STEREO</b> .....	Support to the Exploitation and Research in Earth Observation Data
		<b>SURFEX</b> .....	SURFace EXternalisée
		<b>TEB</b> .....	Town Energy Balance
		<b>TEC</b> .....	Total Electron Content
		<b>TSMS</b> .....	Turkish State Meteorological Service
		<b>UTC</b> .....	Universal Time Coordinated
		<b>ZAMG</b> .....	ZentralAnstalt für Meteorologie und Geodynamik (Autriche)







Institut  
**R**oyal  
**M**étéorologique

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

