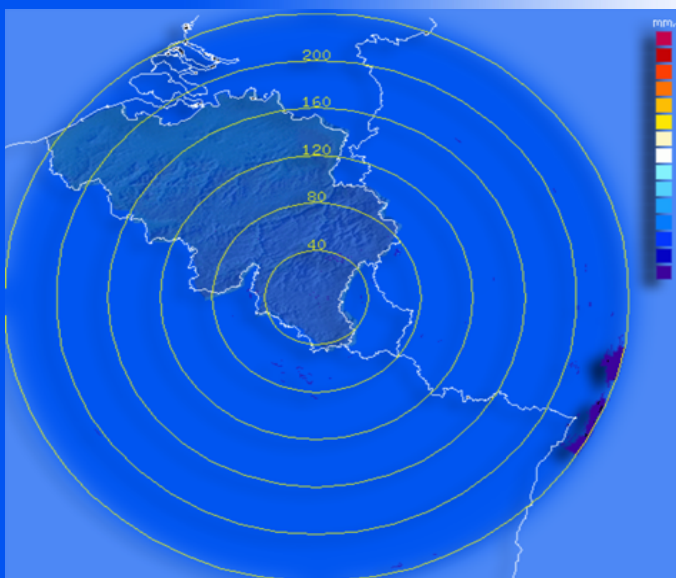


*Rapport Annuel*

**2001**



Institut Royal Météorologique  
Avenue Circulaire 3  
B-1180 Bruxelles  
tel.: 32 (0) 2.373.0611  
fax: 32 (0) 2.375.1259  
Dr. H. Malcorps - Éditeur Responsable  
ISSN/1377-2406



## Table des Matières

	<b>Préface</b> .....	<b>1</b>
<b>1</b>	<b>Plus de sécurité par la connaissance du temps et du climat</b> .....	<b>3</b>
1.1	Amélioration des prévisions et avertissements météorologiques sur terre et en mer .....	3
1.1.1	Nouveaux produits et services .....	3
1.1.1.1	Un système graphique d'avertissement de phénomènes météorologiques dangereux.....	3
1.1.1.2	Un système d'avertissement du transport atmosphérique de polluants.....	4
1.1.1.3	Prévision des épisodes de pollution.....	6
1.1.1.4	Prévisions en mer .....	7
1.1.2	Amélioration du modèle ALADIN-Belgique .....	9
1.1.2.1	Prévision des précipitations .....	9
1.1.2.2	Processus physiques .....	11
1.1.2.3	Couplage et initialisation .....	12
1.1.3	Résultats obtenus et contrôle de qualité.....	14
1.1.3.1	Contrôle du modèle ECMWF.....	14
1.1.3.2	Contrôle du modèle Aladin.....	15
1.2	Elargissement et applications de la connaissance du climat .....	17
1.2.1	Point de vue du Conseil de Direction de l'IRM à propos du problème relatif aux changements de climat .....	17
1.2.2	Estimation de risques hydrologiques .....	19
1.2.3	Estimation de l'évapotranspiration sur l'Europe .....	20
1.2.4	Bilan d'ozone.....	20
1.2.5	Constante solaire et bilan d'énergie .....	22
1.2.6	Paléomagnétisme et climat.....	23
<b>2</b>	<b>Comportement non-linéaire de l'atmosphère</b> .....	<b>25</b>
2.1	Modélisation des décharges électriques dans l'atmosphère .....	25
2.2	Temps de retour des valeurs extrêmes des systèmes intermittents .....	27
2.3	Propriétés dynamiques, statistiques et de prévisibilité de modèles atmosphériques .....	28
2.3.1	Transfert et dissipation d'énergie et d'entropie dans un écoulement faiblement chaotique .....	28
2.3.2	Assimilation de données.....	28
2.3.3	Propriétés dynamiques et statistiques du modèle régional ETA : le rôle de la taille du domaine.....	29
2.3.4	Dynamique à court terme de l'erreur de modélisation.....	30
<b>3</b>	<b>Amélioration des observations</b> .....	<b>31</b>
3.1	Introduction de nouvelles observations et extension des systèmes existants .....	31
3.2	Renforcer la fiabilité .....	34
3.3	Veille Magnétique Mondiale.....	35
<b>4</b>	<b>Faciliter l'accès à l'information</b> .....	<b>37</b>
4.1	Traitement de l'information.....	37
4.2	Ecourter le temps de réponse pour la livraison de l'information .....	39
4.3	Renouvellement de l'infrastructure informatique .....	39
4.4	Projet Document management Integrated System for SCientific Organisations (DISSCO) .....	40
4.4.1	Historique du projet.....	40



4.4.2	Documents, Informations, Connaissances et Worklow. ....	41
<b>5</b>	<b>Services et produits pour les différents groupes d'usagers. ....</b>	<b>43</b>
5.1	Les autorités. ....	43
5.2	Les médias. ....	43
5.3	Les entités socio-économiques. ....	45
5.4	Les entités commerciales. ....	45
<b>6</b>	<b>Aperçu du temps en 2001 et au siècle passé. ....</b>	<b>47</b>
6.1	Bilan climatologique de l'année 2001 à Uccle. ....	47
6.2	L'année 2001 : une année très pluvieuse, un nouveau record! ....	50
6.3	Le projet " Century ". ....	52
<b>7</b>	<b>Choix de publications scientifiques et de conférences. ....</b>	<b>55</b>
7.1	Publications avec comité de lecture. ....	55
7.2	Thèses de doctorat. ....	56
7.3	Proceedings. ....	56
7.4	Publications internes. ....	58
<b>8</b>	<b>Liste des acronymes. ....</b>	<b>59</b>



## Liste des Figures

Figure 1. Exemple d'une carte d'alerte pour la prévision de précipitations abondantes. ....	4
Figure 2. Plumet calculé avec distribution des concentrations, basé sur les prévisions du modèle ECMWF. ....	5
Figure 3. Distribution calculée des dépositions au sol, basée sur les prévisions du modèle Aladin. Dans ce cas il s'agit d'une fuite à la centrale de Tihange et le plumet se trouve après 10 h dans la région liégeoise. ....	6
Figure 4. Représentation des indicateurs de conditions défavorables à la dispersion de polluants à partir de la prévision Aladin (jusqu'à 48h). ....	7
Figure 5. Comparaison des vagues observées et prévues. ....	8
Figure 6. Observations fournies par les bouées lors d'une tempête. ....	8
Figure 7. Précipitations cumulées sur 3 heures. ....	10
Figure 8. Nébulosité totale sur une échelle de 0 à 1. ....	11
Figure 9. Evolution et creusement d'une tempête sur l'Est de la Belgique. ....	12
Figure 10. Comparaison entre la prévision de la tempête de Noël 1999 selon la version opérationnelle d'Aladin (gauche) et une prévision pour laquelle les champs de grande échelle sont interpolés avec la correction d'accélération. Cette dernière améliore de 3hPa la prévision au centre de la basse pression. ....	14
Figure 11. Erreurs sur la prévision de la température à 2 m. ....	15
Figure 12. Diagramme des températures à 2m observées et prévues de 3 en 3h jusqu'à 48h. ....	16
Figure 13. Différence relative entre les mesures GOME et Brewer de la quantité totale d'ozone. La ligne noire est une moyenne courante. ....	21
Figure 14. Distribution en altitude de l'ozone troposphérique pour trois périodes différentes. ....	22
Figure 15. Variation du nombre d'impacts au sol par minute sur le territoire belge (mai 1997). ....	26
Figure 16. Cinétique des premières étapes de l'électrification dans un nuage. ....	27
Figure 17. Erreur moyenne de prévision à 48 heures d'échéance pour la hauteur du géopotential à 500 et 850 hPa en fonction de la taille du domaine du modèle régional ETA. ....	30
Figure 18. Image de l'intensité des précipitations (en mm/h) mesurée par le radar météorologique de Wideumont, sur une région située dans un rayon de 100 km autour du radar. ....	32
Figure 19. Spectrophotomètre Brewer avec double monochromateur, mis en service en 2001. ....	33
Figure 20. Exemple de l'évolution de l'index UV prévu et de l'index UV observé grâce aux mesures du nouveau spectrophotomètre Brewer. ....	34
Figure 21. La Veille Magnétique Mondiale, menée par l'IRM, initia ou améliora les mesures dans les Observatoires Magnétiques indiqués. ....	36
Figure 22. Programme pour le contrôle manuel des données dans la banque des données. ....	38
Figure 23. Carte de Prévisions avec fronts destinée à la TV ....	44
Figure 24. Prévisions pour la nuit sous une forme graphique ....	45
Figure 25. Températures - Moyennes mensuelles de la température de l'air à Uccle (°C). ....	48
Figure 26. Fréquence des précipitations - Nombre de jours avec précipitations à Uccle (jours). ....	49
Figure 27. Quantité de précipitations - Totaux mensuels des précipitations à Uccle (mm). ....	50
Figure 28. Durée d'insolation - Totaux mensuels de la durée d'insolation à Uccle (heures). ....	50



Figure 29. Exemple d'événement recensé dans "Century".....53



## ***Liste des Tableaux***

Tableau 1. Définitions des niveaux d'anormalité .....	48
Tableau 2. Valeurs pour 2001 et normales de différents paramètres météorologiques mesurés à Uccle .....	49
Tableau 3. Total pluviométrique annuel .....	51





# Préface

---

En 1999, l'IRM a été réorganisé en profondeur. Dans le courant de l'an 2000, un plan stratégique, adapté à la nouvelle organisation, a été développé pour la période 2001-2005. En 2001, on a entamé l'exécution de ce plan, avec comme objectifs principaux:

- Plus de sécurité par la connaissance sur le temps et le climat;
- Faciliter l'accès à l'information;
- Elargir et améliorer la gamme de produits et de services orientés vers le client.

Un objectif supplémentaire essentiel pour la réalisation des autres objectifs est:

- Amélioration des observations.

Ce rapport annuel reflète les progrès réalisés en 2001 pour atteindre ces objectifs, ce qui a modifié la structure du rapport. Ce rapport se veut plus qu'un historique de ce qui a été fait l'année précédente. Il veut aussi fixer les bases du plan d'implémentation de l'année prochaine.

Les crédits supplémentaires nécessaires pour la réalisation du plan stratégique en 2001 n'ont pas été obtenus, c'est pourquoi on a poursuivi les parties de ce plan qui pouvaient être réalisées avec les crédits actuels.

Malgré les crédits manquants, des progrès importants ont cependant pu être réalisés, comme par exemple:

- L'utilisation opérationnelle d'un radar météorologique dans les Ardennes;
- Le renouvellement de l'infrastructure informatique;
- La signature d'un contrat avec la Région de Bruxelles-Capitale en vue d'évaluer l'aptitude du modèle ALADIN à prévoir, jusqu'à 48h d'échéance, les conditions propices à une forte pollution sur la Région;
- La création d'une station procédant au sondage de la couche D de l'ionosphère au Centre de Physique du Globe à Dourbes;
- Le développement d'un système d'avertissements graphique pour le transport atmosphérique de la pollution ;
- La réalisation d'une première phase pour la réduction du temps de réponse pour la fourniture d'informations climatologiques.

Dr Henri Malcorps  
Directeur de l'IRM



# *1 Plus de sécurité par la connaissance du temps et du climat*

---

## **1.1 Amélioration des prévisions et avertissements météorologiques sur terre et en mer**

### **1.1.1 Nouveaux produits et services**

#### **1.1.1.1 Un système graphique d'avertissement de phénomènes météorologiques dangereux**

A la demande du centre de crise gouvernemental, les 3 services météorologiques belges (IRM, Belgocontrol et Météo-Wing) ont décidé que l'IRM serait le seul interlocuteur en cas de situations météorologiques dangereuses en Belgique.

Des contacts ont été pris avec des collègues du KNMI afin de profiter de leur expérience.

Les prévisionnistes de 15 services météorologiques nationaux en Europe ont entamé le développement d'un système graphique intégré en Europe pour la prévision des situations dangereuses, qui pourra être consulté via Internet.

Par analogie, l'IRM a décidé de mettre au point au niveau national un système graphique de vigilance pour les situations météorologiques dangereuses en Belgique. Ce système devrait s'intégrer dans le futur système européen.

Un groupe de travail "Météo-Alerte " composé de collaborateurs du département services opérationnels et du département "traitement de l'information " a été mis sur pied.

L'idée est d'associer une couleur à chacune des 10 provinces de Belgique ainsi qu'à la mer du Nord (vert : pas de danger, jaune : pré-alerte, ou rouge : alerte), pour différents paramètres (vent, précipitations...), ce qui permet de localiser visuellement les zones à risque pour chacun des paramètres (voir Figure 1). Le système deviendra opérationnel dans la seconde partie de 2002.

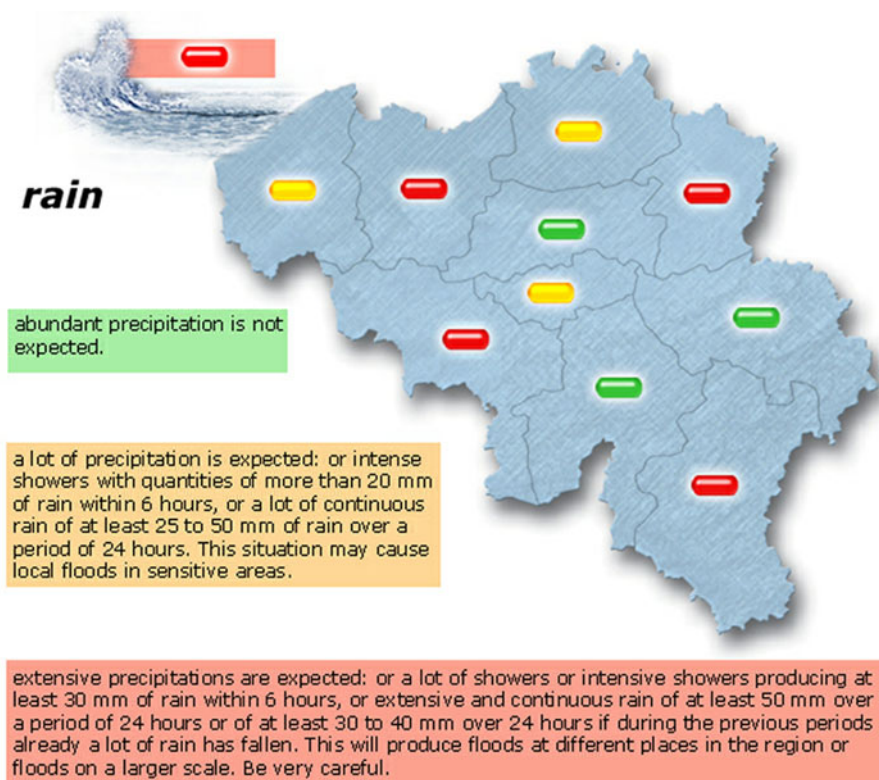


Figure 1. Exemple d'une carte d'alerte pour la prévision de précipitations abondantes.

### 1.1.1.2 Un système d'avertissement du transport atmosphérique de polluants

Un modèle atmosphérique de transport et de dispersion a été mis au point pour le calcul de la dispersion de polluants atmosphériques en cas d'accident chimique ou nucléaire.

Le modèle de dispersion effectue les calculs en temps réel à partir des champs prévus par le modèle du Centre Européen (ECMWF) (échelle de l'Europe), le modèle ETA ( Europe de l'Ouest) et le modèle Aladin (échelle de la Belgique).

Les résultats sont visualisés sur les pages web de l'IRM (accès via un mot de passe).

Dans la seconde moitié de 2002, chaque prévisionniste sera à même d'activer le modèle en cas de besoin.

Une carte calculée de plumet et de déposition, suite à une perte fictive de la centrale nucléaire de Chooz (France) est représentée ci-dessous (Figure 2). Le plumet se trouve après 24 heures dans le voisinage de la mer Baltique.



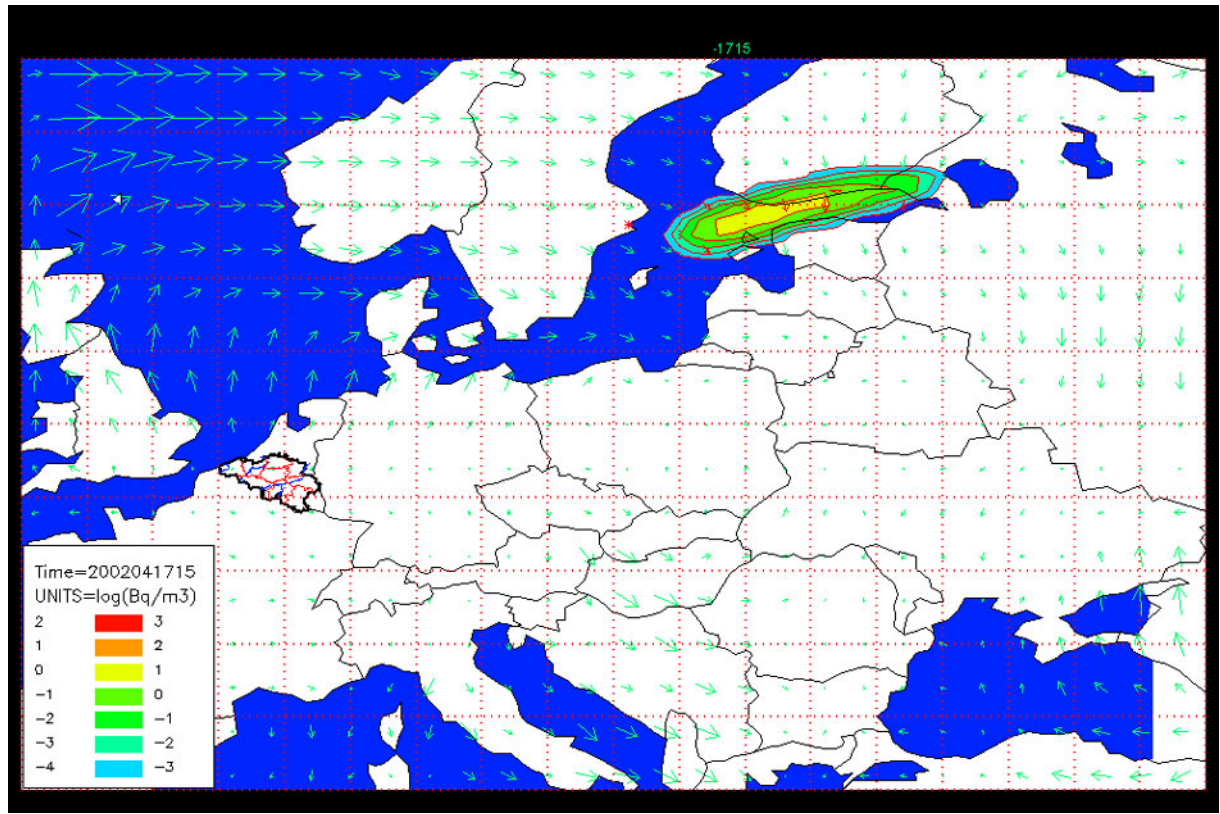


Figure 2. Plumet calculé avec distribution des concentrations, basé sur les prévisions du modèle ECMWF.

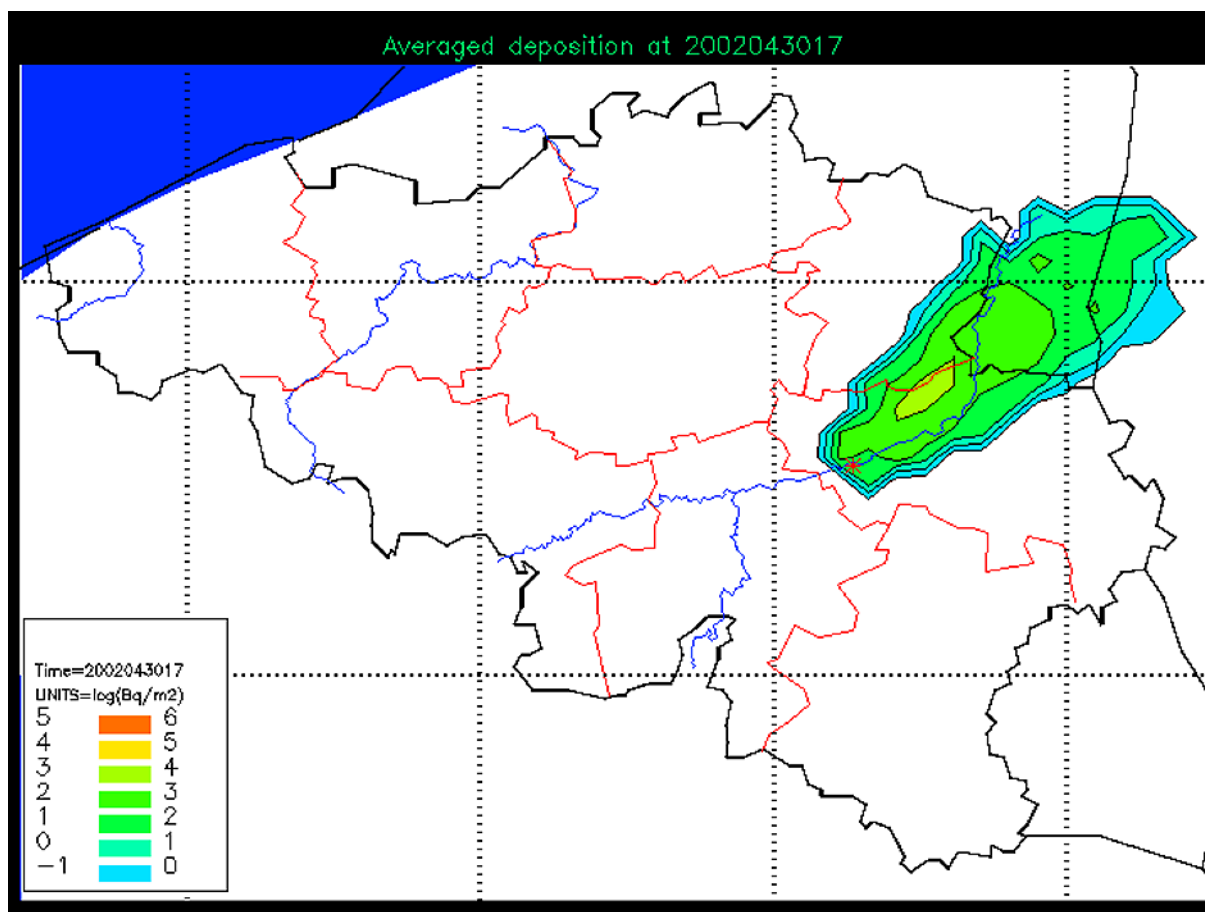


Figure 3. Distribution calculée des dépositions au sol, basée sur les prévisions du modèle Aladin. Dans ce cas il s'agit d'une fuite à la centrale de Tihange et le plumet se trouve après 10 h dans la région liégeoise.

### 1.1.1.3 Prévision des épisodes de pollution

A la demande de l'Institut Bruxellois de la Gestion de l'Environnement (IBGE), une étude a été conduite pour évaluer dans quelle mesure un modèle de prévision numérique comme Aladin peut servir à prévoir les conditions météorologiques susceptibles de conduire à une pollution importante (polluants chimiquement inertes).

Une première analyse a permis d'identifier trois processus physiques pertinents, à savoir: la turbulence, le transport horizontal et l'instabilité thermique.

En deuxième lieu, nous avons examiné si certains des paramètres associés à ces processus (inversion et indice de transport horizontal) étaient bien prévus par le modèle. On a pu constater que, dans sa version actuelle, le modèle Aladin est utilisable pour l'application envisagée. La Figure 4 montre qu'une inversion doublée d'un indice de transport faible (traits rouges) sont associés à des conditions très défavorables. On a noté une nette amélioration de la prévision des inversions par la version la plus actuelle du modèle ALADIN.

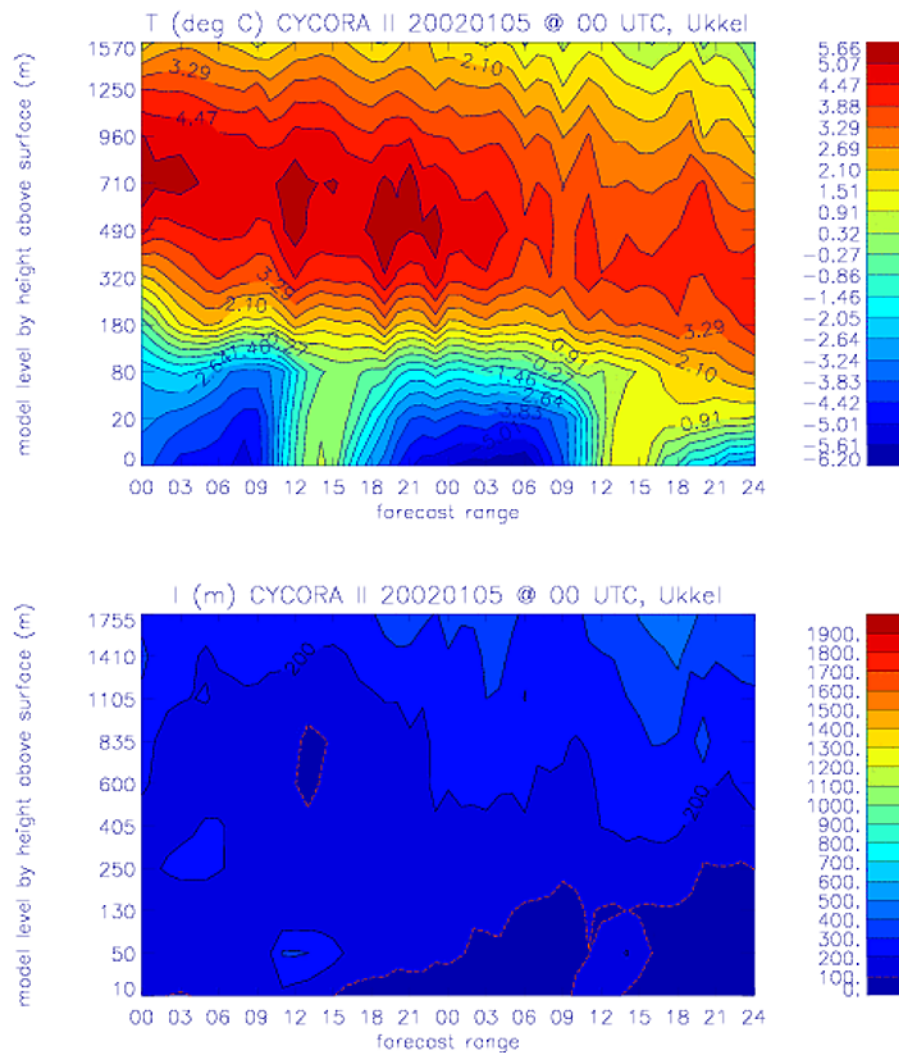


Figure 4. Représentation des indicateurs de conditions défavorables à la dispersion de polluants à partir de la prévision Aladin (jusqu'à 48h). En haut, évolution du champ de la température à Uccle avec présence d'une inversion. En bas, évolution du profil d'un index de transport L. On observe une couche où L est inférieur à la valeur critique fixée à 100 m.

#### 1.1.1.4 Prévisions en mer

Les activités de l'OMS à Zeebrugge se situent essentiellement dans le domaine opérationnel. Plusieurs fois par jour, un bulletin de prévisions est établi pour la côte et en mer, dans le cadre de la convention avec la région flamande

Des contrôles mensuels des prévisions et des modèles atmosphériques et océanographiques sont effectués. Des études sur le comportement des vagues et des marées sont réalisées, et la qualité des modèles numériques marins est évaluée.



Au printemps, un cours de météorologie marine à été organisé à Zeebrugge, avec la collaboration du KNMI. Chaque collaborateur de l'OMS a réussi l'examen et a obtenu un certificat.

En septembre, des prévisions spécifiques ont été effectuées pour le guidage du voilier BELGACOM. Cette épreuve de voile est passée inaperçue suite aux événements tragiques du 11 septembre 2001.

En novembre, une réunion a été tenue avec le BMM (Gestion du Modèle Mathématique de la Mer du Nord), afin de déterminer comment améliorer le modèle opérationnel marin. Des améliorations seront apportées aussi bien dans le domaine météorologique qu'océanographique.

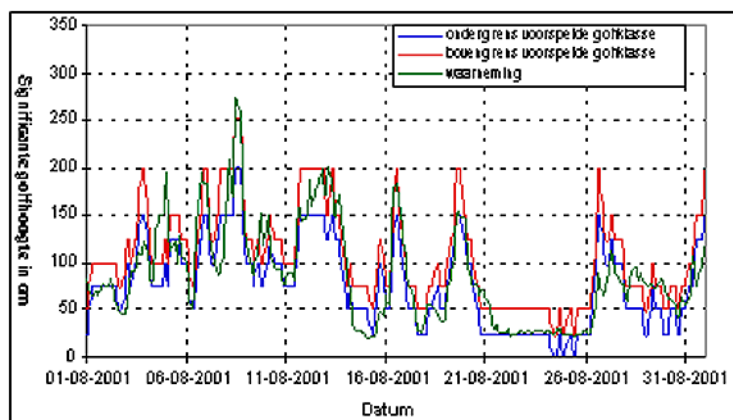


Figure 5. Comparaison des vagues observées et prévues.

Après chaque événement tempétueux, des rapports de tempêtes ont été rédigés, avec évaluation de la qualité de la prévision.

Chaque cas a été analysé et documenté pour des études ultérieures

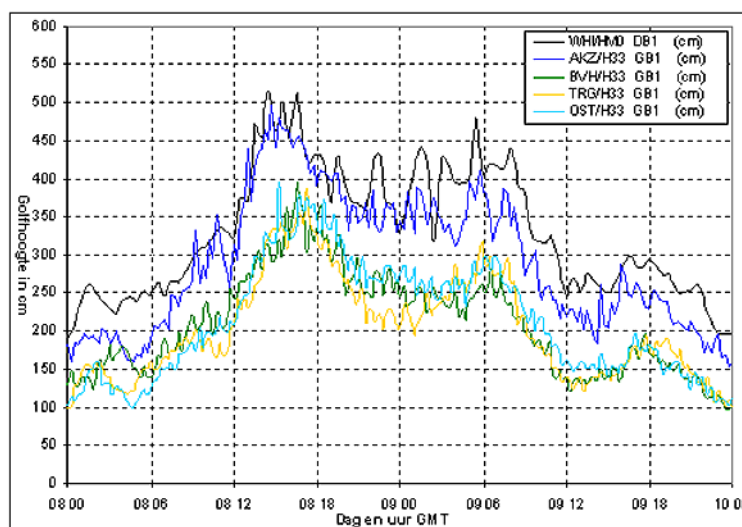


Figure 6. Observations fournies par les bouées lors d'une tempête.

En 2001, une collaboration plus étroite entre l'IRM et l'OMS a été décidée en vue d'améliorer la prévision des tempêtes

Une procédure d'avertissement de l'OMS au service des voies navigables de la côte a été mise en place. On n'enverra plus d'avis définitif 48 heures à l'avance, mais seulement un premier avertissement. Celui-ci sera confirmé dans les 24 heures (ou 12 heures) suivantes si nécessaire, ceci afin d'éviter les fausses alertes.

Le grand public sera averti via le site de l'OMS, de 12 à 18 heures avant les fortes marées. Il n'y aura pas de pré-alerte pour le grand public, seulement pour les services d'urgence (url : <http://www.lin.vlaanderen.be/awz/weerberichtkust>).

## 1.1.2 Amélioration du modèle ALADIN-Belgique

La section "Modélisations Hydro-météorologiques" travaille sur l'utilisation et l'amélioration du modèle de prévision numérique à haute résolution Aladin.

La participation très-active de l'Institut à cet effort de recherche international regroupant actuellement 15 pays nous permet d'une part de maintenir et de développer davantage notre savoir-faire et notre expertise dans le domaine de la prévision numérique du temps, mais aussi de proposer des voies de recherche en liaison avec nos besoins plus spécifiques et d'optimiser l'exploitation des modèles numériques dans la prévision opérationnelle et dans les services aux usagers.

Les prévisions à haute résolution et à courte échéance suscitent un intérêt de plus en plus grand, que ce soit au niveau des loisirs ou d'activités économiques comme l'agriculture, la construction, la gestion de l'énergie,...

L'amélioration de la précision des prévisions et en particulier de la résolution du modèle - qui utilise actuellement des mailles de 7 km sur la Belgique - reste au centre de nos préoccupations. Nous avons été actifs sur plusieurs fronts, chaque chercheur ayant sa propre spécialité.

### 1.1.2.1 Prévision des précipitations

Des produits du modèle de prévisions régionales Aladin Belgique sont projetés en coordonnées géographiques dans un domaine d'aire limitée de 700 sur 700 kilomètres centré sur la Belgique. Les cartes reproduites ici sont issues du "run" du modèle pour le 5 septembre 2001 à 12h00 UTC.

La carte de surface de la Figure 7 contient une prévision à 24 heures d'échéance (soit pour le 6 septembre à 12h00 UTC) du champ de pression réduite au niveau de la mer (intervalles de 2 en 2 hPa). On y a superposé le champ de précipitations cumulées sur une période de 3 heures (entre les échéances +21 et +24 heures : lame d'eau en 1/10ème de millimètres) suivant la palette de couleurs reprise dans la légende.



Aladin Belgium [1200] Wednesday 5 September 2001 12z Forecast t+ 24 VT: Thursday 6 September 2001 12z  
 Surface: 3 h Precipit. MSLP (hPa), T2M (°C), Td2M (°C), 10m Wind

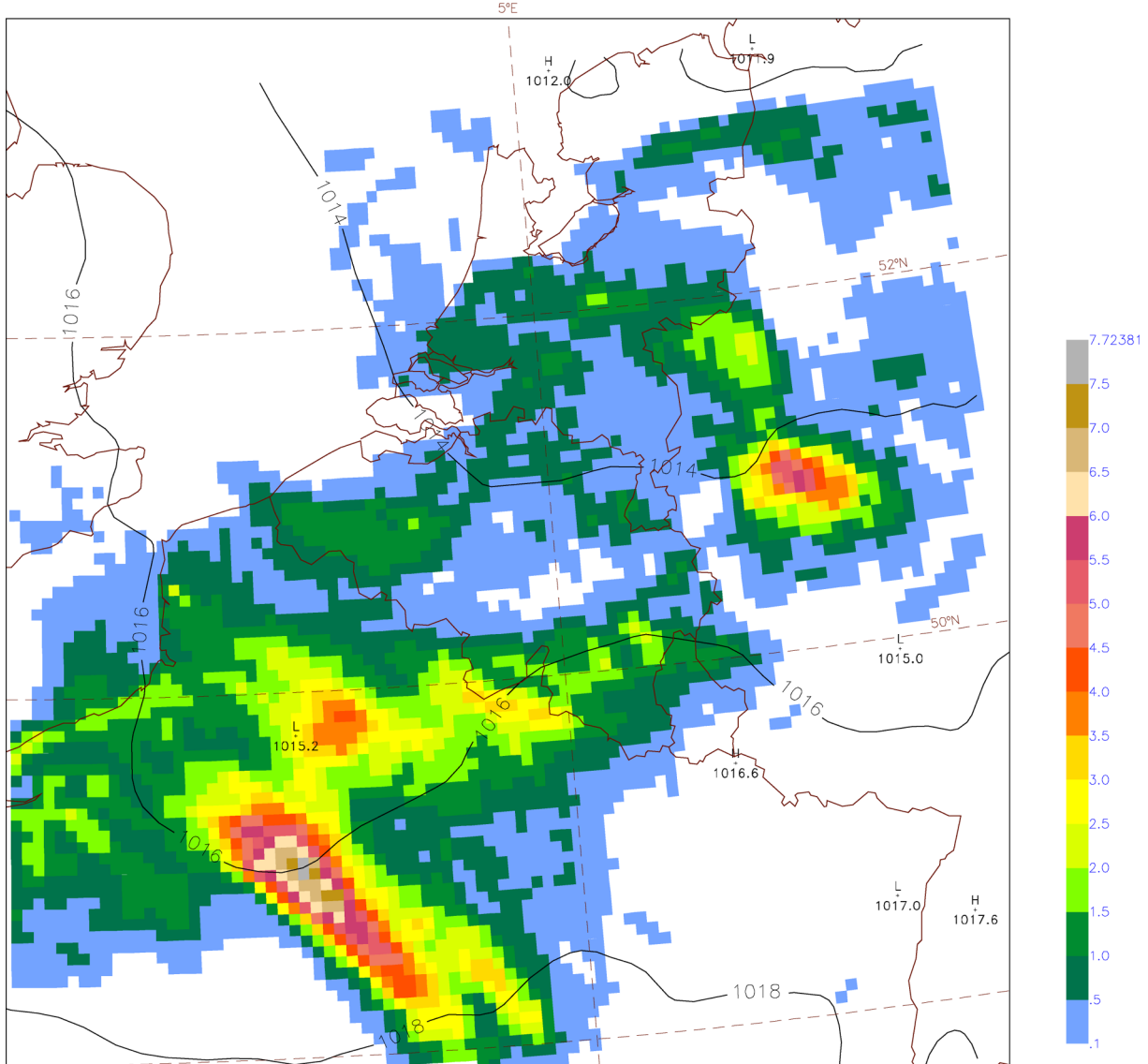


Figure 7. Précipitations cumulées sur 3 heures.

Une autre carte présente la prévision à 24 heures d'échéance de la nébulosité totale exprimée en pour-cents suivant la palette de couleurs reprise dans la légende.



Atadin Belgium [1200] Wednesday 5 September 2001 12z Forecast t+ 24 VT: Thursday 6 September 2001 12z  
Instantaneous Cloudiness fields

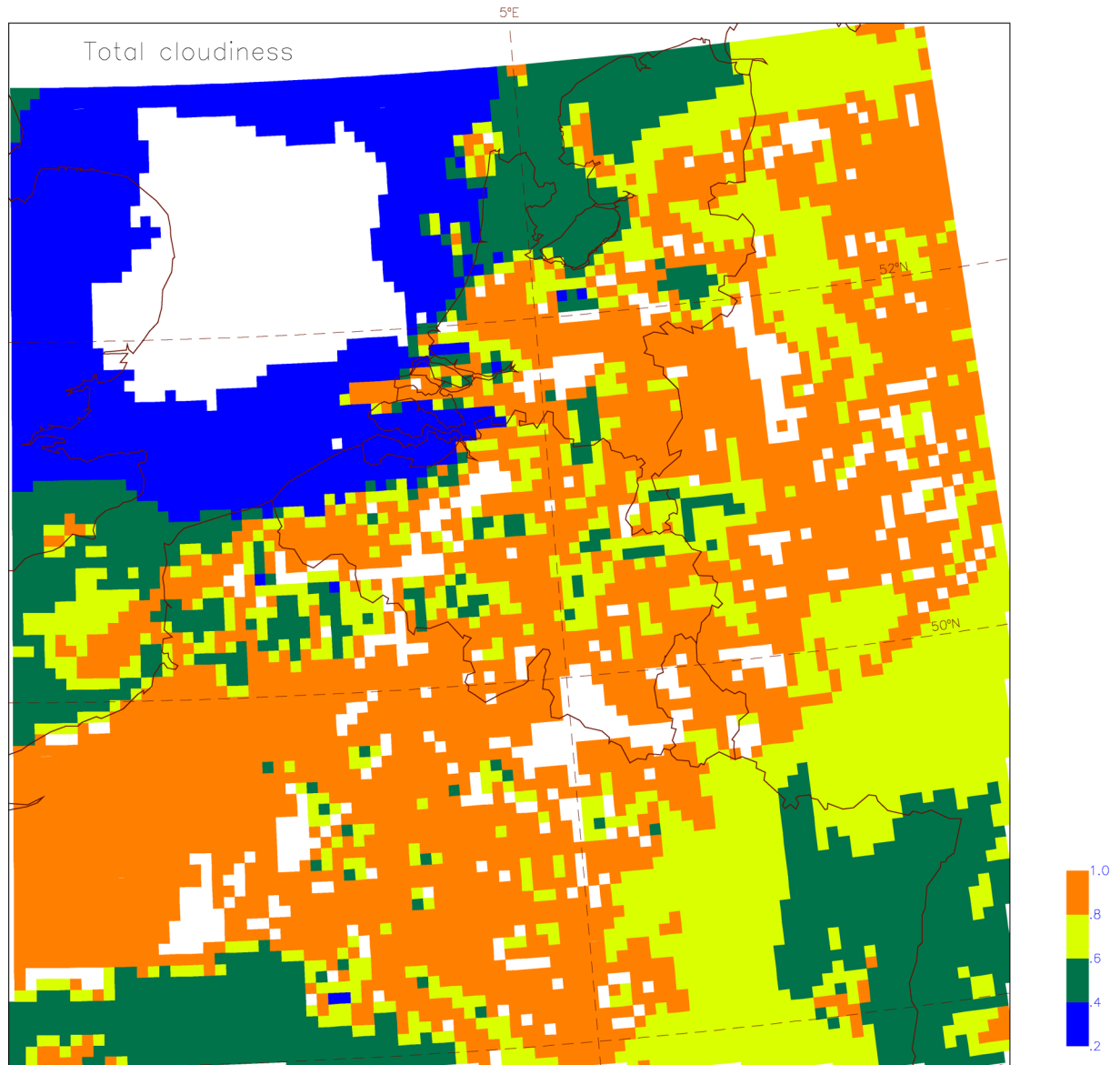


Figure 8. Nébulosité totale sur une échelle de 0 à 1.

### 1.1.2.2 Processus physiques

Au niveau des aspects physiques et de la représentation des phénomènes sous-maille, on peut mentionner:

- une approche pronostique de la convection profonde a été testée, procurant une meilleure description des phénomènes. Sa mise en oeuvre dans le modèle opérationnel se profile en relation avec un réaménagement plus large du traitement de la microphysique, sur lequel un travail étendu est en cours;
- Des recherches se sont poursuivies sur le traitement des effets de l'orographie sous-maille;



- Un chercheur post-doc a entamé en novembre un travail sur le traitement pronostique de la turbulence, qui doit permettre une meilleure représentation de la couche limite et, en particulier, de son cycle diurne.

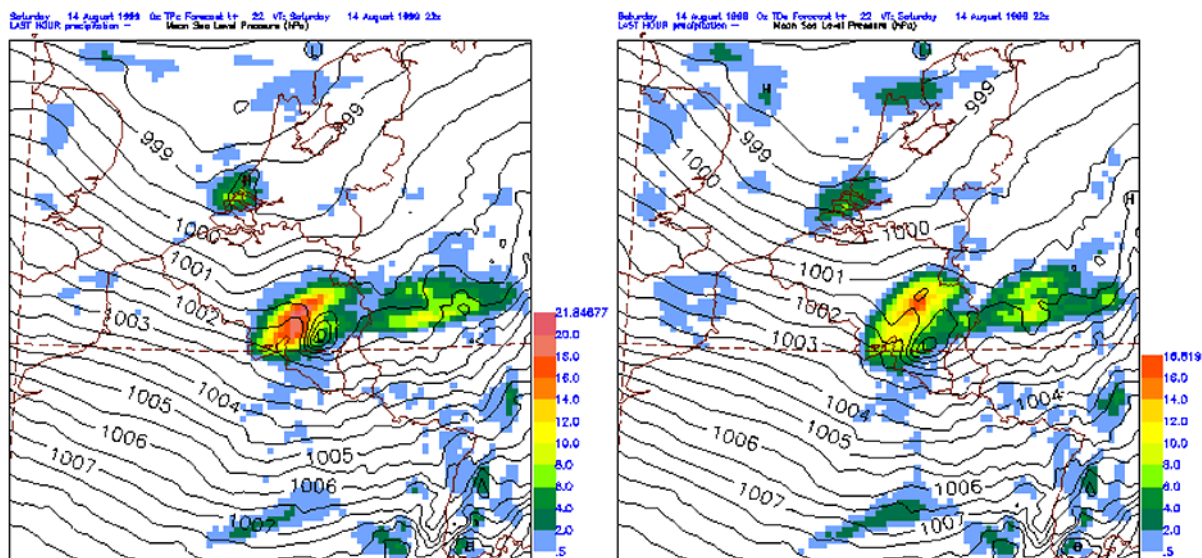


Figure 9. Evolution et creusement d'une tempête sur l'Est de la Belgique. Nouveau schéma de convection profonde (à gauche) vs ancien schéma (à droite).

### 1.1.2.3 Couplage et initialisation

La recherche entamée fin 2000 en vue d'améliorer le couplage du modèle ALADIN Belgique avec le modèle de grande échelle (ALADIN France) a porté ses premiers fruits en 2001.

Actuellement, les données de couplage sont fournies de 3 en 3 heures. Pour ALADIN Belgique, il est nécessaire de disposer de ces données à chaque pas de temps, soit toutes les cinq minutes. On les obtient par interpolation linéaire entre deux champs successifs. Ce procédé laisse parfois à désirer, en particulier lorsque la situation change rapidement. L'exemple le plus représentatif de ce défaut concerne les tempêtes de décembre 1999.

Diverses alternatives d'interpolation temporelle ont été testées en 2000. L'une d'entre elles a conduit à une amélioration sensible (Figure 10).

La méthode du blending a été testée en vue d'améliorer la description de la situation initiale dans ALADIN Belgique. Dans ce cas, les données provenant d'ALADIN France ne sont plus directement interpolées à la résolution d'Aladin Belgique. Elles sont d'abord mêlées (blended) de manière cohérente à une prévision à 6 h d'ALADIN Belgique. On admet que cette prévision contient une meilleure information sur les petites échelles que l'analyse provenant du modèle français. Bien qu'aucune nouvelle observation ne soit ajoutée, on peut donc utiliser le modèle lui-même pour améliorer les conditions initiales.

Il est apparu, au cours des tests, que le blending a un effet positif sur les scores des prévisions. Afin de mieux objectiver ces effets et de les rendre plus



clairs, on a récemment entamé une recherche utilisant la technique des ondelettes.

La chaîne complète d'analyse et d'assimilation a été finalisée. Cette chaîne comprend l'extraction des données synoptiques de surface, la conversion de ces données en fichiers binaires et l'analyse obtenue par interpolation optimale des données synoptiques, l'ébauche étant fournie par une prévision à courte échéance ALADIN. La chaîne d'assimilation a pour objectif d'aboutir à une représentation aussi fidèle et cohérente que possible de l'état de l'atmosphère qui sera ensuite utilisé comme état initial des prévisions ALADIN Belgique. La chaîne a été testée pour une période de 3 semaines pour le mois de mai 2001. Les résultats, très encourageants, montrent une petite amélioration des scores pour la température à 2 mètres, la pression et la direction du vent, sur les 12 premières heures des prévisions.

A partir du mois de juillet, la migration de la chaîne opérationnelle ALADIN sur le nouveau Système informatique SGI Origin 3400 a été entreprise.

Les paramètres de compilation et d'exécution d'ALADIN ont été optimisés, ce qui a permis un run Aladin à 48 heures d'échéance d'être exécuté sur 16 processeurs en moins de 20 minutes. Ce qui représente un gain d'un facteur 2 par rapport à l'ancienne installation.

Deux tests comparatifs par rapport à la chaîne opérationnelle existante sur CRAY ont été réalisés. Il en ressort que, pour l'ensemble des champs calculés, seules de petites différences (de l'ordre de 0.1 m/s pour la vitesse du vent, 1 degré pour la direction du vent, 0.1 K pour la température à deux mètres, 1 % pour l'humidité) ont été observées.

Nous avons, au cours des tests de validation, dû faire face à de nombreux problèmes liés au logiciel commercial de gestion des queues PBS-PRO. Ces problèmes ont été corrigés par SGI et semblent à présent entièrement résolus.

En parallèle au travail sur la migration de la chaîne opérationnelle, un séjour de 5 semaines à Météo-France a été consacré à une étude comparative de l'impact sur les prévisions, de l'utilisation de nouvelles bases de données de végétation et de sol à très haute résolution, servant à l'élaboration des fichiers physiographiques utilisés par ALADIN. L'analyse des résultats est en cours.

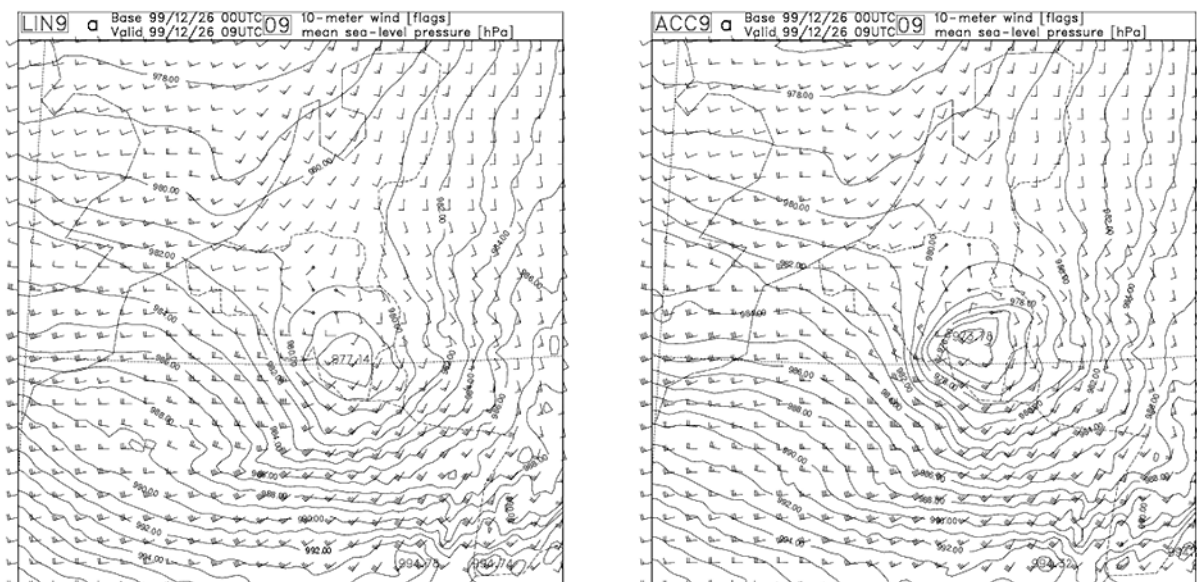


Figure 10. Comparaison entre la prévision de la tempête de Noël 1999 selon la version opérationnelle d'Aladin (gauche) et une prévision pour laquelle les champs de grande échelle sont interpolés avec la correction d'accélération. Cette dernière améliore de 3hPa la prévision au centre de la basse pression.

### 1.1.3 Résultats obtenus et contrôle de qualité

#### 1.1.3.1 Contrôle du modèle ECMWF

- Sur l'Europe, l'augmentation du nombre de très bonnes prévisions et la réduction des mauvaises prévisions en hiver se confirment.
- Durant l'année 2001, le modèle du centre européen a confirmé l'amélioration des températures à 2 mètres la nuit ainsi que l'impact positif du schéma de paramétrisation du sol.
- On a constaté également une réduction des erreurs dans la prévision de la couverture nuageuse totale.
- Le passage au modèle T511 à haute résolution a eu aussi un impact positif sur les prévisions de précipitation.

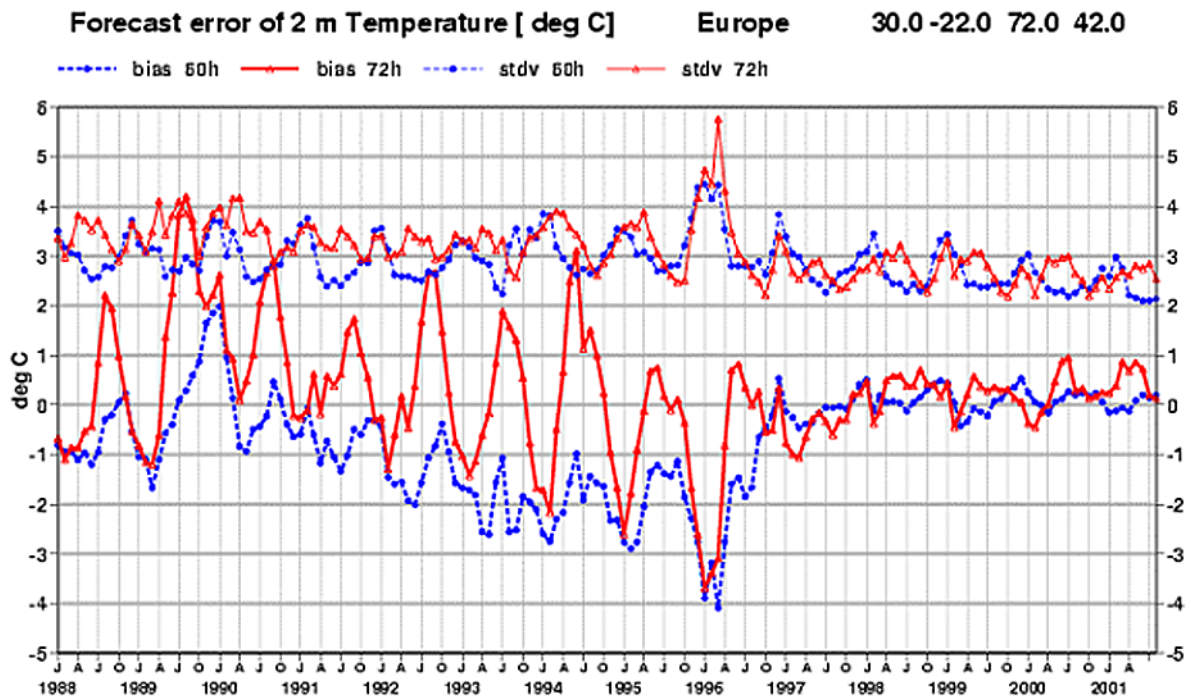


Figure 11. Erreurs sur la prévision de la température à 2 m.

A partir de 1997, la qualité des prévisions de température à 2 mètres s'est nettement améliorée (Figure 11). L'introduction du schéma de gel de l'eau dans le sol et de la réflexion du rayonnement solaire par la neige ont largement réduit la sous-estimation de la température prévue à 2 m dans des conditions hivernales.

### 1.1.3.2 Contrôle du modèle Aladin

Sur le plan opérationnel, le modèle ALADIN a été utilisé en routine par les prévisionnistes pour élaborer leurs prévisions générales. La vérification des sorties du modèle opérationnel a été poursuivie comme pour l'année 2000. Puisque le modèle n'a pas connu une nouvelle version, au cours de l'année, ainsi qu'on pouvait s'y attendre, on n'a pas observé de différences significatives dans les résultats. (voir diagramme des températures à 2 mètres à Uccle durant les mois d'été) (Figure 12)

De plus, dans le cadre de partenariat avec des sociétés privées (Sidmar, par exemple) et des organismes publics régionaux (IBGE-BIM) de nouvelles applications ont été testées, parfois même rendues opérationnelles. Les sorties du modèle relatives aux vitesses de vents en altitude ont été utilisées pour assurer la sécurité des chantiers de levage. Une étude de faisabilité pour prévoir les épisodes défavorables à la dispersion de la pollution dans la région bruxelloise a abouti à des conclusions largement optimistes pour que l'on puisse envisager de passer à une phase opérationnelle à brefs délais. A titre indicatif, il est à noter que les prévisions d'alertes du modèle (testées par le département recherche dans une phase quasi opérationnelle) correspondaient exactement aux épisodes au cours desquels les normes européennes relatives à la pollution étaient réellement dépassées à Bruxelles.



## T2M ALADIN VS. OBSERVATIONS UKKEL: Jun,Jul,Aug 2001

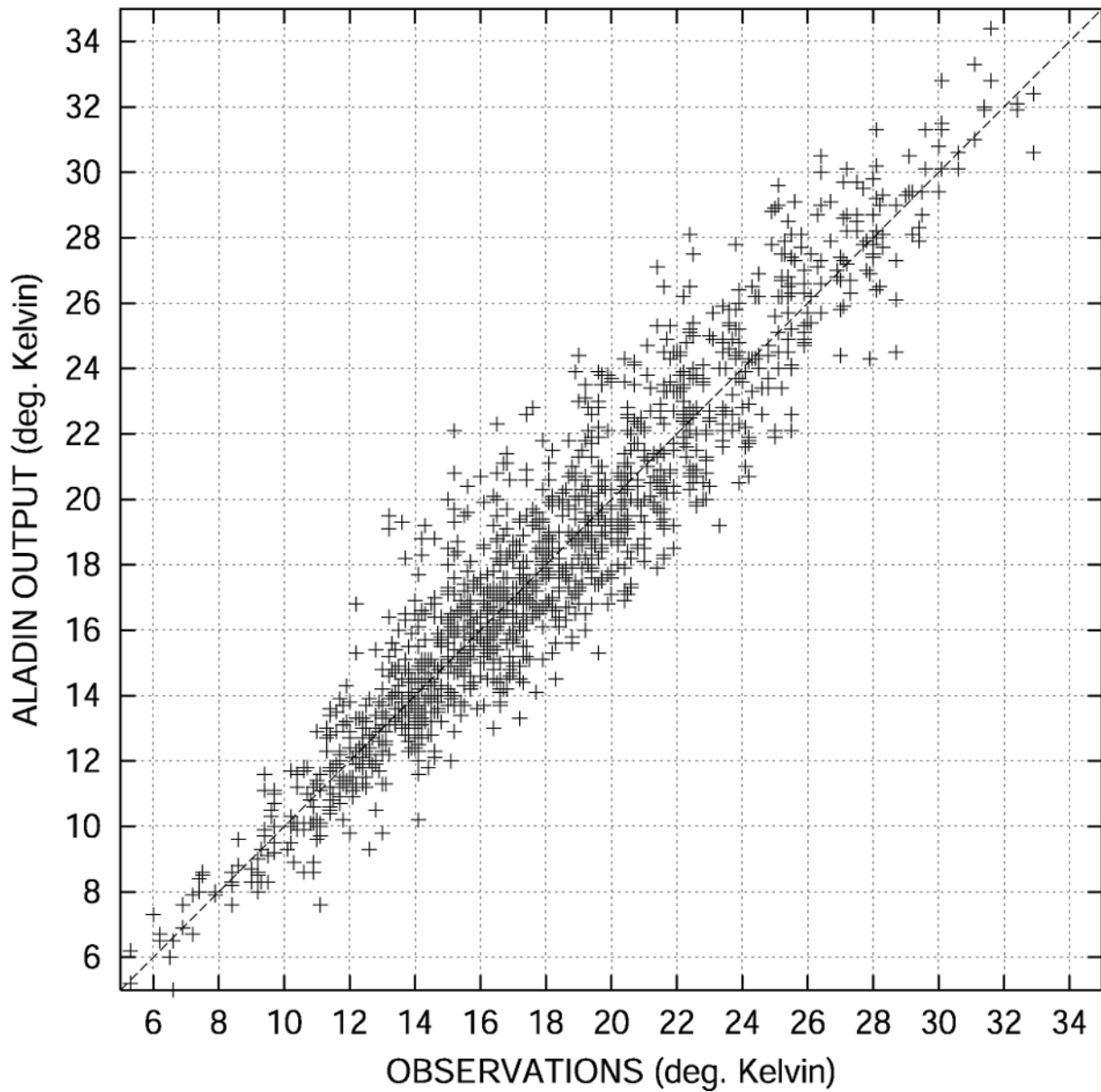


Figure 12. Diagramme des températures à 2m observées et prévues de 3 en 3h jusqu'à 48h.

## 1.2 Elargissement et applications de la connaissance du climat

### 1.2.1 Point de vue du Conseil de Direction de l'IRM à propos du problème relatif aux changements de climat

L'éventualité d'une influence humaine sur les changements de climat est un sujet qui concerne non seulement la communauté scientifique mais aussi les décideurs et le grand public. Le fond du problème est relativement bien connu : les gaz dits "à effet de serre" présents dans l'atmosphère, parmi lesquels la vapeur d'eau et le dioxyde de carbone, sont transparents au rayonnement solaire incident mais absorbent le rayonnement infrarouge émis par la terre. L'augmentation de ces gaz dans l'atmosphère, entre autres par la consommation d'énergie fossile, pourrait conduire dès lors à une élévation de la température de la planète. La question centrale est de savoir quelle serait la part relative de cet effet dû aux activités humaines par rapport aux causes naturelles pouvant également modifier le climat telles que, par exemple, les éruptions volcaniques et/ou les variations de l'intensité du rayonnement solaire.

L'information au sujet de ce problème qui met en alerte les médias a son origine, pour l'essentiel, dans les rapports du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC), organisme fondé en 1988 par l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) et le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE). Le 3ème rapport du GIEC à propos de l'état de la question sur le plan scientifique est disponible depuis peu. Dans la droite ligne du 2ème rapport, on y trouve entre autres parmi les conclusions, que la température de la Terre aurait augmenté au cours du 20ème siècle de  $0,6 \pm 0,2$  °C. Aux incertitudes près, ces chiffres concordent avec l'analyse des séries de températures mesurées par l'IRM.

Le rapport scientifique complet du GIEC est incontestablement un document riche en informations. Il existe aussi, à côté de ce document volumineux, un rapport de synthèse qui est celui qui alimente en informations les médias et les décideurs. Celui-ci n'offre pas la même rigueur que des scientifiques indépendants assurent grâce aux procédures d'avis pour les publications scientifiques. On ne s'étonnera donc pas que le rapport de synthèse ait suscité la critique, (parmi lesquelles celles d'un auteur principal du rapport scientifique du GIEC) entre autres pour son manque de nuance qui ne reflète absolument pas les incertitudes présentes encore dans le rapport scientifique. Ainsi, par exemple, le rapport de synthèse attribue "vraisemblablement " l'élévation de la température observée ces 50 dernières années à l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre. Cette position n'est pas conciliable avec les incertitudes inhérentes aux modèles climatiques actuels.

Ces incertitudes tiennent à l'énorme complexité du système Terre - atmosphère dans lequel interviennent des "rétroactions " de différents types. A titre d'exemple, nous pourrions citer les interactions entre les masses nuageuses et le rayonnement. Aucun des modèles climatiques actuels n'est capable de prendre en compte ou de décrire tous les aspects de ces rétroactions d'une manière satisfaisante. Ce fait, déjà à lui seul, conduit à entourer de beaucoup d'incertitudes les calculs des modèles climatiques relatifs à l'effet de serre. A la lecture du rapport de synthèse, on peut



cependant avoir l'impression que ses principales conclusions concernant l'influence humaine sur les changements de climat sont fermement établies. Il n'est donc pas étonnant que les médias s'en inquiètent régulièrement. Ainsi, à chaque inondation ou à chaque tempête, on invoque ça et là le changement de climat planétaire et son incidence sur la fréquence de ce type d'événements.

De plus, des études sont actuellement en cours portant sur l'influence possible de facteurs externes (extraterrestres). Par exemple, la variation à long terme du flux d'énergie provenant du soleil ou du flux de rayons cosmiques incidents sur l'atmosphère.

Dans le rapport du GIEC, des scénarios sont également publiés concernant notamment les changements de température et du niveau des océans au cours des 100 prochaines années. Aux incertitudes relatives des modèles climatiques eux-mêmes, s'ajoutent, bien évidemment, les incertitudes liées aux besoins et à l'utilisation des énergies fossiles ou d'autres produites grâce aux nouvelles technologies dans les 100 prochaines années. Ces scénarios n'ont, par conséquent, qu'une valeur scientifique limitée. Pourtant, c'est souvent les pires scénarios du GIEC (par exemple, une augmentation de 5°C de la température moyenne de la terre) qui sont retenus comme des prédictions réalistes de ce qui attend l'humanité au 21<sup>ème</sup> siècle. Le fait d'alarmer les décideurs et le grand public d'une telle manière est une stratégie à court terme qui en finalité est néfaste pour la crédibilité d'études sérieuses du climat

L'IRM est d'avis qu'il est fondamental de replacer correctement le débat dans son juste contexte et d'approcher avec beaucoup de circonspection les conclusions qui ressortent des modèles climatiques actuels. L'IRM veut aussi mettre l'accent sur d'autres approches telles que des applications de la théorie du chaos. Tout en étant de nature déterministe, les modèles engendrent des évolutions très complexes, incorporant les incessantes fluctuations dont l'atmosphère est en permanence le siège. Ceci confère à la dynamique atmosphérique un caractère d'apparence erratique, qualifié de " chaos déterministe ". Une propriété essentielle de tels systèmes est que l'évolution est particulièrement sensible aux conditions initiales. De petites variations (non mesurables) dans les conditions initiales au sein de l'atmosphère peuvent conduire à différents résultats imprévisibles.

Appliquée à la description de l'évolution du climat, les conséquences de la théorie du chaos impliquent qu'une légère variation dans les conditions initiales peut conduire à un nouvel équilibre climatique parfaitement imprévisible, et ce en un laps de temps relativement court. On trouve un bon exemple de ce type d'événements dans l'évolution du régime des précipitations au Sahel au cours des dernières décennies. Par ailleurs, les séries de mesures de l'IRM (particulièrement les températures) sont en concordance avec ce comportement. L'IRM est d'avis qu'un progrès significatif de notre connaissance des changements de climat est seulement possible en prenant pleinement conscience de la complexité inhérente à la dynamique telle qu'elle nous est révélée par la théorie du chaos. Ceci pourrait susciter l'emploi de méthodes probabilistes complétant avantageusement les schémas traditionnels de prévision.

D'autre part, en tenant compte du fait que des séries de mesures fiables de variables météorologiques sont à la base des études du climat, l'IRM accorde une importance cruciale à ces mesures et au contrôle de qualité des ses séries. Celles-ci, parmi lesquelles certaines ont plus de 150 ans, sont régulièrement suivies en vue d'assurer leur homogénéité. Dans un contexte international



L'IRM contribue aussi, sur base d'anciennes observations météorologiques, à la reconstruction du climat dans nos régions et ce depuis les 200 à 300 dernières années. A l'aide de ces séries, des études sont effectuées en particulier concernant les précipitations. Il ressort de la série complète de ces mesures qu'aucun changement n'a été constaté, aussi bien concernant la quantité moyenne que concernant les intensités extrêmes des précipitations. À côté des séries de mesures météorologiques, l'IRM dispose aussi de séries uniques relatives à des paramètres très importants pour l'étude du système climatique, tels que l'intensité du rayonnement solaire qui atteint le sommet de l'atmosphère et la quantité d'ozone dans les hautes couches de l'atmosphère.

Toutes les incertitudes liées aux changements de climat planétaire n'excluent évidemment pas la possibilité d'influences humaines sur le système. L'IRM est d'avis que dans ce cadre, le principe de précaution doit être appliqué en se basant sur des objectifs réalistes pour une utilisation plus rationnelle de l'énergie. La réduction de la consommation d'énergie fossile diminue à terme le risque des conséquences néfastes pour le climat. D'ailleurs le principe de précaution ne doit pas être un frein pour le développement de la recherche, mais au contraire, peut stimuler le développement d'alternatives technologiques parmi lesquelles le recours aux énergies renouvelables.

## 1.2.2 Estimation de risques hydrologiques

Le projet " Modélisation intégrée du cycle hydrologique dans un contexte de changements climatiques " dans le cadre du Programme " Global Change et Développement Durable " des SSTC s'est poursuivi cette année à la Section " Analyse de Risques et Durabilité ".

L'objectif consiste à comparer trois modèles hydrologiques et étudier les impacts hydrologiques de scénarios de changement climatique simulés par ces trois modèles. Le modèle hydrologique conceptuel IRMB (Integrated Rainfall runoff Model Bultot) a été appliqué aux bassins versants de la Gette et de l'Ourthe Orientale. Il a été démontré que le modèle conceptuel IRMB permet de simuler les débits avec des performances égalant celles de modèles plus détaillés.

L'objectif du deuxième volet de ce projet consiste à étudier les impacts de changement climatique sur le cycle hydrologique des grands bassins belges. Le modèle SCHEME (pour SCHElde et MEuse) est l'adaptation du modèle IRMB à une représentation sur une grille de mailles de 50 km<sup>2</sup>. Le modèle SCHEME a été appliqué au bassin de la Meuse en France et en Belgique. Une étude des impacts des changements climatiques a été réalisée sur le bassin de la Meuse à Visé (~20.000 km<sup>2</sup>) et des sous-bassins importants. L'application du modèle au bassin de l'Escaut a débuté cette année .

Le projet " Data Assimilation within an Unifying Modeling Framework for Improved River Basin Water Resources Management (DAUFIN) " est financé par le Cinquième programme-cadre de la Communauté européenne (FP5), 2000-2001. Ce projet a débuté par une étude pilote dont les deux objectifs sont de tester un modèle hydrologique basé sur le concept de bassin-versant élémentaire représentatif (REW) et d'évaluer l'intérêt des méthodologies d'assimilations de données dans la modélisation hydrologique. L'assimilation de l'évapotranspiration estimée à partir de Météosat dans le modèle SCHEME a été testée et évaluée.



Un autre projet géré par la section " Analyse de Risques et Durabilité " concerne le calcul des courbes IDF (Intensité-Durée-Fréquence) des précipitations à partir des mesures des pluviographes (données disponibles toutes les 10 minutes) et des pluviomètres (données journalières) pour les différentes stations météorologiques belges. En particulier, nous avons calculé les courbes IDF sur base de la série de 102 ans d'observations disponibles de 10 en 10 minutes à Uccle pour la période de référence 1898-1999. L'estimation des paramètres de ces courbes a été effectuée sur base de techniques récentes et robustes. De nouveaux types de courbes ont également été établis en accordant plus d'importance à leur signification physique.

### 1.2.3 Estimation de l'évapotranspiration sur l'Europe

Le projet SAF-LAND a pour objectif l'exploitation des données issues des satellites Meteosat de Seconde Génération (MSG), pour en déduire différents paramètres de la surface tels que la température radiative, l'albédo, les caractéristiques du couvert végétal, l'humidité du sol, etc... L'équipe de la section "Modélisations Hydro-météorologiques" s'occupe spécifiquement de l'évapotranspiration. Sa mission consiste à mettre au point un algorithme capable de déterminer, de manière opérationnelle, l'évapotranspiration au-dessus de l'Europe, par télédétection.

Au cours de l'année 2001, cet algorithme a été complètement défini et implémenté. Il consiste à forcer un modèle SVAT (Soil-Vegetation-Atmosphere Transfer), décrivant les échanges énergétiques entre la surface et l'atmosphère, par des données d'origine satellitaire. Toutefois, les variables satellitaires seules ne suffisent pas pour alimenter le modèle; elles doivent être complétées par des observations météorologiques au sol, des résultats de prévisions numériques et des informations concernant le type de sol et de végétation. Le modèle utilisé s'inspire largement du SVAT "TESSEL", du modèle de prévision numérique du Centre Européen (ECMWF).

Les premiers tests effectués à partir des mesures de la station météorologique de Cabauw (NL) révèlent un très bon accord entre l'évapotranspiration déterminée par l'algorithme et celle qui est mesurée. D'autre part, un modèle SVAT "TESSEL" simplifié a donné des résultats encourageants, même si certains aspects de la méthode doivent encore être améliorés.

Par ailleurs, l'évapotranspiration et l'humidité du sol étant deux grandeurs physiquement liées, une collaboration plus étroite entre l'équipe de l'IRM et la cellule en charge de l'humidité du sol de l'Institut Météorologique de l'Université de Bonn, également partenaire dans le projet SAF-LAND, a été mise sur pied.

### 1.2.4 Bilan d'ozone

Dans le cadre de l'action COST 713, une étude a été réalisée afin de comparer les indices UV mesurés et ceux issus de modèles (De Backer et al., 2001). Il en est ressorti que, en moyenne, les modèles ont tendance à surestimer les valeurs de l'index UV par rapport aux données mesurées. Une part de cette différence pourrait être due à une connaissance imparfaite des paramètres utilisés dans ces derniers.



L'IRM participe également activement au SAF Ozone d'EUMETSAT. Dans le cadre de ce projet, une étude sur la comparaison des profils d'ozone obtenus à Uccle avec des profils mesurés par satellites a abouti à une publication (Lemoine and De Backer, 2001). Cette publication a montré que la série temporelle des sondages d'ozone de l'institut est bien homogène, en particulier que les effets instrumentaux dus aux changements de type de sonde en 1997 ont été éliminés avec succès.

Depuis 2001, ce projet est également basé sur des activités dites de "prototyping". Cela concerne en particulier la comparaison de profils d'ozone mesurés par GOME. Le SAF Ozone, en collaboration avec EUMETSAT, a organisé un workshop qui s'est tenu en mai, à Halkidiki (Grèce) afin d'informer la communauté scientifique de ses activités. Afin de les étendre après 2002, une première proposition a déjà été introduite auprès du Steering Group fin 2001.

La validation des données d'ozone produites par le satellite ENVISAT, dont le lancement est prévu en 2002, est également une des tâches de l'IRM. A cette fin, les mesures de la quantité totale d'ozone effectuées par GOME et celles réalisées à l'institut ont été comparées, et ceci en tenant compte d'un maximum de facteurs influençant les mesures effectuées par satellite: différences de géométrie, colonne d'ozone, biais affectant les a-priori utilisés lors de l'extraction des données, etc. Elle a permis de mettre en évidence la dépendance saisonnière de la différence entre les mesures GOME et celles d'Uccle (voir Figure 13).

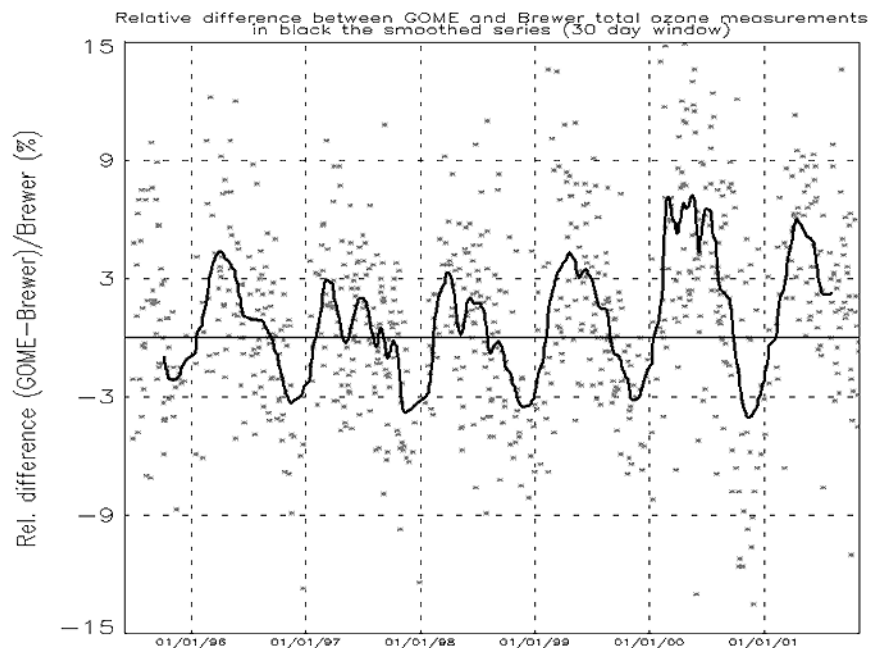


Figure 13. Différence relative entre les mesures GOME et Brewer de la quantité totale d'ozone. La ligne noire est une moyenne courante.

A ce projet s'ajoute le projet TOR-2, qui lui est basé sur les tendances de l'ozone troposphérique. Son principal résultat a été de montrer que les plus grosses augmentations de l'ozone troposphérique se sont produites dans les années 1970-1980, alors que dans la couche limite planétaire les tendances les plus importantes ont eu lieu après 1980 (voir Figure 14).

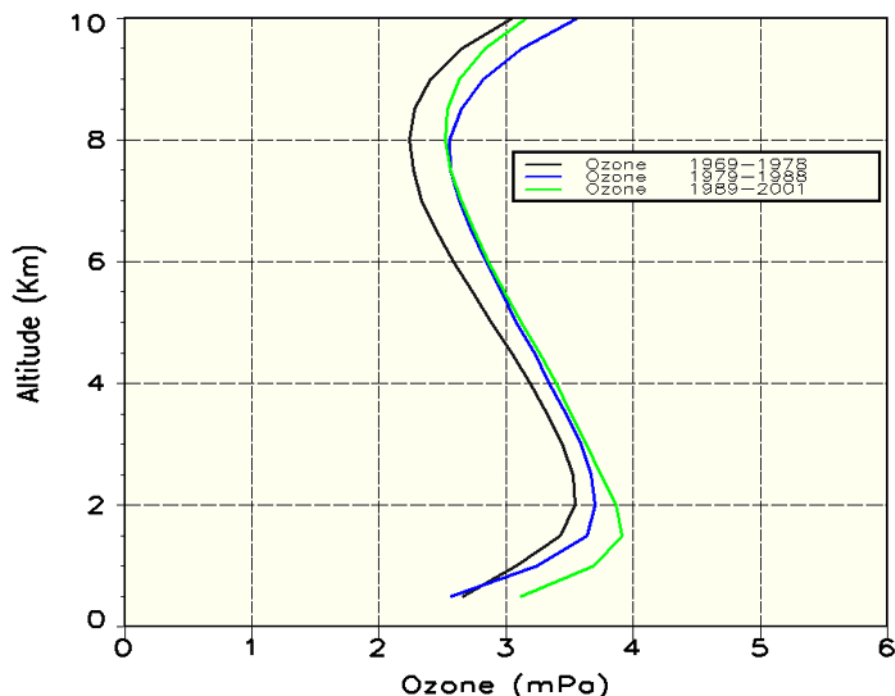


Figure 14. Distribution en altitude de l'ozone troposphérique pour trois périodes différentes.

Une autre étude est en cours concernant les tendances basées sur la direction du vent mais aucun résultat définitif ne peut encore être déduit malgré une corrélation possible avec une modification du champ de vent moyen durant la période étudiée. De meilleurs résultats sont attendus avec des études de trajectoires.

Le troisième volet de la recherche dans le cadre de TOR-2 concerne le cycle saisonnier. Des résultats préliminaires montrent la présence d'un maximum au printemps et en été des concentrations d'ozone dans la troposphère se produisant plutôt en altitude que près du sol.

Dans le cadre de ESAC-II (Experimental Study of Atmospheric Changes), un algorithme est en développement qui vise à déduire l'épaisseur optique des aérosols à partir des mesures UV des spectrophotomètres Brewer.

### 1.2.5 Constante solaire et bilan d'énergie

La planète Terre reçoit de l'énergie par le rayonnement solaire et perd son énergie par rayonnement. C'est la différence entre la quantité d'énergie reçue du Soleil et celle réfléchi et rayonnée par la planète qui rend compte du réchauffement ou du refroidissement global.

L'IRM est impliqué dans la mesure de ce bilan radiatif, d'une part par les mesures de la " constante solaire " (flux d'énergie radiative par unité de surface reçue du Soleil à la distance moyenne Terre-Soleil) et d'autre part dans les mesures du rayonnement qui quitte la Terre.

Les mesures de la constante solaire à l'IRM ont débuté dès 1983 à bord de SPACELAB 1. Depuis lors, les radiomètres absolus conçus, développés et construits à l'IRM ont participé, participent et participeront activement à la surveillance de la constante solaire, tant par la mesure précise des variations du flux solaire que par des missions de courte durée présentant aussi un objectif métrologique. En effet, notre instrument " SOLCON " constitue une référence pour apprécier le vieillissement des instruments en vol permanent.

En 2001, les activités liées à la constante solaire ont porté sur l'exploitation des mesures, en particulier celles en provenance du radiomètre absolu DIARAD (Differential Absolute Radiometer) qui fait partie de l'expérience VIRGO (Variability of Solar Irradiance and Gravity Oscillations) à bord du satellite SOHO (Solar and Heliospheric Observatory). Nous avons aussi activement préparé le vol STS-107 de SOLCON, prévu pour juillet 2002. Deux nouveaux instruments sont en cours d'élaboration et de caractérisation : SOVIM qui doit être embarqué à bord de la station spatiale internationale et SOVAP qui volera à bord du micro-satellite français PICARD. La mission PICARD, du nom de l'astronome du roi de France Louis XIV qui a effectué les premières mesures précises du diamètre du Soleil, présente un intérêt particulier pour l'étude du climat. En effet, des mesures simultanées des variations du diamètre solaire et de son rayonnement doivent permettre d'établir une corrélation entre le diamètre et la constante solaire et ainsi faire remonter la série des valeurs de la constante solaire jusqu'à l'époque de Louis XIV sur base des mesures du diamètre solaire. Il sera donc possible d'étudier le minimum de Maunder (période de basse activité solaire au 17ème siècle) auquel une période froide est associée.

L'IRM est responsable de la partie du segment sol de l'instrument GERB (Geostationary Earth Radiation Budget) à bord des futurs satellites MSG (Meteosat Second Generation) qui est chargé de calculer les flux radiatifs au sommet de l'atmosphère et de les mettre à la disposition des utilisateurs en temps quasi-réel. L'IRM participe au développement du SAF (Satellite Application Facility) pour la surveillance du climat en vue de la génération opérationnelle des séries homogènes de flux radiatif au sommet de l'atmosphère à partir des mesures de différents instruments (GERB, CERES, ScaRaB). Par suite du délai de lancement du premier satellite MSG, l'année 2001 a été consacrée à l'amélioration des algorithmes et des systèmes d'exploitation des données GERB. Des produits expérimentaux ont été générés en routine sur base des produits de Meteosat 7 et mis à la disposition d'utilisateurs comme le DWD ou le MetOffice.

## 1.2.6 Paléomagnétisme et climat

Certains paramètres magnétiques des séquences loess-paléosols, des archives naturelles riches en information sur le paléoclimat pendant le Quaternaire sur les continents, semblent être des indicateurs du climat dans le passé. Les sols qui se sont constitués dans des conditions humides et chaudes sont caractérisés par des propriétés magnétiques prononcées, comparées aux loess déposés sous un climat sec et froid. La section Magnétisme environnemental examine la relation exacte entre ces propriétés magnétiques et le climat. Des informations sur les conditions de dépôt des loess en Europe et en Chine ont été obtenues en examinant leur texture, en particulier la dépendance directionnelle de leurs propriétés magnétiques. Ces recherches seront poursuivies dans le cadre du projet " La fidélité et la signification



paléoclimatique des enregistrements paléomagnétiques et magnétiques de roches dans les dépôts continentaux ".

En 2001 la section "Magnétisme environnemental" a poursuivi sa stratégie de prélèvements de structures cuites et brûlées mises à jour pendant les fouilles de sauvetage de sites archéologiques belges. Des échantillons orientés pour une étude archéomagnétique furent prélevés en collaboration avec "Les Services de L'Archéologie du Ministère de la Région Wallonne" et "Archéologie Jeunesse", dans plusieurs fours et foyers de sept sites archéologiques datant de l'époque romaine au 16e siècle. Ces interventions seront poursuivies dans le cadre du projet " Archaeomagnetic Applications for the Rescue of Cultural Heritage " à partir de 2002.

## 2 *Comportement non-linéaire de l'atmosphère*

---

L'atmosphère et le climat sont régis par des lois d'évolution strictement déterministes, issues de la mécanique des fluides, de la chimie et de la thermodynamique. Pourtant leur évolution revêt un caractère aléatoire marqué, traduit par la difficulté bien connue de faire des prévisions fiables à long terme. Les recherches effectuées dans la section " Météorologie et climatologie dynamiques " ont pour but d'identifier les causes de cette complexité, de la caractériser d'une manière quantitative, et d'élaborer des stratégies de modélisation, de traitement de données et de prévision intégrant d'emblée ce fait essentiel. Pour relever ce défi les chercheurs attachés à la section font appel aux techniques de la science du non-linéaire, de la théorie du chaos et de la théorie des probabilités. Dans ce contexte, les recherches menées au sein de la section au cours de l'année 2001 ont porté sur trois thèmes principaux :

- La modélisation des décharges électriques dans l'atmosphère.
- Les propriétés statistiques de récurrence et des extrêmes de systèmes à dynamique intermittente.
- Les propriétés dynamiques, statistiques et de prévisibilité de modèles stylisés de circulation atmosphérique et de modèles opérationnels de prévision, globaux ou à maille variable.

Les problèmes particuliers abordés et les résultats obtenus sont décrits ci-après.

### 2.1 **Modélisation des décharges électriques dans l'atmosphère**

Les décharges électriques au sein d'un nuage ou entre un nuage et le sol comptent parmi les phénomènes naturels les plus spectaculaires. Ils interfèrent avec des processus physiques fondamentaux comme le budget électrique de la surface de la terre, ainsi qu'avec des facteurs socio-économiques telles la sécurité du trafic aérien ou la destruction de propriétés privées.

La prévision fiable des décharges électriques est compromise par leur grande dispersion dans l'espace aussi bien que dans le temps. Ceci se reflète, par exemple, dans la variabilité du nombre d'impacts au sol par minute sur l'ensemble du territoire belge (Figure 15). Le principal objectif des recherches dans ce domaine est de comprendre les mécanismes à la base de cette dispersion et d'évaluer les perspectives de méthodes alternatives de prévision, par exemple, des prévisions de nature statistique. Deux approches sont envisagées : la modélisation à petite échelle (niveau mésoscopique) des



premières étapes du processus de l'électrification ; et la modélisation d'un front d'onde associée à une décharge développée susceptible de reproduire, notamment, le rétrécissement du front et la structure filamenteuse qui en résulte, ainsi que sa variabilité spatio-temporelle sus-mentionnée.

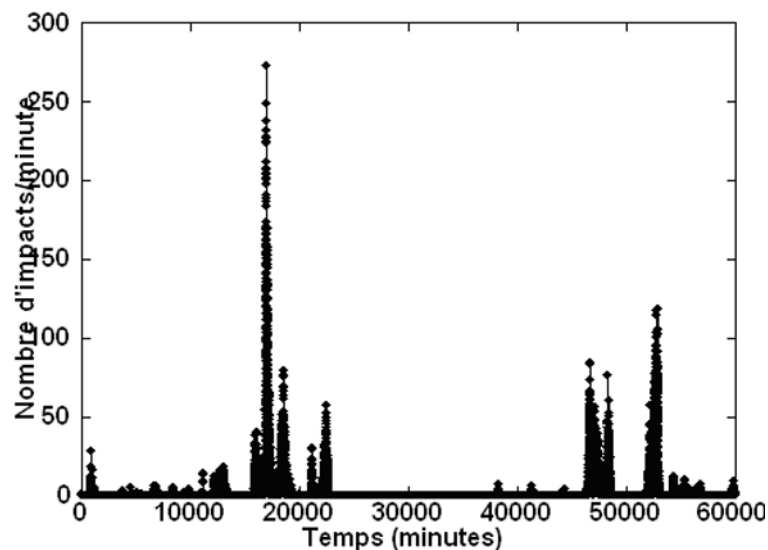


Figure 15. Variation du nombre d'impacts au sol par minute sur le territoire belge (mai 1997).

Les progrès accomplis au cours de l'année écoulée s'inscrivent principalement dans la première approche. Une famille de modèles a été développée impliquant des particules neutres et chargées de tailles différentes qui effectuent un mouvement diffusif sur un réseau à une ou deux dimensions (dont une selon la verticale) et subissent des collisions élastiques ou réactives lorsqu'elles se rencontrent sur un même site. En outre, le mouvement des particules massives est affecté par l'action de la pesanteur et celui des particules légères par l'action des mouvements d'advection et convection existant dans le nuage (dont une section verticale est modélisée par le réseau en question). En utilisant des méthodes de la théorie des probabilités telles que la théorie des chaînes finies de Markov et les méthodes de simulation Monte-Carlo on a pu évaluer le temps caractéristique du processus d'électrification (séparation des charges) en fonction de la taille du réseau. La cinétique complète de l'électrification a également été déduite (cf. Figure 16). Elle montre l'existence d'un pic transitoire prononcé du potentiel électrique bien avant que le régime de saturation ne soit atteint correspondant vraisemblablement au temps le plus probable d'initiation d'une micro décharge. L'analyse inclut automatiquement les fluctuations et donne dès lors accès à la variabilité du phénomène. Des généralisations de ce travail tenant compte des effets d'agrégation et de collisions multiples sont envisagées.

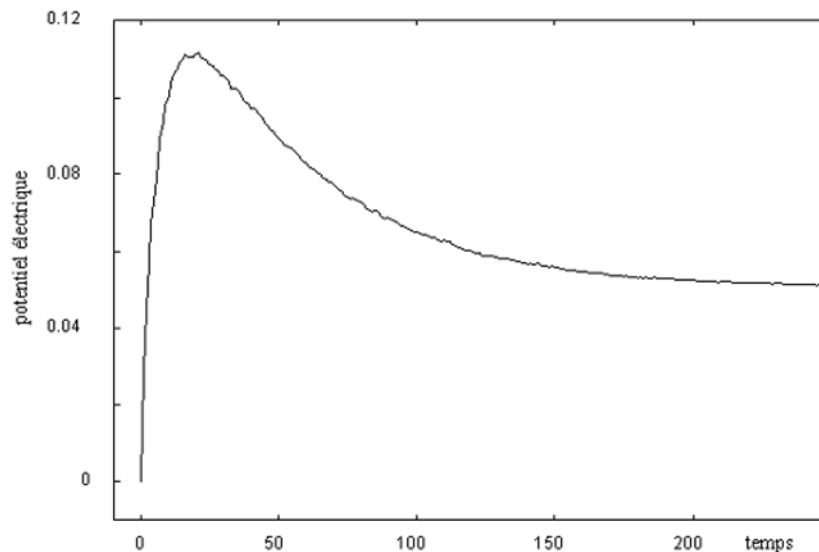


Figure 16. Cinétique des premières étapes de l'électrification dans un nuage. Le temps est mesuré par le nombre de mailles du réseau parcouru avant que les particules ne collisionnent.

## 2.2 Temps de retour des valeurs extrêmes des systèmes intermittents

Les événements météorologiques et hydrologiques extrêmes (tempêtes, ouragans, inondations) constituent une autre classe de phénomènes difficiles à prévoir et dont les répercussions socio-économiques sont considérables. La difficulté de prévoir provient ici du fait qu'un événement extrême intense (et dès lors dévastateur) est en général fort improbable, puisque son apparition nécessite qu'une certaine variable météorologique ou hydrologique franchisse un certain seuil qui se trouve loin de son domaine de variation habituel. Pour estimer les temps de retour (ou de récurrence) d'un tel événement, on admet souvent que les réalisations successives de ces valeurs extrêmes relèvent d'un processus aléatoire et sont, dès lors, non corrélées. On peut montrer que cette hypothèse est justifiée lorsque les variables de base évoluent suivant un processus très bruité, impliquant l'oubli de l'évolution passée au-delà d'un temps relativement court. Cette condition est notamment satisfaisante pour des processus dits de Markov ou des processus déterministes chaotiques développés. En revanche, elle est mise en défaut en présence d'une dynamique à caractère intermittent, caractérisée par de longues périodes d'évolution régulière auxquelles succèdent, subitement et de façon apparemment imprévisible, de pics d'activité marqués. Ce type de dynamique modélise un nombre important de phénomènes météorologiques et hydrologiques, les champs de pluie fournissant l'un des exemples les plus caractéristiques. Les récurrences successives associées à un processus déterministe intermittent ont été étudiées sur un modèle stylisé. L'existence de corrélations à longue portée entre ces événements a été établie, ainsi que la grande dispersion des temps de leur réalisation autour de la valeur moyenne. Ces résultats suggèrent une



approche nouvelle de l'analyse de données disponibles à l'IRM qui sera mise en œuvre dans le courant de l'année 2002.

## **2.3 Propriétés dynamiques, statistiques et de prévisibilité de modèles atmosphériques**

Deux axes ont été suivis. D'une part, des travaux amorcés précédemment sur les aspects thermodynamiques de la circulation atmosphériques et sur la physique des modèles à maille variable ont été poursuivis. Et, d'autre part, un domaine de recherche entièrement nouveau a été inauguré portant sur l'étude des erreurs de modélisation (model error), un problème qui attire depuis peu l'attention croissante de la communauté scientifique de la météorologie.

### **2.3.1 Transfert et dissipation d'énergie et d'entrophie dans un écoulement faiblement chaotique**

Face à la complexité de la dynamique atmosphérique, deux attitudes peuvent être envisagées. D'une part, recourir à des modèles de plus en plus détaillés incorporant le maximum de processus ayant une résolution aussi fine que le permet la technologie des superordinateurs. Et d'autre part, dégager quelques principes généraux sous-tendant la dynamique indépendamment des détails fins des processus qui s'y déroulent.

Les travaux menés au sein de la section dans la première perspective sont présentés au § 2.3.3. Dans la présente partie, on résume les résultats obtenus par une approche thermodynamique, dont le but est de voir comment les bilans d'énergie cinétique, de dissipation et de vorticité sont affectés lorsque le caractère du régime de circulation change suite à des transitions liées à des causes internes ou à des forçages externes. Dans ce but, un modèle spectral tronqué des équations de Navier-Stokes forcées à 2 dimensions (émulant un écoulement de couche mince propre à la circulation à mésoéchelle) a été considéré. Selon la valeur du forçage, il donne lieu à des circulations stationnaires, périodiques ou chaotiques. Les bilans d'énergie cinétique, d'entropie et d'entrophie de ce système ont été établis. Les comportements de la dissipation, tant au voisinage d'un changement de régime de circulation que le long de l'attracteur associé à un régime donné, ont été étudiés. Des corrélations intéressantes ont été établies entre la dissipation et la complexité de la dynamique. Le transfert d'énergie, de dissipation et d'entrophie entre petites et grandes échelles a également été analysé.

### **2.3.2 Assimilation de données**

L'amélioration des prévisions déterministes du temps dépend de la qualité des conditions initiales introduites dans les modèles. C'est pourquoi des efforts importants sont consentis au développement de schémas d'assimilation de données dont le but est de réduire autant que possible la distance entre la situation réelle du système considéré et celle du modèle de prévision. Nous avons développé un nouveau schéma quadri-dimensionnel d'assimilation de données à partir de réseaux neuronaux et obtenu un certain nombre de résultats très encourageants quant à son utilisation dans le cadre de modèles



prototypes très simples tels que le modèle convectif de Lorenz. L'avantage de cette approche est qu'elle permet de reléguer la procédure de minimisation itérative de l'assimilation variationnelle classique (qui a lieu à chaque fois qu'une nouvelle condition initiale est nécessaire) à l'optimisation du réseau neuronal basée sur de longues séries d'observations. Une fois le réseau défini, il est prêt à assimiler de nouvelles observations et donner la meilleure condition initiale pour la prévision sans minimisation supplémentaire.

### **2.3.3 Propriétés dynamiques et statistiques du modèle régional ETA : le rôle de la taille du domaine.**

La nécessité croissante d'obtenir des prévisions très détaillées sur différentes parties du globe a poussé au développement de modèles de prévision dits régionaux ayant une résolution des phénomènes atmosphériques plus élevée que celle des modèles de prévision globaux traditionnels. Cette approche implique le choix d'un domaine particulier sur lequel les équations atmosphériques sont intégrées, ainsi que l'ajout de conditions de bords fournies par un modèle de plus faible résolution.

Nous avons poursuivi l'étude des aspects dynamiques du modèle régional ETA, implémenté depuis 1999 à l'IRM, entreprise dans le cadre d'une thèse de doctorat, en focalisant spécifiquement notre analyse sur le rôle de la taille du domaine. Cinq domaines centrés sur la Belgique ont été étudiés allant de 1600 km x 2200 km jusqu'à 5000 km x 7000 km (lat. x long.).

Un de nos résultats les plus intéressants fut de constater que la dynamique intrinsèque (à conditions de bords fixées) du modèle régional dépend crucialement de la taille du domaine, avec un comportement stationnaire pour les petits domaines et une dynamique à complexité croissante pour les plus grands domaines. Nous avons ensuite analysé la qualité des prévisions effectuées par ces différentes versions du modèle et nous les avons comparées aux situations atmosphériques réelles. Nous avons constaté que, contrairement à ce qui est usuellement admis, il existe une relation non triviale entre prévisibilité et taille du domaine sur lequel les prévisions sont effectuées (Figure 17). Nous pensons que cette dépendance complexe est à mettre en parallèle avec la qualité avec laquelle la dynamique intrinsèque du modèle reproduit celle de l'atmosphère.

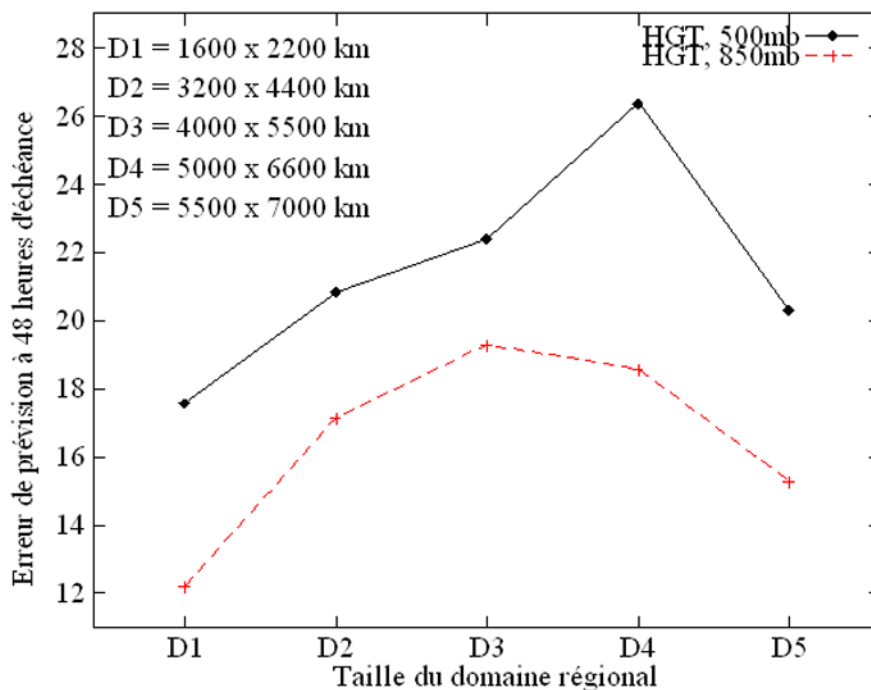


Figure 17. Erreur moyenne de prévision à 48 heures d'échéance pour la hauteur du géopotential à 500 et 850 hPa en fonction de la taille du domaine du modèle régional ETA.

### 2.3.4 Dynamique à court terme de l'erreur de modélisation.

L'instabilité naturelle de l'atmosphère est à l'origine de l'amplification rapide des erreurs provenant à la fois de l'incertitude sur les conditions initiales et de la représentation nécessairement approximative du modèle sous-jacent. Cette dernière erreur est connue sous le nom d'erreur de modélisation. L'étude de la dynamique de cette dernière source d'erreur a connu peu de développements. Nous avons tenté de caractériser sa dynamique dans le cadre de modèles de basse dimension présentant une dynamique chaotique.

Les résultats de cette analyse indiquent que le comportement de l'erreur quadratique moyenne associée à une erreur de modélisation dépend des propriétés dynamiques de la source d'erreur et qu'il se traduit principalement, pour des temps courts, soit par une évolution linéaire, soit par une évolution quadratique. Les expériences numériques des différents modèles que nous avons explorés semblent indiquer que l'évolution quadratique est générique. Ce résultat remet en question l'idée usuellement admise que l'erreur quadratique moyenne associée à une source d'erreur de modélisation évolue linéairement pour des temps courts.

## 3 *Amélioration des observations*

---

### **3.1 Introduction de nouvelles observations et extension des systèmes existants**

En 2001, le développement du réseau de stations météorologiques automatiques a été poursuivi. La station de Humain a été complètement terminée et rendue opérationnelle. La station synoptique de Zelzate a été automatisée. On a profité de l'occasion pour déplacer cette station vers un meilleur endroit, à environ 1 km de la station manuelle précédente. Une nouvelle station complètement équipée a été installée à Retie, on y effectue des mesures climatologiques, hydro-météorologiques et radiométriques. Ce qui porte le total de stations météorologiques automatiques opérationnelles fin 2001 à onze. Les adaptations nécessaires ont été apportées afin que le Bureau du Temps puisse consulter à tout moment les mesures les plus récentes des stations météorologiques automatiques.

En mai 2001, le radar météorologique Doppler de l'IRM a été installé à Wideumont. Sa mise en service s'est déroulée sans problème notable ; l'inauguration officielle a eu lieu en novembre. La Figure 18 montre un exemple d'image radar. En septembre, on a recruté un scientifique pour l'étude à temps plein, dans un premier temps, des produits radar.

La première partie d'une étude de localisation pour une tour radar météorologique en Flandre a été réalisée, pour le compte de l'AWZ (Administratie Waterwegen en Zeewezen). Cette première partie, qui a été documentée entre-temps dans un rapport, consistait en une étude théorique et une étude de localisation à macro échelle.

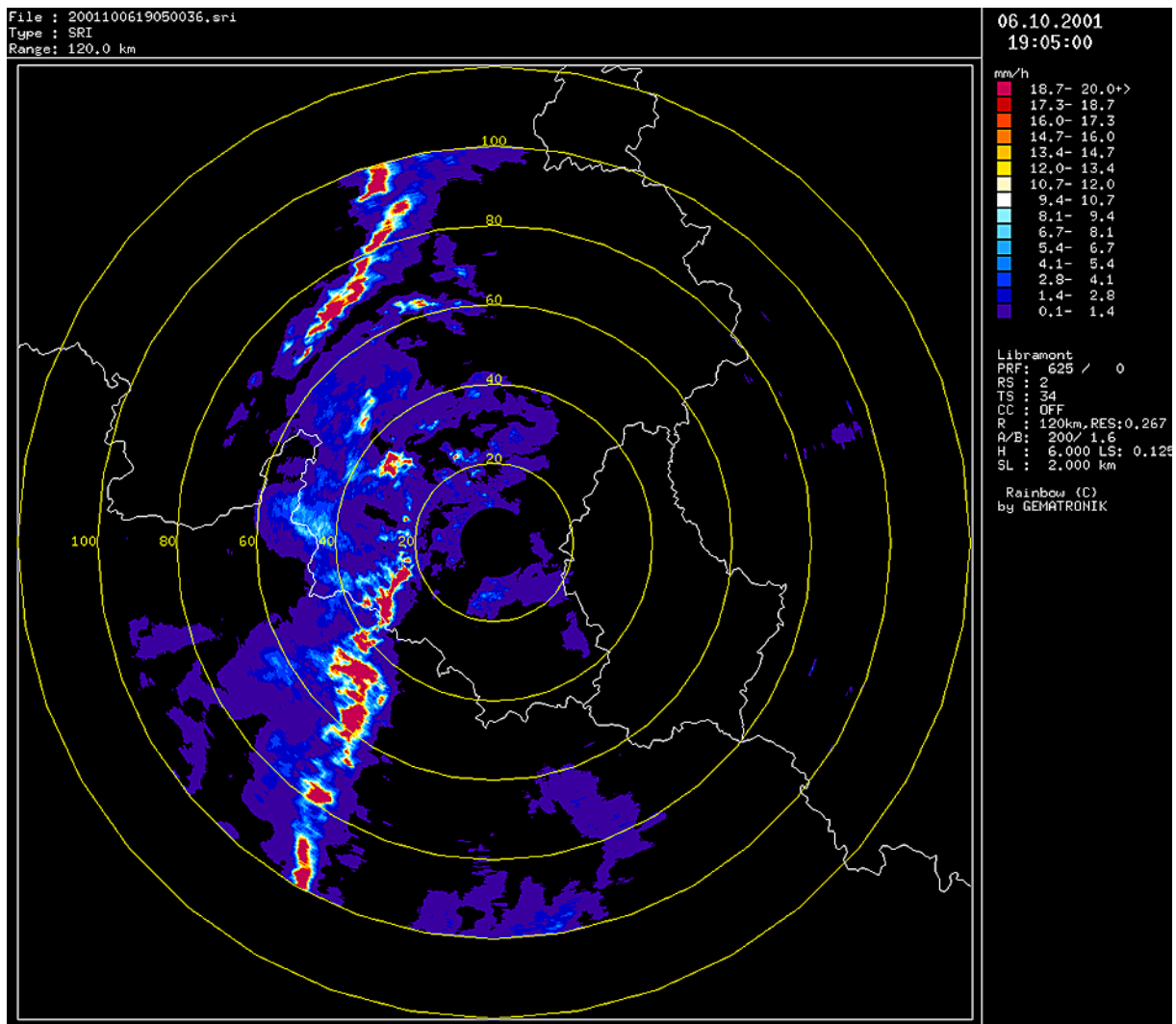


Figure 18. Image de l'intensité des précipitations (en mm/h) mesurée par le radar météorologique de Wideumont, sur une région située dans un rayon de 100 km autour du radar.

Chaque jour, on mesure l'épaisseur de la couche d'ozone à l'aide de spectrophotomètres. Le spectrophotomètre Dobson (opérationnel depuis 1971) est actionné manuellement et ce uniquement les jours ouvrables si les conditions météorologiques le permettent. En plus, nous utilisons depuis 1983 le spectrophotomètre Brewer # 016, complètement automatisé. En 2001, un nouveau spectrophotomètre Brewer (# 178) avec double monochromateur a été acheté et mis en service (voir Figure 19).

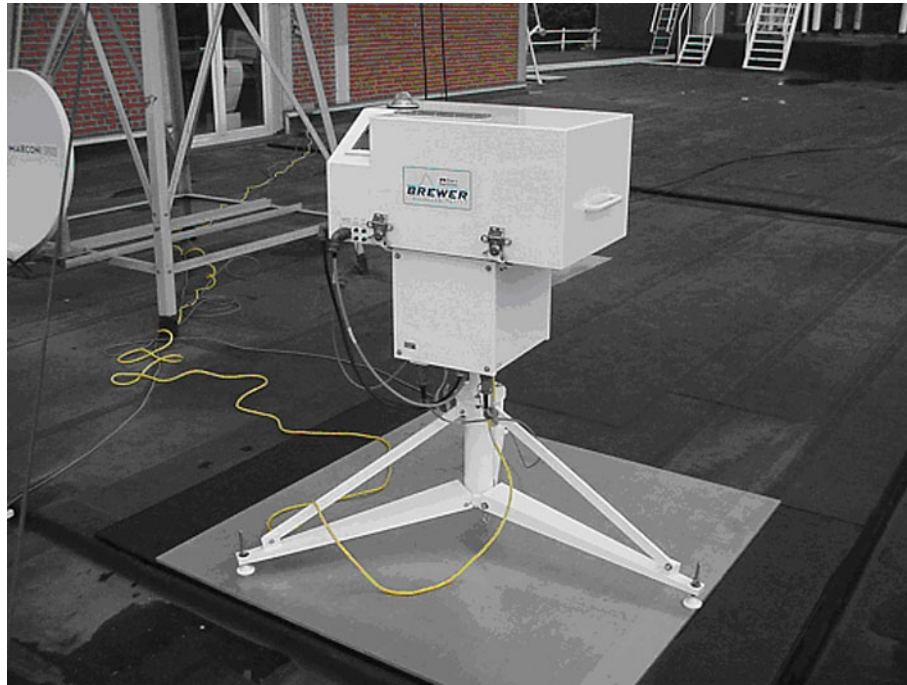


Figure 19. Spectrophotomètre Brewer avec double monochromateur, mis en service en 2001.

Nous avons l'intention de remplacer l'instrument Dobson par ce nouveau spectrophotomètre. Les instruments Brewer permettent non seulement de mesurer la colonne d'ozone, mais aussi le spectre de l'UV. Le nouvel instrument a une portée de longueur d'onde nettement supérieure à son prédécesseur, couvrant une partie importante du rayonnement UVA. A partir de ces spectres, qui sont mesurés plusieurs fois par jour, on peut déduire l'index UV actuel, qui est ensuite comparé à l'index UV prévu (voir l'exemple à la Figure 20). Nous diffusons cet index UV pendant les mois d'été via les médias.

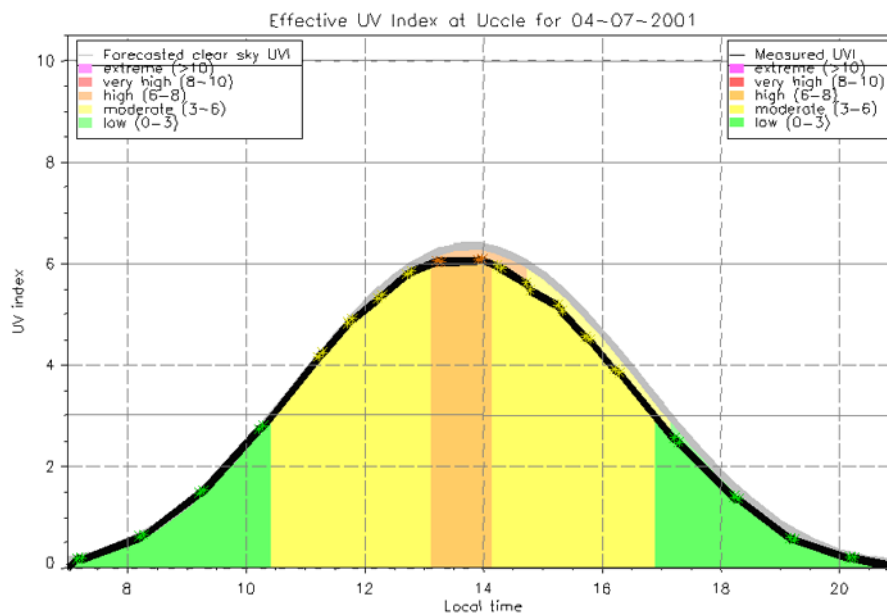


Figure 20. Exemple de l'évolution de l'index UV prévu et de l'index UV observé grâce aux mesures du nouveau spectrophotomètre Brewer. L'écart accru entre les deux courbes au cours de l'après-midi est sans doute dû à une augmentation de l'épaisseur de la couche optique des aérosols.

Une nouvelle activité de recherche a été créée. Une station ionosphérique de réception par sondage oblique passif a été créée au Centre de Physique du Globe de Dourbes. L'objectif est l'étude expérimentale du comportement saisonnier de la couche D de l'ionosphère. Cette région, située entre 50 et 95 km d'altitude, reste encore peu connue à cause des difficultés essentiellement liées au sondage qui requiert des signaux de fréquence inférieure à 100 kHz pour lesquels il faut faire appel à des antennes de grande extension difficilement réalisables.

Afin de contourner ces obstacles, on a utilisé certaines émissions spécifiques déjà disponibles. Il s'agit des émetteurs de signaux horaires à très basse et basse fréquences (GBR : 16 kHz, MSF : 60 kHz, HBG : 75 kHz et DCF : 77,5 kHz) surtout utilisés pour la radionavigation.

Les mesures de l'amplitude et de la phase basées sur des récepteurs spécifiques (construits à Dourbes) vont permettre pour la première fois d'obtenir des données numériques de façon continue sur la région D. Pour la synchronisation temporelle, un récepteur GPS a été intégré dans le système de sondage.

Une étude morphologique préliminaire sur les enregistrements "papier" est terminée. Elle a mis en évidence les effets des éruptions solaires mais également les effets d'orages atmosphériques.

### 3.2 Renforcer la fiabilité

En 2001, un nouveau type de radiosondes (Vaisala RS90-AL) a été utilisé pour les sondages radio de routine que l'IRM effectue deux fois par jour. Comme c'était le cas pour les précédentes sondes RS80-15L, ces sondes font

appel au réseau Loran-C pour le calcul du vent. Les capteurs pour la température, l'humidité et la pression des nouvelles sondes sont plus précis et ont un temps de réponse plus court.

Les quatre antennes de détection de l'installation SAFIR pour la détection et la localisation des orages ont été renouvelées. Le système des antennes a été mis à jour, avec cinq dipôles au lieu de quatre sur les anciennes antennes. Ce qui a porté la précision de localisation à 1km au lieu de 2km.

Les problèmes rencontrés dans les stations automatiques et les rapports d'intervention sur place sont systématiquement signalés aux personnes concernées par mail, à l'aide de formulaires standard. Cette procédure analysée dans le cadre d'un " workflow " pour l'entretien des stations a bien fonctionné et a contribué à une plus grande fiabilité et disponibilité des données des stations météorologiques automatiques.

En 2001, 127 missions ont été nécessaires pour l'entretien des stations manuelles. Quatre nouvelles stations climatologiques ont été installées et cinq stations ont été supprimées à cause de la pauvre qualité des mesures ou parce que l'observateur sur place n'était plus disponible.

Au laboratoire d'étalonnage, la procédure pour les étalonnages de la pression a été modifiée en grande partie pour permettre un étalonnage plus optimal pour les différents types de baromètre (baromètres au mercure, baromètres anéroïdes et digitaux). On a poursuivi le travail en vue d'une future demande d'accréditation du laboratoire d'étalonnage ; vu la complexité de ce processus, ce dossier se déroule plus lentement que prévu.

Afin de contrôler la qualité des mesures d'ozone et de l'UV, des tests sont régulièrement effectués pour vérifier le niveau de calibration, à l'aide de lampes.

On accorde une attention particulière à la calibration du nouveau spectrophotomètre Brewer par rapport aux deux autres instruments opérationnels depuis longtemps.

En 2001, 144 sondages d'ozone ont été réalisés (en principe 3 par semaine) pour déterminer la répartition verticale de l'ozone atmosphérique. Les données de ces sondages d'ozone ne servent pas uniquement à la recherche, elles sont aussi transmises à l'ECMWF via NILU (institut norvégien pour la recherche atmosphérique) où elles sont assimilées dans un modèle de prévision dynamique pour améliorer les prévisions météorologiques. Toutes les mesures d'ozone sont soumises à un contrôle de qualité pour assurer leur précision et leur homogénéité à long terme.

Un cahier des charges a été rédigé pour l'achat d'une installation de réception des futures images MSG (Meteosat Second Generation) qui remplaceront les images Meteosat dès 2003.

### 3.3 Veille Magnétique Mondiale

La Veille Magnétique Mondiale s'articule autour du réseau mondial d'Observatoires Magnétiques. L'amélioration des observations passe donc par l'amélioration du réseau existant et par l'extension de celui-ci pour former une couverture plus homogène.





On a poursuivi le travail sur le développement et la réalisation d'un Observatoire totalement automatique, pouvant être déployé dans des sites désertiques et en mer. Pour cela, le laboratoire d'instrumentation a acquis de nouveaux outils. On a aussi préparé de nouvelles instrumentations pour les Observatoires de Dourbes et de Manhay, conformes aux standards INTERMAGNET.

L'observatoire de Trelew (Argentine), porté aux standards INTERMAGNET par nos soins en 2000, a contribué en 2001 à la veille mondiale, et de par sa localisation isolée et son excellent fonctionnement, a participé grandement à l'amélioration des observations et à la calibration des satellites magnétiques Oersted et Champ. L'observatoire de Maputo (Mozambique), également reconditionné par nous en 2000, a lui aussi apporté sa contribution à la veille. De plus, une campagne de mesures de terrain y a été menée en juillet 2001, avec mesures des sites de Beira et Nampula, qui n'avaient pas été mesurés depuis 1966 et 1984 respectivement. Grâce à une visite à Dourbes d'un expert de l'observatoire de Teoloyucan, Mexique, celui-ci est également en passe d'être modernisé aux standards INTERMAGNET.

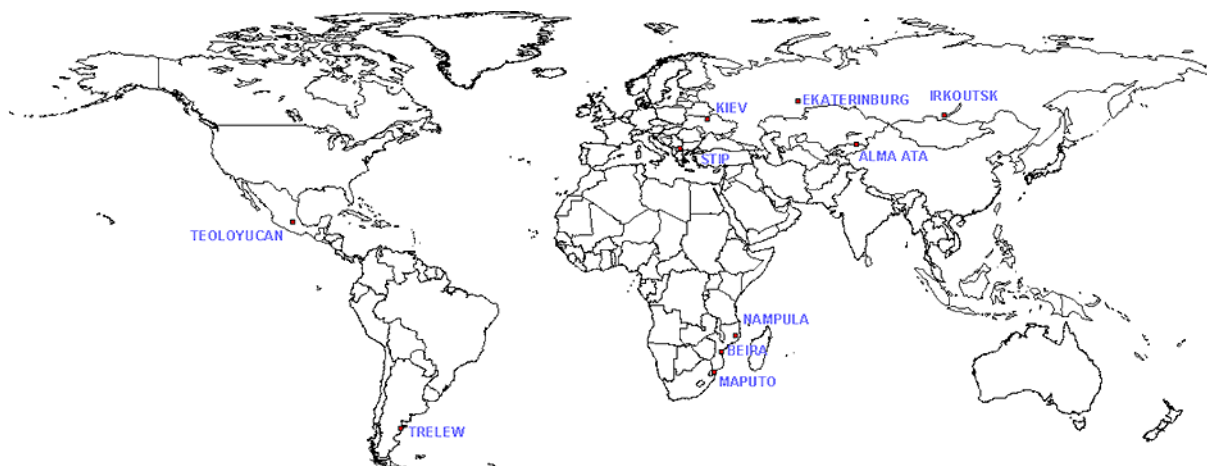


Figure 21. La Veille Magnétique Mondiale, menée par l'IRM, initia ou améliora les mesures dans les Observatoires Magnétiques indiqués.

L'année 2001 a aussi été mise à profit pour préparer des projets concernant l'amélioration des observatoires magnétiques des pays NIS, et de la construction d'un Observatoire Magnétique en République de Macédoine. Le premier projet, intitulé CRENEGON, recevra un généreux financement de INTAS en 2002-2003, comme "Infrastructure Action" pour la modernisation des Observatoires de Irkutsk, Alma-Ata et ultérieurement, Kiev et Iekaterinburg. Le second a débouché sur la signature d'un accord bilatéral: "On Establishing a Geomagnetic Observatory in the Territory of the Republic of Macedonia" entre l'IRM et la faculté de Géologie et des Mines à Stip.

Un nouveau coffret de mesure manuel du champ a été construit et testé lors d'une campagne de mesure hollandaise. De par sa portabilité, il facilitera le processus de mesure dans les pays à mauvaise infrastructure.



## 4 *Faciliter l'accès à l'information*

---

### 4.1 Traitement de l'information

Après la conversion en l'an 2000 de la banque de données climatologiques sous forme relationnelle, les données des autres sections (précédemment Météorologie Synoptique, Ozone & Radioactivité, Aérologie et Géophysique) ont été incorporées dans la banque de données Oracle en 2001. Une fois la totalité des archives chargées, celles-ci devaient bien entendu être tenues à jour lors de l'ajout des nouvelles observations. Dans ce but, un certain nombre de scripts et de programmes ont été élaborés. Ceux-ci introduisent les nouvelles données dans la banque sur base horaire, journalière et/ou mensuelle.

Comme la banque de données acquiert petit à petit une assez grande quantité d'informations critiques, il a été nécessaire de développer une stratégie efficace de sauvegarde. Une seconde banque de données a été initialisée pour garantir la gestion de tous les backups.

Afin de contrôler le contenu de la banque de données, une série de pages web ont été développées où l'on peut immédiatement détecter les erreurs éventuelles. Un certain nombre de programmes ont également été développés en java, en collaboration avec l'UIA (Universitaire Instelling Antwerpen), pour la consultation et la correction éventuelle des données (voir Figure 22). Ces programmes continueront à être mis au point et adaptés aux besoins des utilisateurs en 2002 de manière à pouvoir contrôler et améliorer la qualité des informations contenues dans la banque de données Oracle, par procédure aussi bien manuelle qu'automatique.

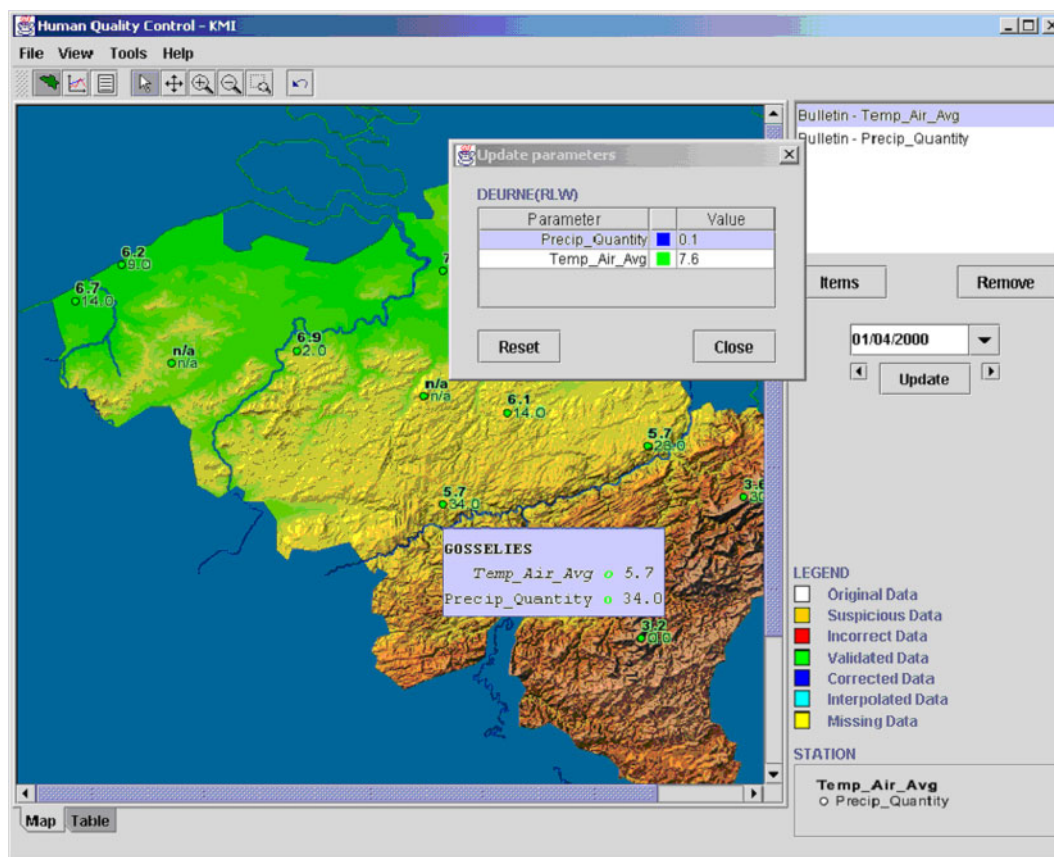


Figure 22. Programme pour le contrôle manuel des données dans la banque des données.

- IDCC

L'IDCC (International Data Co-ordination Centre), institué dans le cadre de la Coopération Belge pour le Développement, subsiste à l'IRM. Les tâches principales de l'IDCC sont d'assurer la disponibilité de la banque des données sur microfilms des services météorologiques africains et de fournir de l'information sur les activités de sauvetage des données de l'OMM.

- Importation de données

Les informations climatologiques et hydrologiques qui ne sont pas encore sous forme numériques continuent à être converties.

- Archivage

La copie sur microfilms et l'inventaire des documents se poursuit pour préserver les archives. Toutes les publications de l'IRM jusque décembre 2000, les bulletins mensuels du réseau climatologique (1990-2001) et les documents d'observations magnétiques (1932-1991) de la station de Manhay, ont été copiées sur microfilms et inventoriées.

## 4.2 Ecourter le temps de réponse pour la livraison de l'information

Le réseau climatologique belge, géré par l'IRM en collaboration avec d'autres institutions comme les services hydrologiques régionaux, est composé de 270 stations dans lesquelles des observateurs quasi bénévoles relèvent chaque jour des observations de précipitations et éventuellement de température. Ce réseau existe depuis plus d'un siècle et reste encore aujourd'hui une des sources d'information les plus utiles pour répondre aux demandes de renseignements climatologiques du public ou d'expertises pour les autorités publiques (par exemple, pour le Fonds des calamités). À l'exception d'une quarantaine de stations qui transmettent leurs données quotidiennement (réseau Métagri), les observateurs envoient à l'IRM leurs relevés journaliers mensuellement, en fin de mois, à l'aide d'un bulletin ad hoc. Les données doivent encore ensuite être encodées et contrôlées avant de pouvoir être utilisées pour les besoins de service public.

Le projet TELECLIM a été mis sur pied pour réduire les délais nécessaires à l'utilisation des relevés climatologiques à des fins de service public. À terme, les données seront communiquées quotidiennement par les observateurs à l'aide d'un téléphone à touches. Les informations transmises pourront concerner non seulement les relevés quotidiens de précipitations et de température, mais également des phénomènes occasionnels intéressants comme les phénomènes orageux ou les chutes de grêle. Les données seront centralisées à l'IRM et un contrôle de qualité leur sera appliqué à l'aide d'un logiciel également développé dans le cadre du projet TELECLIM. De cette façon, les données du réseau climatologique seront exploitables pour le public et les autorités publiques dans un délai d'une semaine environ.

En 2001, une première version du logiciel de contrôle de qualité des données a été développée et testée. En fin d'année, les relevés du réseau Métagri ont commencé à être contrôlés en routine les jours ouvrables à l'aide de cet outil. D'autre part, des scénarios téléphoniques ont été définis sur papier pour les différentes catégories d'observateurs et une nouvelle brochure d'instructions a été rédigée à leur intention. Le démarrage opérationnel du nouveau système de transmission des données est prévu pour l'année 2002, avec l'introduction progressive des observateurs dans le système.

## 4.3 Renouvellement de l'infrastructure informatique

Un cahier des charges a été établi suite à une analyse des besoins actuels et futurs des utilisateurs en matériel informatique pour l'exécution de tâches de caractère opérationnel ou de caractère scientifique. Après un appel à la concurrence suivi pour une analyse extensive des configurations proposées le matériel suivant a été installé:

- Un serveur de fichiers central avec une capacité de stockage de 2 Terraoctets, La structure du serveur de fichiers, formé par 2 serveurs HP-L2000, est telle qu'une haute fiabilité est assurée et que des fichiers sont mis à la disposition des utilisateurs via un réseau TCP/IP. En plus



un back-up des fichiers à l'aide d'une sauvegarde automatisée sur bande a été installé.

- Un serveur pour des applications de calcul intensif doté d'une architecture multiprocesseur a été installé. Ce serveur, exclusivement destiné à l'exécution de calculs scientifiques demandant beaucoup de puissance comme la modélisation numérique ou les prévisions numériques, est du type SGI-Origin 3400 cc-Numa avec 24 processeurs. Chaque processeur dispose de 1 Gigaoctets de mémoire centrale.

Dans le but d'assurer une communication rapide le serveur de fichiers, le serveur de calcul intensif et d'autres serveurs sont interconnectés via réseau du type Gigaoctets.

## **4.4 Projet Document management Integrated System for SCientific Organisations (DISSCO)**

### **4.4.1 Historique du projet**

L'IRM a entrepris dès 1999 l'étude des nouvelles techniques de gestion documentaire basées sur la technologie de l'information. L'étude a permis d'affirmer que la nouvelle technologie permet de créer ou d'accéder, d'utiliser et de gérer l'information plus rapidement, plus efficacement et avec plus de créativité. Elle a aussi permis d'affirmer qu'un système de gestion documentaire ne pourra être développé uniquement autour d'une solution purement technique. Elle doit être développée autour de trois axes qui sont : l'info-culture, l'info-structure, et l'infrastructure. Pour développer ces bases, l'IRM a lancé un projet intitulé Implémentation d'un système de gestion documentaire pour l'IRM.

Pour combler son manque d'expertise dans le domaine de l'analyse organisationnelle, de l'analyse des exigences et de la gestion documentaire, l'IRM s'est tourné vers les centres de recherche CITA et ALBERT de la Faculté Universitaire Notre-Dame de la Paix (FUNDP) de Namur et les compagnies Micro-Research et Belware IT. Pour obtenir un support financier, l'IRM a soumis son projet aux Services Fédéraux des Affaires Scientifiques, Techniques et Culturelles (SSTC) dans le cadre du programme pluriannuel de soutien au développement de la Société de l'Information.

En juillet 2001, les SSTC ont approuvé le projet avec une condition : une collaboration entre le projet de l'IRM et un autre projet similaire intitulé De transparantie van de administratieve besluitvorming : geïntegreerd elektronisch documentbeheer des universités libres de Bruxelles.

Avec ces nouveaux partenaires qui sont le Vrije Universiteit Brussel (VUB), l'Université Libre de Bruxelles (ULB), le Centre d'étude de l'Énergie Nucléaire (CEN), les Musées Royaux des Beaux-Arts de Belgique (MRBAB), le Centre d'Étude et de Documentation Guerre Et Sociétés contemporaines (CEGES), l'IRM a participé à la création d'un nouveau projet intitulé Document management Integrated System for Scientific Organisations

(DISSCO). Le calendrier du projet a été approuvé par les SSTC en novembre 2001 et le projet a débuté début décembre 2001.

Le projet DISSCO a un budget de 35 millions FB pour une charge de travail estimée à 114 hommes/mois. Il implique à temps plein deux informaticiens et deux chercheurs, plus à temps partiel trois autres informaticiens et six spécialistes en gestion documentaire, en archivage, en analyse organisationnelle et en analyse des exigences. Si la coordination administrative du projet se fait à partir de la VUB, l'IRM est quant à lui responsable de la partie Software Development. Tout le matériel de développement, c'est-à-dire les serveurs, les outils de design, bancs de test, etc, sont localisés au sein de l'IRM.

#### 4.4.2 Documents, Informations, Connaissances et Workflow

La gestion des documents, contrairement à la gestion des données ou data, est un domaine qui est loin d'être parfaitement maîtrisé même par les spécialistes en la matière. Il faut comprendre que la gestion des documents ne se limite pas seulement à mettre les documents papiers en documents électroniques pour ensuite les stocker sur un support informatique et gérer le tout avec une base de données. Elle comprend la gestion du cycle de vie du document en partant de la création d'un élément d'information qui, guidé par un flux de travail et aidé par les connaissances de ceux qui le manipulent, se transforme en un objet qui à son tour servira à générer un produit ou à créer une idée, ou encore à faciliter une décision. Le document est alors un objet qui contient des informations, des idées, des connaissances, et qui possède une histoire due à son cheminement à travers différents processus ou workflow. Et sa gestion inclut la gestion des processus organisationnels, la gestion d'informations et la gestion de données.

L'IRM a choisi d'attaquer la question de la gestion documentaire dans sa globalité. Cela représente un grand défi dont les retombées à court terme, c'est-à-dire l'année 2002 et 2003, seront :

- une sélection des meilleurs standard et normes dans le domaine de gestion électronique des documents ;
- une standardisation de la gestion des processus et des workflow;
- une méthode de modélisation du cycle de vie des documents associés au processus de travail;
- une méthode d'inventaire de documents, d'informations et de connaissances;
- une première série d'exigences d'utilisateurs et de système, et;
- un modèle logiciel de la solution comprenant les fonctionnalités de base plus quelques fonctionnalités spécifiques au type d'organisation utilisateur.



## 5 *Services et produits pour les différents groupes d'utilisateurs*

---

### 5.1 Les autorités

Pour les autorités publiques du pays, il existe des produits qui leur sont spécifiques.

On peut distinguer les catégories suivantes:

- Les avertissements

Des avertissements liés à la sécurité pour le Centre de crise du gouvernement fédéral comme pour ceux des régions, ou les autorités locales.

- Les liens de collaboration

Répondant à la mission que lui a confiée la Région Flamande, l'IRM a établi une antenne à Zeebrugge y installant une station de prévisions hydrométéorologiques.

Tant avec la Région Flamande qu'avec la Région Wallonne, ont été mises sur pied des collaborations liées aux phénomènes hydrologiques.

Quant à la collaboration avec la Région Bruxelloise, on vient de finaliser une phase préparatoire à un service opérationnel avec elle portant sur la prévention de la pollution de l'air.

- Les informations climatologiques

Pratiquement tous les niveaux des autorités publiques peuvent, pour prendre des décisions pertinentes, recourir utilement aux services d'informations climatologiques de l'IRM. C'est le cas, par exemple, pour le Ministère de l'Intérieur, qui y fait appel, dans le cadre du Fonds des calamités.

### 5.2 Les médias

- Les TV (nationales)

Les chaînes de la VRT et de RTL-TVI ont recours aux informations de l'IRM (sous formes graphiques, textuelles ou d'images animées) pour présenter leurs bulletins météorologiques ; de plus, des contacts personnalisés sont entretenus avec les présentateurs de sorte que par leur



intermédiaire, la population puisse avoir, plusieurs fois par jour une information météorologique adéquate.

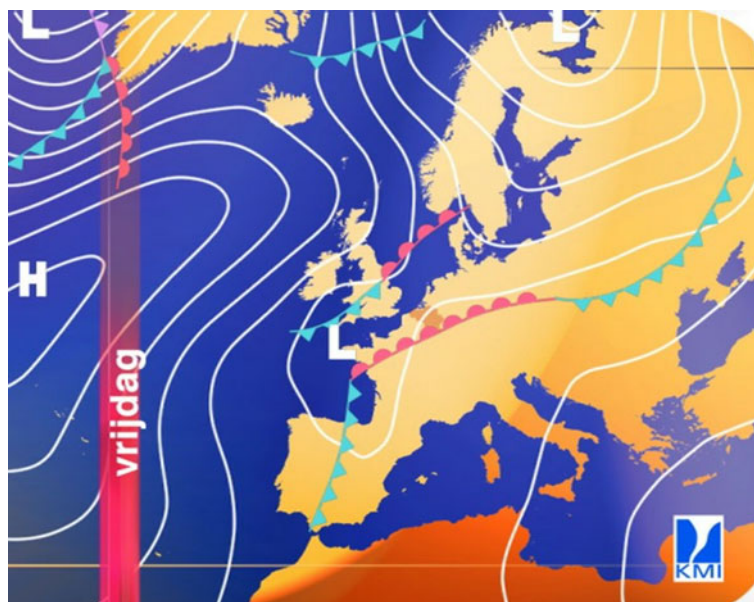


Figure 23. Carte de Prévisions avec fronts destinée à la TV

Pour la chaîne Vitaya, nos graphistes ont développé un produit fini et nous lui livrons les données nécessaires à son télétexte

- Les TV (régionales)

Sous une forme brute ou sous une forme retravaillée, les prévisions sont livrées à un certain nombre de chaînes régionales.

- Radio

Différents émetteurs ont recours à des informations horaires (sous une forme textuelle ou grâce à des contacts privilégiés) pour réactualiser avec souplesse leurs flash météo.

- Internet

En 2001, l'IRM a rénové son site Web. Tant sur le plan du contenu que sur celui de la forme, il a été repensé complètement. Lorsque les conditions météorologiques sont particulièrement mauvaises, on augmente la fréquence de renouvellement des dépêches. Ceci, afin d'offrir à la population les avis les plus récents.

- Les journaux

Des efforts de rajeunissement dans le style des présentations ont été réalisés en 2001 à la demande de plusieurs clients.

- Les GSM



Un module de transmission par SMS des avertissements est en développement.

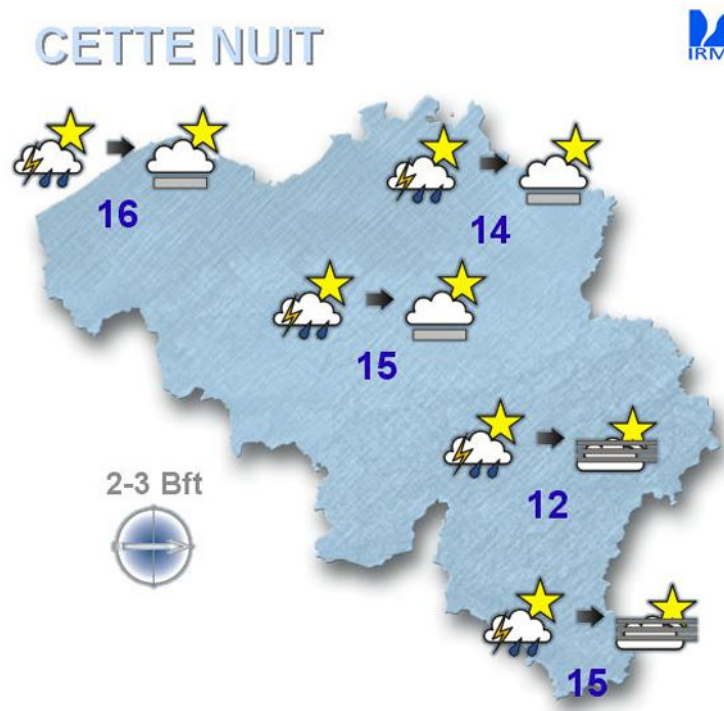


Figure 24. Prévisions pour la nuit sous une forme graphique

### 5.3 Les entités socio-économiques

Des efforts pour répondre mieux aux demandes du secteur énergétique ont été entrepris.

- Avertissements

L'IRM a collaboré avec différents secteurs économiques pour augmenter les conditions de sécurité dans lesquelles se déroulent leurs activités sensibles aux circonstances météorologiques. Cela concerne aussi bien le domaine des prévisions que le domaine des données climatologiques.

- Informations climatologiques

Pour leurs travaux de recherche, certaines entités économiques font appel à nos services d'informations climatologiques dans le but de tester leurs modèles en cours de développement.

### 5.4 Les entités commerciales

Selon la demande dans ces secteurs, nous pouvons livrer des produits standards mais aussi des produits faits sur mesure.



## 6 *Aperçu du temps en 2001 et au siècle passé*

---

### 6.1 Bilan climatologique de l'année 2001 à Uccle

La première année du XXI<sup>ème</sup> siècle se caractérise à Uccle par un excès très exceptionnel de la pluviosité et une valeur très anormalement élevée de la température moyenne

Cette année a connu un plus grand nombre de mois proches de la normale ou déficitaires que les années précédentes (voir Figure 25). En revanche, un nouveau record d'excès de température a été décroché par le mois d'octobre avec 14,4 °C, dépassant de 0,4°C le précédent record qui avait été enregistré en 1921. Outre le mois d'octobre qui a été très exceptionnellement chaud, les mois de mai et d'août ont été très anormalement chauds et le mois de septembre a été anormalement froid (voir les définitions des niveaux d'anormalité dans le Tableau 1). Néanmoins, le cumul de tous les mois chauds fait que globalement l'année 2001 est une année très anormale au niveau des températures. Avec une température moyenne de 10,7 °C, elle se classe en huitième position dans la série des températures moyennes annuelles de Bruxelles - Uccle, série d'observations qui débuta en 1833. L'année la plus chaude reste celle de 1989 avec une température moyenne de 11,3 °C, suivie de l'année 1990 (11,2 °C). La valeur normale pour la température moyenne annuelle est de 9,8 °C à Uccle.

Le total des précipitations des 12 mois s'élève à 1088,5 mm alors que le total annuel normal est de 780,1 mm. Cet excès est très exceptionnel. Il place l'année 2001 en première position parmi les années les plus pluvieuses. À Uccle, l'année la plus pluvieuse avant 2001 avait été 1965 avec un total d'eau recueillie de 1073,9 mm, et elle était suivie de l'année 1966 avec 1055,6 mm. Pour plus de détails, on se reportera au paragraphe 6.2 et on notera la différence entre une "année civile" et une "année climatologique".

Cette année, malgré l'abondance des précipitations, le nombre de jours avec précipitations à Uccle a été à peine supérieur à la valeur normale (voir Figure 26). Avec 201 jours de précipitations, on a un déficit de 2 jours par rapport à la normale ; la normale du nombre de jours avec précipitations est à Uccle de 203 jours.

Les durées d'insolation mensuelles ont généralement été déficitaires par rapport aux valeurs normales (voir Figure 28). Le mois de mars fut le plus remarquable puisqu'on n'enregistra que 48 h 45 min de Soleil à Uccle, ce qui en fait le deuxième plus sombre de tous les mois de mars depuis le début des observations héliographiques en 1887 avec seulement 10 minutes de plus que le record de 1980 (48 h 35 min de Soleil). Le mois de septembre a également été marqué par un déficit très exceptionnel avec une durée d'insolation de 68 h 35 min ce qui le place également en deuxième position des mois de septembre les plus sombres. Le record date



de 1984 avec 66 h de Soleil. Le total de l'année s'élève à 1455 h de Soleil, alors que la valeur normale est de 1555 h. La valeur de cette année est qualifiée de normale.

Dans le pays, l'année 2001 fut relativement peu venteuse. Des vents de plus de 100 km/h ont été enregistrés dans le réseau anémométrique le 8 novembre au Littoral. Il n'est pas exclu, comme c'est souvent le cas sous les orages, que localement des vitesses de vent similaires ou supérieures aient pu également se produire. On a noté dans le pays 88 jours où le tonnerre a été entendu par nos observateurs répartis dans le pays et/ou des éclairs ont été détectés par le système Safir. Ce sont les mois de juillet, août et septembre qui en ont compté le plus, avec chacun 14 jours. Deux tornades ayant provoqué des dégâts ont été observées : une le 10 mars entre Bolland et Melen et une autre le 6 octobre dans la région de Brustem, Aalst (Limbourg) et Zoutleeuw.

Table 1: Définitions des niveaux d'anormalité

	Niveaux d'anormalités	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

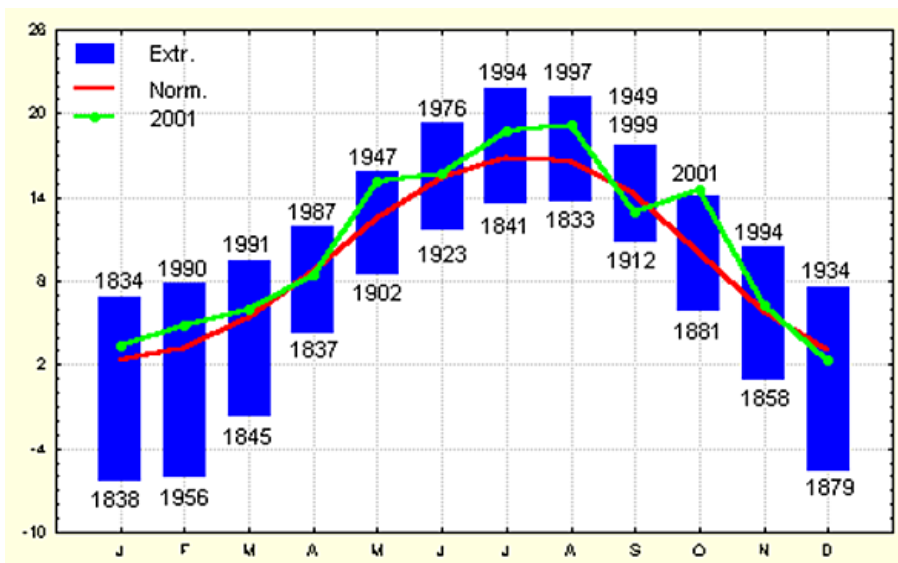


Figure 25. Températures - Moyennes mensuelles de la température de l'air à Uccle (°C). Normales et extrêmes absolus depuis 1833.

Table 2: Valeurs pour 2001 et normales de différents paramètres météorologiques mesurés à Uccle

	2001	Normales
Pression de l'air (réduite au niveau moyen de la mer) (hPa).	1015,8	1015,6
Vitesse moyenne du vent (m/s)	3,3	3,6
Durée d'insolation (h)	1455	1555
Température moyenne "vraie" (°C)	10,7	9,8
Température maximale moyenne (°C)	14,2	13,5
Température minimale moyenne (°C)	7,1	6,3
Température maximale absolue (°C)	32,7	29,9
Température minimale absolue (°C)	-6,5	-8,6
Nombre de jours de gel (min < 0 °C)	52	52,6
Nombre de jours d'hiver (max < 0 °C)	3	9,9
Nombre de jours d'été (max >= 25 °C)	30	21,3
Nombre de jours de forte chaleur (max >= 30 °C)	5	3,3
Humidité relative moyenne de l'air (%)	83	82
Tension de vapeur moyen (hPa)	11,1	10,3
Total des précipitations (mm)	1088,5	780,1
Nombre de jours de précipitations (pluie >= 0.1mm)	201	203

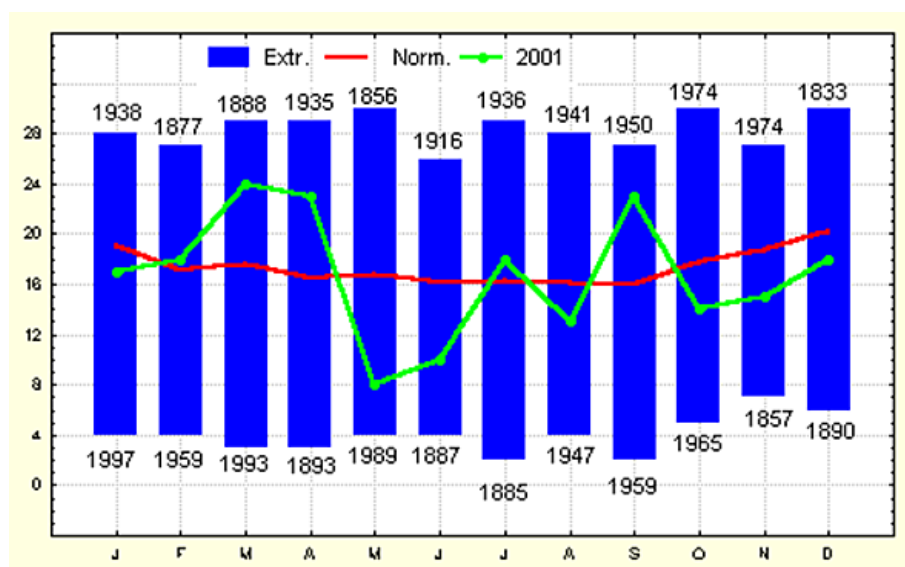


Figure 26. Fréquence des précipitations - Nombre de jours avec précipitations à Uccle (jours). Normales et extrêmes absolus depuis 1887.

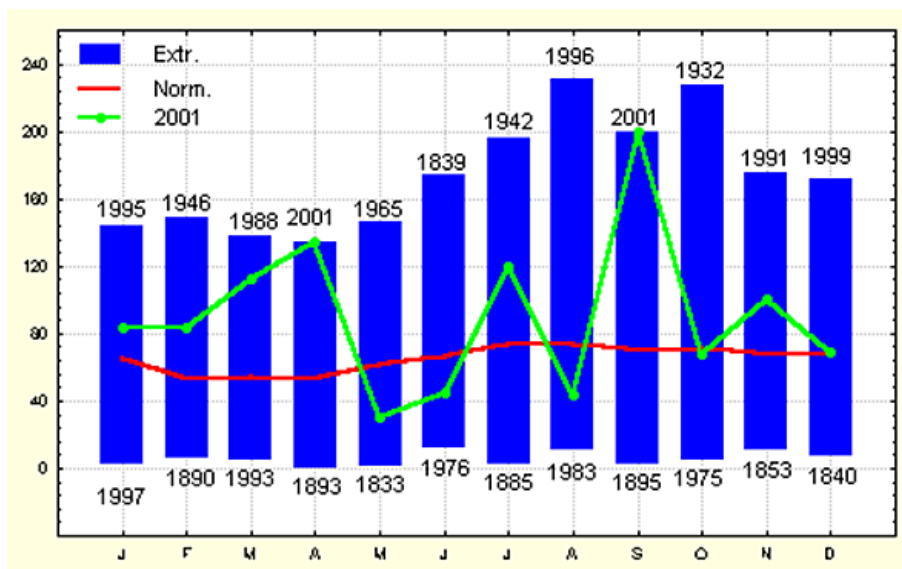


Figure 27. Quantité de précipitations - Totaux mensuels des précipitations à Uccle (mm). Normales et extrêmes absolus depuis 1833.

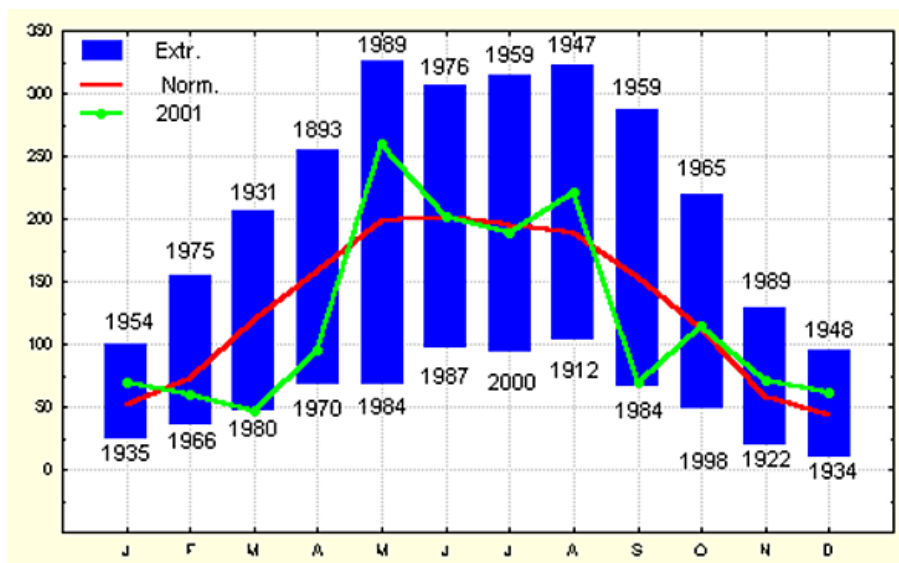


Figure 28. Durée d'insolation - Totaux mensuels de la durée d'insolation à Uccle (heures). Normales et extrêmes absolus depuis 1887.

## 6.2 L'année 2001 : une année très pluvieuse, un nouveau record!

L'année 2001 restera dans les annales de la climatologie belge comme une année très pluvieuse. À Uccle, des records mensuels d'excès de précipitations ont été enregistrés en avril et en septembre et trois autres mois ont présenté des totaux pluviométriques approchant ou dépassant

les 100 mm. Le total annuel est le premier le plus élevé depuis le début des observations pluviométriques régulières à Bruxelles-Uccle en 1833.

À Uccle, les pluies ont été particulièrement abondantes cette année : à eux seuls, cinq mois donnent ensemble un total de 665,9 mm, alors que la normale annuelle est de 780,1 mm (en climatologie, une normale est une moyenne établie sur plusieurs années, traditionnellement sur 30 ans). Le printemps a connu deux mois avec des précipitations très excédentaires : mars (112,3 mm) et avril (134,3 mm). Cette dernière valeur est la plus élevée depuis 1833 pour un mois d'avril (voir : <http://www.meteo.be/francais/pages/Klimatologisch/marsavril2001.htm>).

Le mois de juillet fut également particulièrement bien arrosé, avec un total de 120,1 mm. Remarquons que ce mois fut généralement ressenti comme nettement moins " mauvais " que le mois de juillet 2000 qui n'avait pourtant enregistré que 13,7 mm de pluie en plus. Cela est principalement dû au déficit d'insolation exceptionnel que l'on avait connu en juillet 2000. Le mois de septembre 2001 a également été un mois record de précipitations à Uccle : avec 199,4 mm, on a frôlé les 200 mm (voir : [http://www.meteo.be/francais/pages/Klimatologisch/septembre\\_2001.htm](http://www.meteo.be/francais/pages/Klimatologisch/septembre_2001.htm)).

Pour le premier mois de l'automne, le record précédent datait de 1984, avec seulement 0,6 mm de moins que cette année. Enfin, bien que dominé par des zones de hautes pressions (à Uccle, la pression moyenne du mois a été de 1022,9 hPa contre une normale de 1014,4 hPa), le mois de novembre a connu un total pluviométrique approchant les 100 mm (99,8 mm).

Au cours de l'année, seuls trois mois ont été déficitaires en précipitations par rapport aux valeurs normales : mai (30,0 mm, pour une normale de 61,6 mm), juin (44,5 mm - normale : 67,4 mm), août (43,4 mm - normale : 74,4 mm).

Table 3: Total pluviométrique annuel

Année	Total pluviométrique annuel (en mm)
2001	1088,5
1965	1072,9
1966	1055,6
1925	1046,6
1974	1039,6

D'un point de vue météorologique, la définition de l'année civile n'est pas très pertinente. L'" année climatologique " est définie comme la période de douze mois comprise entre le 1er décembre d'une année (début de l'hiver) et le 30 novembre de l'année suivante (fin de l'automne). L'année climatologique 2001 (décembre 2000 à novembre 2001) a connu un cumul record de précipitations depuis 1833 ! Le total sur les douze mois s'élève à 1077,2 mm ; le précédent record de l'année climatologique datait de 1966 avec 1061,5 mm.



Enfin, de manière plus générale, si l'on examine les totaux cumulés de précipitations sur douze mois consécutifs, la valeur record à Uccle a été établie entre septembre 1964 et août 1965, avec 1135,3 mm.

### 6.3 Le projet " Century "

Dans la perspective de faciliter l'accessibilité à l'information, la mise en ligne du projet " Century " a été réalisée au cours du 1er trimestre 2001, grâce au travail d'une équipe interdépartementale de l'IRM.

Il s'agit d'une information climatologique destinée à un public très large, manifestement très attendue ; en l'occurrence, un inventaire des événements climatologiques marquants en Belgique au cours du 20<sup>e</sup> siècle.

Utilisant les ressources d'une présentation électronique, cet inventaire est, depuis lors, consultable par différentes entrées (<http://www.meteo.be>), rubrique observations, onglet climatologique). Le bon millier d'événements qui y sont recensés, après qu'ils aient été soigneusement sélectionnés au départ de différentes sources, sont classés

- par type (grands vents, tornades, précipitations exceptionnelles, inondations, vagues de chaleur ou de froid, ...),
- par date-calendrier,
- par année,
- par décennie,
- par saison,
- et par province.

Un glossaire ainsi qu'un lien avec des articles scientifiques de référence complètent cette banque de données, en faisant un outil pédagogique accessible à tous.

La presse, tant francophone que néerlandophone, y a fait un large écho et au vu de nombreux courriers reçus qui y font référence, l'accueil du public est très favorable.





Figure 29. Exemple d'événement recensé dans "Century". Treize mois après les inondations catastrophiques de décembre 1993, les inondations de janvier 1995 sont à nouveau d'une ampleur tout à fait exceptionnelle, touchant principalement le bassin de la Meuse. Elles s'expliquent surtout par les pluies abondantes qui arrosent le pays depuis la fin décembre 1994.



## 7 *Choix de publications scientifiques et de conférences*

---

### 7.1 Publications avec comité de lecture

- Balakrishnan V., Nicolis G., Nicolis C., 2001. Recurrence time statistics in chaotic dynamics : multiple recurrences in intermittent chaos, *Stochastics and Dynamics*, 1, 345-359.
- De Backer H., Köpke P., Bais A., de Cabo X., Frei T., Gillotay D., Haite C., Heikkilä A., Kazantzidis A., Koskela T., Kyrö E., Lapeta B., Lorente J., Masson K., Mayer B., Plets H., Redondas A., Renaud A., Schauburger G., Schmalwieser A., Schwander H., Vanicek K., 2001. Comparison of measured and modelled UV indices for the assessment of health risks, *Meteorological Applications*, vol 8(3), 267-277.
- Demarée G. R., Ogilvie A.E.J., 2001. Bons Baisers d'Islande: Climatic, Environmental and Human Dimensions Impacts of the Lakagígar Eruption (1783-1784) in Iceland. In: *History and Climate: Memories of the Future ?* P.D. Jones, A.E.J. Ogilvie, T.D. Davies & K.R. Briffa (Eds.) Kluwer Academic Press / Plenum Publishers, p. 219-246.
- Dewitte S., Joukoff A., Crommelynck D., Lee III R. B., Helizon R., Wilson R. S., 2001. Contribution of the SOLCON program to the long term total solar irradiance observation, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 106, n° A8, pp 759-766.
- Farges T., Jodogne J.-C. et al., 2001. Disturbance of the western European ionosphere during the total solar eclipse of 11 August 1999 measured by a wide ionosonde and radar network. *JASTP* 63, 915-924.
- Kozak J. J., Nicolis C., Nicolis G., Turro N. J., 2001. Modelling of Diffusion-reaction processes involving geminate radical pairs, *J. Phys. Chem. A*, 105, 10949-10951.
- Lemoine R., De Backer H., 2001. Assessment of the Uccle ozone sounding time series quality using SAGE II data, *J. Geophys. Res.*, 106, 14515-14523.
- Nicolis C., Kozak J. J., Nicolis G., 2001. Encounter-controlled reactions between interacting walkers in finite lattices: Complex kinetics and many-body effects, *J. Chem. Phys.*, 115, 663-670.
- Nicolis C., Nicolis G., 2001. Energy dissipation and dynamical complexity in a truncated two-dimensional Navier-Stokes dynamics, *Physica D*, 155, 184-200.



- Nicolis J. S., Nicolis G., Nicolis C., 2001. Nonlinear dynamics and the two-slit delayed experiment. *Chaos, Solitons and Fractals*, 12, 407-416.
- Rasson J.L., 2001. The status of world-wide network of magnetic observatories, their location and instrumentation, *Contributions to Geophysics & Geodesy*, 31, 1, pp 427-453.
- Schulz A., Rex M., Harris N.R.P., Braathen G.O., Reimer E., Alfier R., KilbaneDawe I., Eckermann S., Allaart M., Alpers M., Bojokov B., Ciscernos J., Claude H., Cuevas E., Davies J., De Backer H., Dier H., Dorokhov V., Fast H., Godin S., Johnson B., Kois B., Kondo Y., Kosmisis E., Kyrö E., Litynska Z., Mikkelsen I.S., Molyneux M.J., Murphy G., Nagai T., Nakane H., O'Connor F., Parrondo C., Schmidlin F.J., Skrivankova P., Varotsos C., Vialle C., Viatte P., Zerefos C., von der Gathen P., 2001. Arctic ozone loss in treshold conditions: Match observations in 1997/98 and 1998/99, *J. Geophys. Res.*, 106, 7495-7503.
- Sneyers, R., 2001. La Climatologie, Science ou Littérature ? Un historique du développement de la recherche en climatologie, *La Météorologie*, 8e série-n°36-février 2002, *Revue de la Société météorologique de France*, pp.54-61.
- Termonia P., 2001. On the removal of random variables in data sets of meteorological observations, *Meteorol. Atmos. Phys.* 78, 143-156.
- Tison J.-L., Khazendar A., Roulin E., 2001. A two-phase approach to the simulation of the combined isotope/salinity signal of marine ice. *J. Geophys. Res.* 106, C12, 31,387-31,401.
- Vannitsem S., 2001. Toward a phase-space cartography of the short and medium range predictability of weather regimes, *Tellus*, 53A, 56-73.
- MiddelkoopH., Daamen K., Gellens D., Kwadijk J.C.J., Lang H., Parmet B.W.A.H., Schädler B., Schulla J. and Wilke K., 2001. Impact of climate change on hydrological regimes and water resources management in the Rhine basin. *Climatic Change*, 49, 105-128.

## 7.2 Thèses de doctorat

- Chomé, F., 2001. Modèles régionaux de prévision du temps : dynamique, statistique et prévisibilité, Thèse de doctorat (ULB).
- Gérard L., 2001. Physical parameterisations for a high resolution operational numerical weather prediction model, Thèse de doctorat (ULB).

## 7.3 Proceedings

- Alecu A., Munteanu A., Schelkens P., Cornelis J., and Dewitte S., 2001. MAXAD Distortion Minimization for Wavelet Compression of Remote Sensing Data, *Proc. International Symposium on Optical Science and Technology*, vol. 4475, pp 149-160, San Diego, USA.

- Clerbaux N., Dewitte S., Gonzalez L., Ipe A., Nicula B., 2001. Derivation of the top of atmosphere radiative fluxes from SEVIRI: methodology, accuracy and perspectives, Proceedings of the 2001 EUMETSAT Meteorological Satellite Data Users' Conference, pp. 69-76.
- Demarée G. R., 2001. Le pluviographe centenaire du plateau d'Uccle, son histoire, ses données et les applications. Présentation au Colloque international "Origines et Histoire de l'Hydrologie" Dijon, France, 9-11 mai 2001, 10 p.
- De Wit M., Warmerdam P., Torfs P., Uijlenhoet R., Roulin E., Cheymol A., van Deursen W., van Walsum P., Kwadijk J., Ververs M., Buiteveld H., 2001. Effect of climate change on the hydrology of the river Meuse. Dutch National Research Programme on Global Air Pollution and Climate Change, Report no 410 200 090, 143 pp.
- Dewitte S., Nicula B., Clerbaux N., 2001. Homogenisation of radiative fluxes at the top of the atmosphere in the climate monitoring SAF, Proceedings of the 2001 EUMETSAT Meteorological Satellite Data Users' Conference, pp. 489-495.
- Gérard L., (IRM), D. Banciu (INMH), J.-F. Geleyn (Météo France), 2001. Evolution of a deep convection parameterisation scheme for operational models with increasing resolution. Contribution au rapport OMM WGNE.
- Gonzalez L., Dewitte S., Clerbaux N., Ipe A., 2001. On line GERB products from RMIB ground processing, Proceedings of the 2001 EUMETSAT Meteorological Satellite Data Users' Conference, pp. 421-425.
- Ipe A., Dewitte S., Clerbaux N., Gonzalez L., 2001. Validation and homogenisation of cloud properties retrievals for RMIB GERB/SEVIRI scene identification, Proceedings of the 2001 EUMETSAT Meteorological Satellite Data Users' Conference, pp. 231-238.
- Jodogne J.-C., 2001. The 19990811 Eclipse signature on IEC deduced by electron concentration profiles. Proceedings of the Radio Communications Research Units/GPS TEC Workshop, 29-30 November 1999, p70-73.
- Pieroux D., Debal F., Gellens-Meulenberghs F., Quinet A., 2001. Estimation of evapotranspiration all over Europe using MSG remote sensing, Poster presented at the 2001 EUMETSAT Meteorological Satellite Data Users' Conference, Antalya (Turkey), 1-5 October 2001. Proceedings.
- Sneyers, R., 2001. Statistics in Climatology. Determination of and considerations on the instability of the climate evolution. Contribution to the revision of the Guide to Climatological Practices, WMO - No.100. Rapport à la treizième Session de la Commission de Climatologie, 19-30 novembre 2001.
- Termonia P., 2001. Tests of some temporal interpolation schemes for the coupling mechanism, 10th ALADIN workshop on scientific developments, 7-8 June 2001, Toulouse, France.



## 7.4 Publications internes

- De Meyer F., 2001. Modulation of the solar and lunar daily geomagnetic variations, Publication scientifique et technique 15, Institut Royal Météorologique, 38 p.
- Roulin E., Cheymol A., Gellens D., 2001. Integrated modelling of the hydrological cycle in relation to global climate change. Final Report of the project GC/DD/08 in the framework of the " Global change and sustainable development " program of the Belgian Federal Services of Scientific, Technical and Cultural Affairs, 62 pp.
- Termonia P., 2001. An overview of the verification of the operational ALADIN forecasts during the year 2000 at the RMIB, Wetenschappelijke en technische publicatie Nr 16.
- Termonia P., Quinet, A. : Het voorspellen van slechte meteorologische condities voor luchtverontreiniging a.h.v. model ALADIN. Project aangevraagd door het Brussels Instituut voor Milieubeheer (BIM/IBGE) uitgaande van het kabinet van minister Gosuin.

## 8 *Liste des acronymes*

---

ALADIN: Aire Limitée Adaptation dynamique Développement International

AWZ : Administratie Waterwegen en Zeewezen

CERES: Clouds and the Earth' Radiant Energy System

COST: COoperation in Science and Technology

DIARAD: Differential Absolute RADiometer

DWD: Deutscher WetterDienst (Service Météorologique Allemand)

ECMWF : European Centre for Medium-range Weather Forecasts (Reading, United Kingdom)

ENVISAT: Environmental Satellite

ESAC : Experimental Study of Atmospheric Changes

ETA désigne le modèle américain à aire limitée

EUMETSAT : European Organization for the Exploitation of Meteorological Satellites

GERB: Geostationary Earth Radiation Budget

GOME : Global Ozone Monitoring Experiment

IBGE : Institut Bruxellois de la Gestion de l'Environnement

IDCC : International Data Co-ordination Centre

IRM: Institut Royal Météorologique

INTERMAGNET: International Real-time Magnetic Observatory Network

KNMI : Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut

Meteorological Office (U.K.) : Service Météorologique du Royaume Uni

MSG : Meteosat Second Generation

NDSC: Network for Detection of Stratospheric Changes

NILU : Noors Instituut voor Luchtonderzoek

NWP (model): Numerical Weather Prediction (model)

OMM: Organisation Météorologique Mondiale



OMS : Oceanografisch Meteorologisch Station (te Zeebrugge)

SAF : Satellite Application Facility

SAFIR: Surveillance des orages et Alerte Foudre par Interférométrie Radioélectrique

SAF-LAND: SAF s'occupant des bilans d'énergie en surface (sur Terre)

ScaRaB: Scanner for Radiation Budget

SOHO: Solar and Heliospheric Observatory

SOLCON: Solar Constant

SOVAR: Solar Variability

SOVIM: Solar Variability and Irradiance Monitor

SSTC : Services fédéraux des affaires Scientifiques, Techniques et Culturelles

SVAT : Soil-Vegetation-Atmosphere Transfer

TOR: Tropospheric Ozone Research

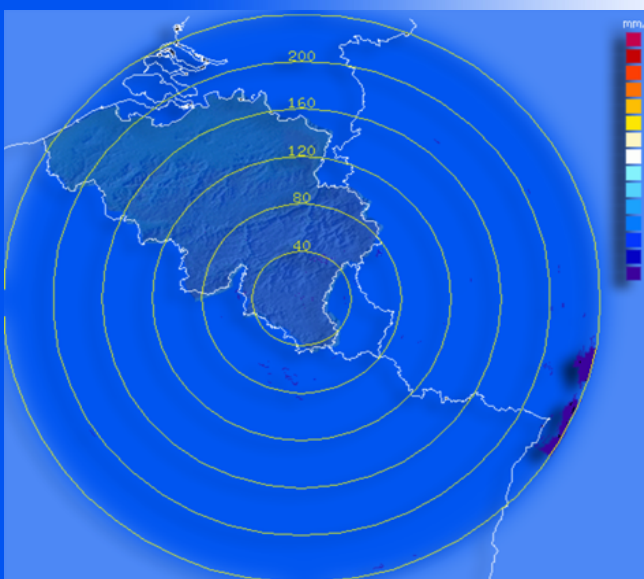
UIA : Universitaire Instelling Antwerpen

VIRGO: Variability of the Solar Irradiance and Gravity Oscillations



*Jaarverslag*

2001



Koninklijk Meteorologisch Instituut  
Ringlaan 3  
B-1180 Brussel  
tel.: 32 (0) 2.373.0611  
fax: 32 (0) 2.375.1259  
Dr. H. Malcorps - Verantwoordelijke uitgever  
ISSN/1377-2406



## Inhoudstafel

<b>Voorwoord</b> .....	<b>1</b>
<b>1 Meer veiligheid door kennis over het weer en het klimaat</b> .....	<b>3</b>
1.1 Verbeteren van de meteorologische voorspellingen en waarschuwingen boven land en op zee .....	3
1.1.1 Nieuwe producten en diensten .....	3
1.1.1.1 Een grafisch waarschuwingssysteem voor gevaarlijk weer .....	3
1.1.1.2 Een waarschuwingssysteem voor atmosferisch transport van verontreiniging .....	4
1.1.1.3 Voorspelling van verontreinigingsepisodes .....	6
1.1.1.4 Voorspellingen op zee .....	7
1.1.2 Verbeteren van het model ALADIN-België .....	9
1.1.2.1 Voorspelling van neerslag .....	9
1.1.2.2 Fysische processen .....	11
1.1.2.3 Koppeling en initialisatie .....	12
1.1.3 Bekomen resultaten en kwaliteitscontrole .....	13
1.1.3.1 Controle van het ECMWF model .....	13
1.1.3.2 Controle van het ALADIN model .....	14
1.2 Uitbreiding en toepassing van de kennis over het klimaat .....	16
1.2.1 Standpunt van de Directieraad van het KMI inzake het probleem van klimaatveranderingen .....	16
1.2.2 De hydrologische risico's .....	18
1.2.3 Schatting van evapotranspiratie boven Europa .....	19
1.2.4 Ozon-budget .....	19
1.2.5 Zonneconstante en energiebalans .....	21
1.2.6 Paleomagnetisme en klimaat .....	22
<b>2 Niet-lineair gedrag van de atmosfeer</b> .....	<b>25</b>
2.1 Modelleren van elektrische ontladingen in de atmosfeer .....	25
2.2 Terugkeertijd van extreme waarden van intermitterende systemen .....	27
2.3 Dynamische, statistische en voorspellende eigenschappen van atmosferische modellen .....	28
2.3.1 Transfer en dissipatie van energie en enstropie in een zwak chaotische stroming .....	28
2.3.2 De assimilatie van gegevens .....	28
2.3.3 Dynamische en statistische eigenschappen van het regionaal ETA model: de rol van de domeingrootte .....	29
2.3.4 Dynamica op korte termijn van de modelfout .....	30
<b>3 Verbeteren van de waarnemingen</b> .....	<b>31</b>
3.1 Invoeren van nieuwe waarnemingen en uitbreiding van bestaande systemen .....	31
3.2 Verhogen van de betrouwbaarheid .....	34
3.3 Magnetische Wereld Wake .....	35
<b>4 Vergemakkelijken van de toegang tot de informatie</b> .....	<b>39</b>
4.1 Informatie-verwerking .....	39
4.2 Verkorten van de antwoordtijd voor het leveren van informatie .....	41
4.3 Ontwikkeling van informatica technologieën .....	41
4.4 Project Document management Integrated System for SCientific Organisations (DISSCO) .....	42
4.4.1 Historiek van het project .....	42



4.4.2	Documenten, Informatie, Kennis en Workflow .....	43
<b>5</b>	<b>Diensten en producten voor de verschillende gebruikersgroepen .....</b>	<b>45</b>
5.1	Overheden .....	45
5.2	Media .....	45
5.3	Socio-economische entiteiten .....	47
5.4	Commerciële entiteiten .....	47
<b>6</b>	<b>Overzicht van het weer het voorbije jaar en de vorige eeuw. ....</b>	<b>49</b>
6.1	Klimatologisch overzicht van het jaar 2001 .....	49
6.2	Het jaar 2001 : een zeer nat jaar.....	52
6.3	Het project "Century" .....	54
<b>7</b>	<b>Keuze van wetenschappelijke publicaties en van conferenties .....</b>	<b>57</b>
7.1	Publicaties met lectrurcomité .....	57
7.2	Proefschriften ter verkrijging van een doctoraat. ....	58
7.3	Proceedings .....	58
7.4	Interne publicaties .....	60
<b>8</b>	<b>Lijst van afkortingen .....</b>	<b>61</b>

## Lijst van figuren

Figuur 1. Voorbeeld van een kaart met een alert voor voorspelde overvloedige neerslag. ....	4
Figuur 2. Een berekende pluim met een verdeling van de concentraties, gebaseerd op de voorspellingen van het ECMWF-model. ....	5
Figuur 3. Een berekende verdeling van de deposities aan de grond, gebaseerd op de voorspellingen van het ALADIN-model. ....	6
Figuur 4. Plot van de pertinente indicatoren voor ongunstige condities voor de verspreiding van luchtverontreiniging a.h.v. ALADIN. ....	7
Figuur 5. Vergelijking waargenomen en voorspelde golven. ....	8
Figuur 6. Waarnemingen van golfboeien bij stormweer. ....	8
Figuur 7. Geaccumuleerde neerslag over 3 uur. ....	10
Figuur 8. Totale bewolking op een schaal van 0 tot 1 (volledig bewolkt). ....	11
Figuur 9. Evolutie en uitdieping van een storm boven het oosten van België, ....	12
Figuur 10. Vergelijking tussen een voorspelling van de Kerststorm van 1999 door de operationele versie van ALADIN (links) met een voorspelling waarbij de grootschalige velden zijn geïnterpoleerd met de versnellingscorrectie (rechts). ....	13
Figuur 11. Voorspellingsfouten op de 2 meter temperaturen (De onderste kurven stellen de bias voor, de andere de standaard deviatie). ....	14
Figuur 12. Scatterplot van voorspelde en waargenomen temperaturen op 2 meter. ....	15
Figuur 13. Relatieve verschillen tussen GOME en Brewer ozonkolommetingen. De zwarte lijn geeft het 30 dagen lopende gemiddelde. ....	20
Figuur 14. Verticale verdeling van ozon in de troposfeer in 3 verschillende perioden. ....	21
Figuur 15. Variatie van het aantal inslagen op de grond per minuut over het Belgische grondgebied (mei 1997). ....	26
Figuur 16. Kinetica van de eerste stappen van de elektrificatie in een wolk. ....	27
Figuur 17. Gemiddelde voorspellingsfout op termijn van 48 uren voor de hoogte van de geopotential op 500 en 850 mb in functie van de domeingrootte van het regionaal Eta model. ....	30
Figuur 18. Beeld van de neerslagintensiteit (in mm/h) gemeten met de weerradar te Wideumont, over een gebied binnen een straal van 100 km rond de radar. ....	32
Figuur 19. Brewer spectrofotometer met dubbele monochromator, die in 2001 in gebruik genomen werd. ....	33
Figuur 20. Voorbeeld van de evolutie van de voorspelde UV index en de UV index afgeleid uit metingen met de nieuwe Brewer spectrofotometer. ....	34
Figuur 21. In het kader van de Magnetische Wereld Wake zal het KMI metingen opstarten of verbeteren in de aangeduide magnetische observatoria. ....	36
Figuur 22. Programma voor de manuele controle van de gegevens in de databank. ....	40
Figuur 23. Voorspellingskaart met fronten voor de TV. ....	46
Figuur 24. Voorspelling voor de nacht onder grafische vorm. ....	47
Figuur 25. Temperatuur - Maandelijks gemiddelde van de luchttemperatuur te Ukkel (België) (°C) ....	50
Figuur 26. Aantal neerslagdagen - Maandelijks aantal neerslagdagen te Ukkel (België) (dagen) ....	51
Figuur 27. Neerslag - Maandelijkse totalen van neerslag te Ukkel (België) (mm). ....	52
Figuur 28. Zonneschijnduur - Maandelijkse totalen van de zonneschijnduur te Ukkel (België) (uren) ....	52
Figuur 29. Een voorbeeld uit "Century". ....	55





## ***Lijst van tabellen***

Tabel 1. Abnormaliteitsniveau's .....	50
Tabel 2. Waarden voor 2001 en normalen voor de verschillende meteorologische parameters gemeten te Ukkel. ....	51
Tabel 3. De 5 natste jaren sinds 1983. ....	53





# Voorwoord

---

In 1999 werd het KMI grondig gereorganiseerd. In de loop van 2000 werd een strategisch plan, aangepast aan de nieuwe organisatie, opgesteld voor de periode 2001-2005.

In 2001 werd gestart met de uitvoering van dit plan, dat de volgende hoofdoelstellingen heeft:

- Meer veiligheid door kennis over het weer en klimaat;
- Vergemakkelijken van de toegang tot de informatie;
- Uitbreiden en verbeteren van de gebruikersgeoriënteerde producten en diensten.

Een bijkomend objectief dat centraal staat voor de realisatie van al de andere is:

- Verbeteren van de waarnemingen.

Dit jaarverslag reflecteert de vorderingen die in 2001 gemaakt werden voor de realisatie van deze objectieven; daartoe werd de structuur van dit verslag aangepast. Het wil nu meer zijn dan een relaas over wat er in het voorbije jaar gebeurde, het moet ook de basis leggen voor het implementatieplan voor het volgende jaar.

De bijkredieten nodig voor de realisatie van het plan in 2001 werden niet verkregen, daarom werd verder gewerkt aan die delen van het plan, die binnen de huidige middelen konden gerealiseerd worden.

Niettegenstaande de gebrekkige middelen konden toch belangrijke vorderingen gemaakt worden, zoals bijvoorbeeld:

- Het operationeel in gebruik nemen van een meteorologische radar in de Ardennen;
- Het vernieuwen van de computerinfrastructuur;
- Het ondertekenen van een contract met Brussel-Hoofdstedelijk Gewest met de bedoeling te evalueren in hoeverre het ALADIN-model lukt om tot 48uur op voorhand de omstandigheden te voorspellen die een sterke luchtverontreiniging van de Regio gunstig zijn ;
- Het oprichten van een station dat de D-laag van de ionosfeer peilt in het Centre de Physique du Globe te Dourbes,
- Het ontwikkelen van een grafische waarschuwingssysteem voor atmosferisch transport van verontreiniging,



- Het realiseren van de eerste fase van het verkorten van de antwoordtijd voor het leveren van klimatologische informatie.

Dr Henri Malcorps  
Directeur van het KMI

# *1 Meer veiligheid door kennis over het weer en het klimaat*

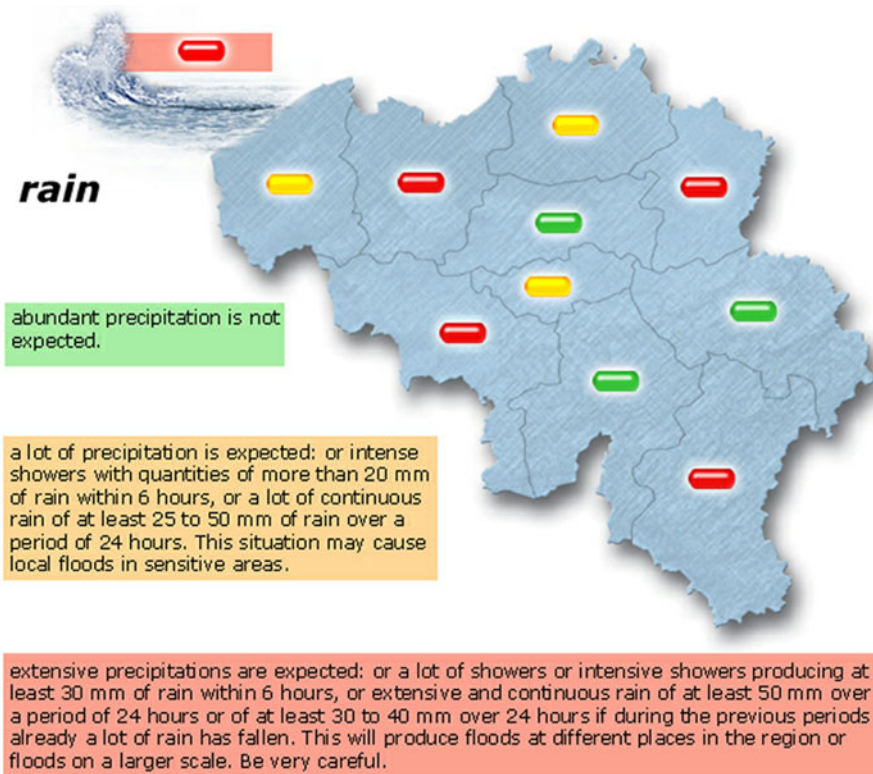
---

## **1.1 Verbeteren van de meteorologische voorspellingen en waarschuwingen boven land en op zee**

### **1.1.1 Nieuwe producten en diensten**

#### **1.1.1.1 Een grafisch waarschuwingssysteem voor gevaarlijk weer.**

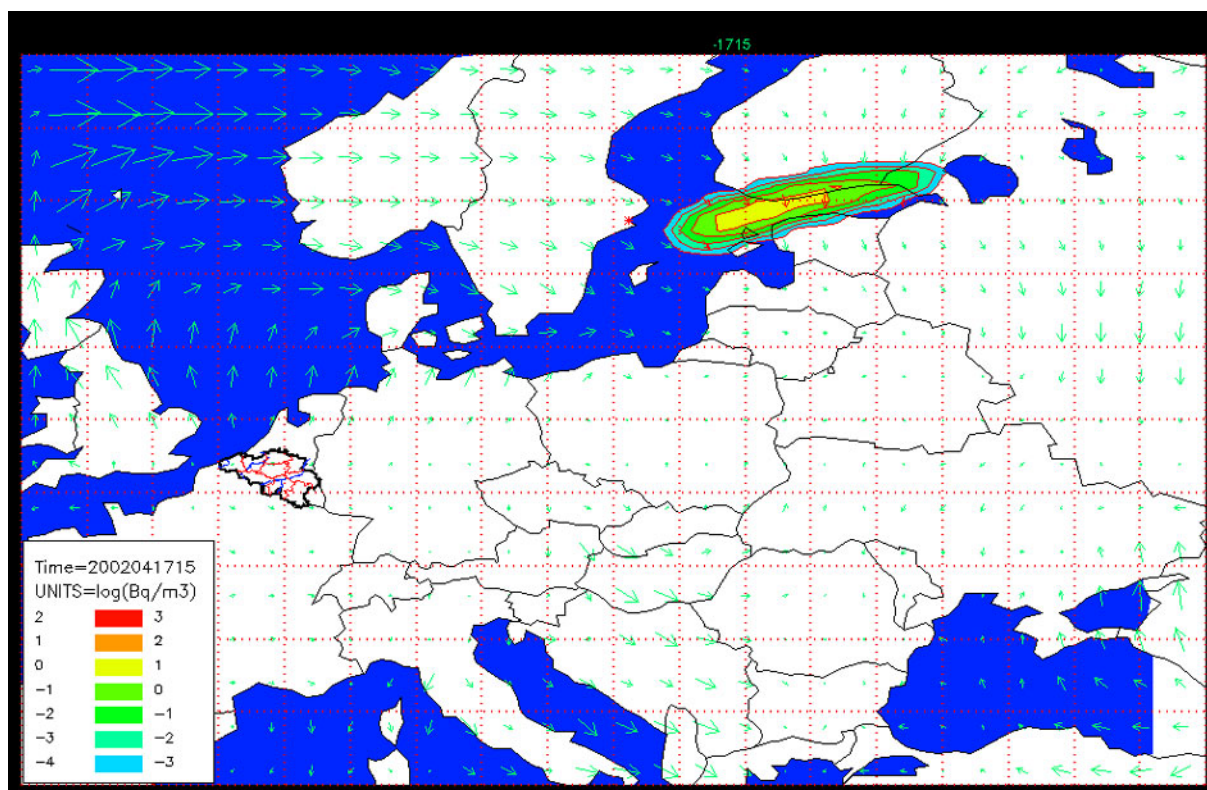
Op vraag van het Nationale Crisiscentrum van de regering hebben de drie Belgische meteorologische diensten (KMI, Belgocontrol en Meteowing) afgesproken dat er één enkel nationaal aanspreekpunt voor gevaarlijke weersituaties in België zou komen, met name het KMI. Contacten werden gelegd met de collega's van het KNMI om uit hun ervaringen te leren. Met de weersvoorspellers van 15 Europese Nationale Meteorologische Diensten wordt gewerkt aan een geïntegreerd Europees grafisch systeem voor de voorspelling van gevaarlijke weersituaties, te raadplegen via het internet. Het KMI besliste om, naar analogie met de andere meteorologische instellingen, een nationaal grafisch systeem op te stellen voor de voorspelling van gevaarlijke weersituaties op het Belgische grondgebied, en dat deel zou uitmaken van het nog op te richten Europees waarschuwingssysteem. Binnen het KMI is er een werkgroep 'meteo-alert' opgericht bestaande uit medewerkers van de operationele dienst en het departement informatieverwerking. Voor elke beschouwde parameter wordt een kaart van België, per provincie (10) en op zee, ingekleurd (groen, geel of rood) die aangeeft waar al dan niet een gevaarlijke situatie verwacht wordt (zie het voorbeeld Figuur 1). Het systeem zal in de tweede helft van 2002 operationeel worden.



Figuur 1. Voorbeeld van een kaart met een alert voor voorspelde overvloedige neerslag.

### 1.1.1.2 Een waarschuwingssysteem voor atmosferisch transport van verontreiniging

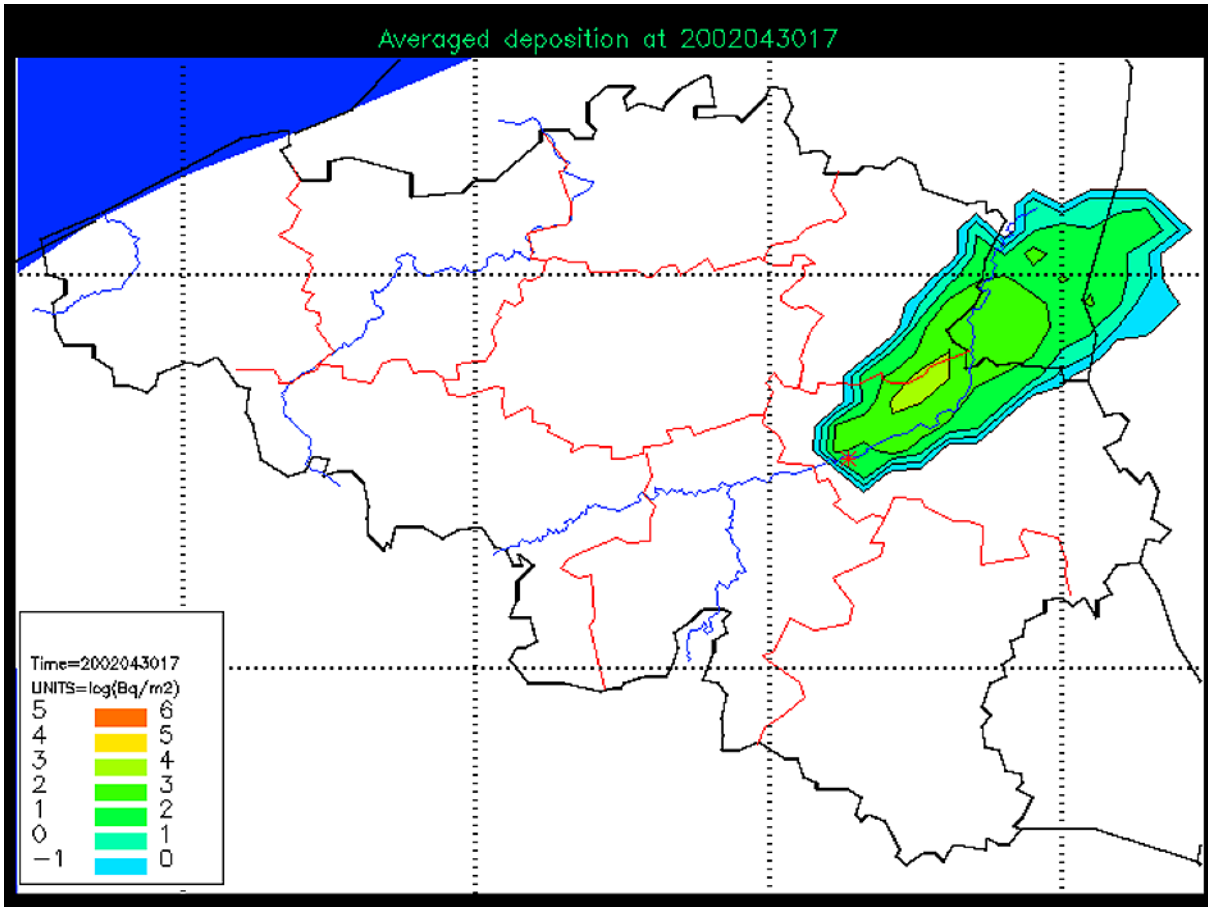
Er wordt gewerkt aan een atmosferisch transport- en dispersiemodel voor de berekening van de verspreiding van atmosferische pollutanten te wijten aan een nucleair of chemisch ongeval. Het dispersiemodel maakt berekeningen in reële tijd gebaseerd op de voorspelde meteorologische velden van het ECMWF model (Europese schaal), het ETA model (West-Europese schaal) en het ALADIN model (Belgische schaal). De berekende resultaten worden gevisualiseerd op de pagina's van de KMI-website en zijn toegankelijk mits een paswoord. Elke voorspeller zal in de loop van de tweede helft van 2002 weten hoe het dispersiemodel te activeren van in de werkamer en de berekeningen te doen die hij wenst. Een berekende kaart (depositie) van een pluimtransport met (fictieve) lozing in de kerncentrale van Chooz (Fr) is hieronder voorgesteld (Figuur 2). De pluim bevindt zich na 24 uur in de buurt van de Baltische zee.



Figuur 2. Een berekende pluim met een verdeling van de concentraties, gebaseerd op de voorspellingen van het ECMWF-model.



In een ander geval (Figuur 3) wordt de lozing verondersteld in de kerncentrale van Tihange en bevindt de pluim zich na 10 uur boven de regio Luik..



Figuur 3. Een berekende verdeling van de deposities aan de grond, gebaseerd op de voorspellingen van het ALADIN-model.

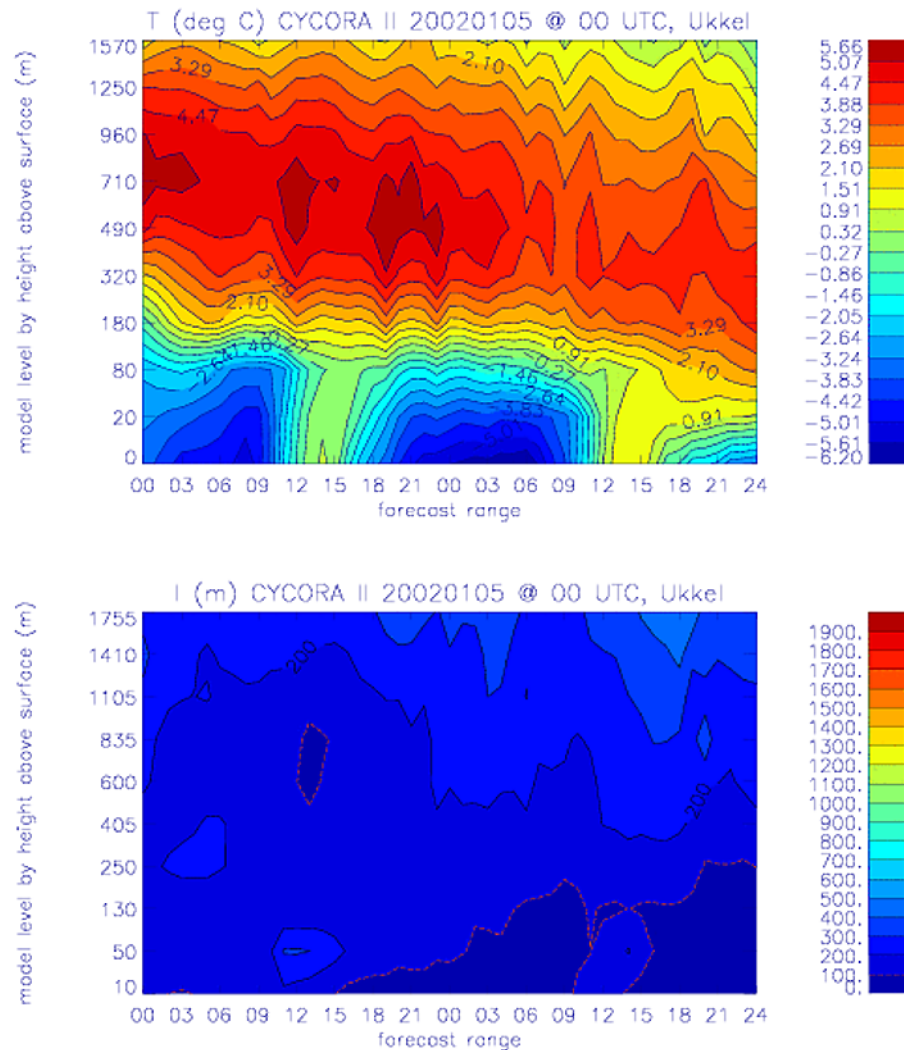
### 1.1.1.3 Voorspelling van verontreinigingsepisodes

Op aanvraag van het Brussels Instituut voor Milieubeheer (BIM/IBGE) werd er een studie volbracht om na te gaan in hoeverre een NWP model van type ALADIN gebruikt kan worden voor het voorspellen van slecht meteorologische condities voor luchtverontreiniging.

Voor deze studie werden allereerst de drie fysische processen turbulentie, horizontaal transport en thermische instabiliteit onderzocht.

In tweede instantie hebben wij een voorspelbaarheidsstudie gedaan van enkele parameters (aanwezigheid van inversies en een horizontale transportindex) voor die processen voor het model ALADIN. Daaruit is gebleken dat met de huidige versie van het model een dergelijke toepassing zeker haalbaar is. In figuur 2 zien we de output van de betreffende parameters. De aanwezigheid van de temperatuurs inversie en de kleine transportindex  $I$  (aangeduid met rode streepjeslijn) duiden op extreem slechte condities.

Interessant hierbij is op te merken dat er met ALADIN wat betreft het voorspellen van inversies een aanzienlijke vooruitgang is geboekt.



Figuur 4. Plot van de pertinente indicatoren voor ongunstige condities voor de verspreiding van luchtverontreiniging a.h.v. ALADIN. Bovenaan het verloop van de temperatuurprofielen, met de aanwezigheid van een inversie. Onderaan het verloop van de profielen van een index van het transport veroorzaakt door meteorologische processen. Men ziet daarbij een laag waar deze lengte kleiner is dan de kritieke waarde van 100 m.

#### 1.1.1.4 Voorspellingen op zee

De activiteiten in het OMS Zeebrugge hebben een sterk operationele inslag. Meerdere malen daags wordt een specifieke weersverwachting gemaakt voor de kust en de zee, in opdracht van het Vlaamse Gewest.

Dit jaar werd door het OMS-team een website gerealiseerd die druk bezocht wordt en waarop men met vragen terecht kan (<http://www.lin.vlaanderen.be/awz/weerberichtkust/interoms.html>)

Maandelijks worden controles uitgevoerd naar de voorspellingen en het gedrag van de atmosferische en oceanografische voorspellingsmodellen. Daarenboven worden ook studies gedaan naar het gedrag van golven en getijden en de kwaliteit van de numerieke mariene modellen.

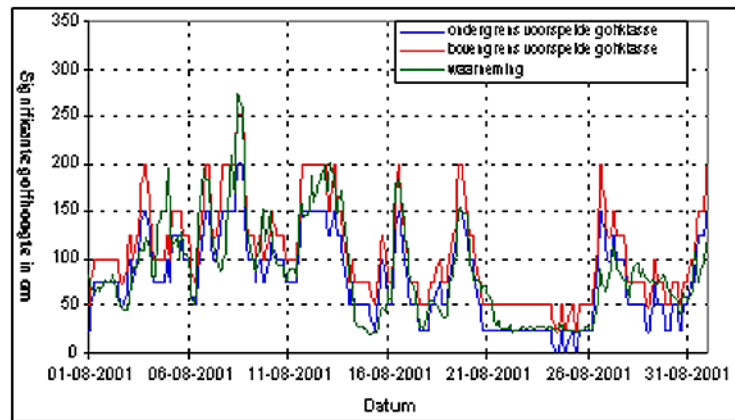




In het voorjaar werd een cursus mariene meteorologie georganiseerd in Zeebrugge, met medewerking van het KNMI. Elke medewerker van het OMS slaagde voor het examen en bekwam een certificaat.

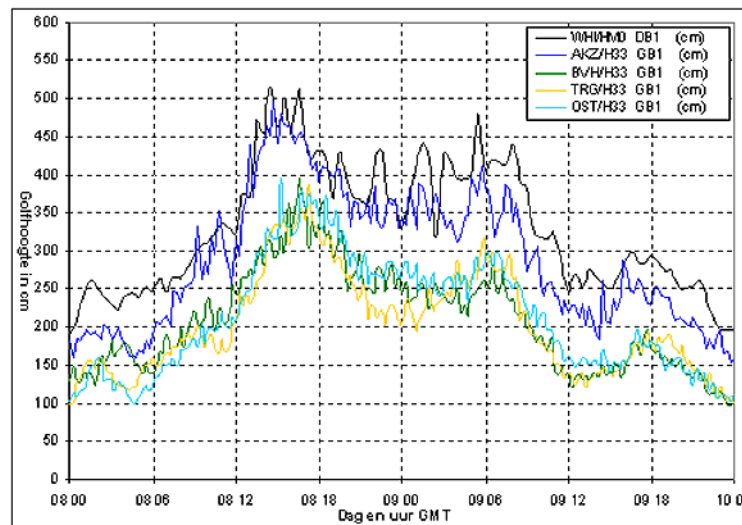
In september werden voorspellingen gemaakt voor de Belgacom zeilrace, die in mineur is verlopen door de aanslagen van 11 september.

In november werd een bijeenkomst gehouden met het BMM (Beheer Mathematisch Model van de Noordzee), om te bekijken welke stappen nuttig zijn om het operationele mariene weermodel te verbeteren. Zowel op oceanografisch als meteorologisch gebied zullen verbeteringen aangebracht worden.



Figuur 5. Vergelijking waargenomen en voorspelde golven.

Ook worden, na stormweer, zogenaamde stormrapporten gemaakt, waarin opnieuw een evaluatie gemaakt wordt van de voorspellingen. Geval per geval wordt geanalyseerd en gedocumenteerd, voor verdere studie.



Figuur 6. Waarnemingen van golfboeien bij stormweer.



In 2001 werd afgesproken om bij stormweer beter overleg te realiseren tussen het OMS te Zeebrugge en het weerbureau in Ukkel om de kans te vergroten op een succesvolle voorspelling van beide weerbureaus.

Eveneens werd een kleine wijziging voorgesteld op de wijze waarop door het OMS de stormvloeddienst van Waterwegen Kust wordt gewaarschuwd. Er wordt nu niet meer 48 uur op voorhand een definitieve waarschuwing voor gevaarlijk getij gestuurd, maar wel een "eerste voorwaarschuwing", die 24 uur of ten laatste 12 uur voordien ofwel wordt bevestigd met een effectieve waarschuwing ofwel wordt ingetrokken. Zo wordt het aantal "false alarms" verminderd.

Om ook het grote publiek op de hoogte te brengen worden effectieve waarschuwingen (ten vroegste 12 à 18 uur vooraf) op de website van het OMS geplaatst. Om verwarring te vermijden, worden geen voorwaarschuwingen aan het grote publiek bekendgemaakt, alleen aan de stormvloeddienst (url: <http://www.lin.vlaanderen.be/awz/weerberichtkust>).

## 1.1.2 Verbeteren van het model ALADIN-België

In de afdeling "Hydrometeorologische modellering" werkt men aan de toepassing en verbetering van ALADIN, een model voor numerische voorspelling op hoge resolutie.

De pro-actieve participatie van het Instituut aan dit internationale onderzoeksproject, dat momenteel 15 deelnemende landen telt, geeft ons de kans onze kennis en expertise op het domein van de numerische weersvoorspelling te verbeteren. Daarnaast kunnen we ook zelf nieuwe onderzoeksrichtingen voorstellen die nauw aansluiten bij onze specifieke noden en het gebruik van numerische modellen optimaliseren bij operationele weersvoorspellingen en diensten aan de gebruikers.

Hogeresolutievoorspellingen voor korte termijn krijgen steeds meer aandacht, zowel voor vrijetijdsbesteding als voor economische activiteiten zoals landbouw, bouw, energiebeheer...

De verbetering van de nauwkeurigheid en in het bijzonder de resolutie, die momenteel 7 km bedraagt in België, blijft centraal in ons werk. We zijn actief geweest op verschillende domeinen, waarbij elke onderzoeker zijn eigen specialiteit heeft.

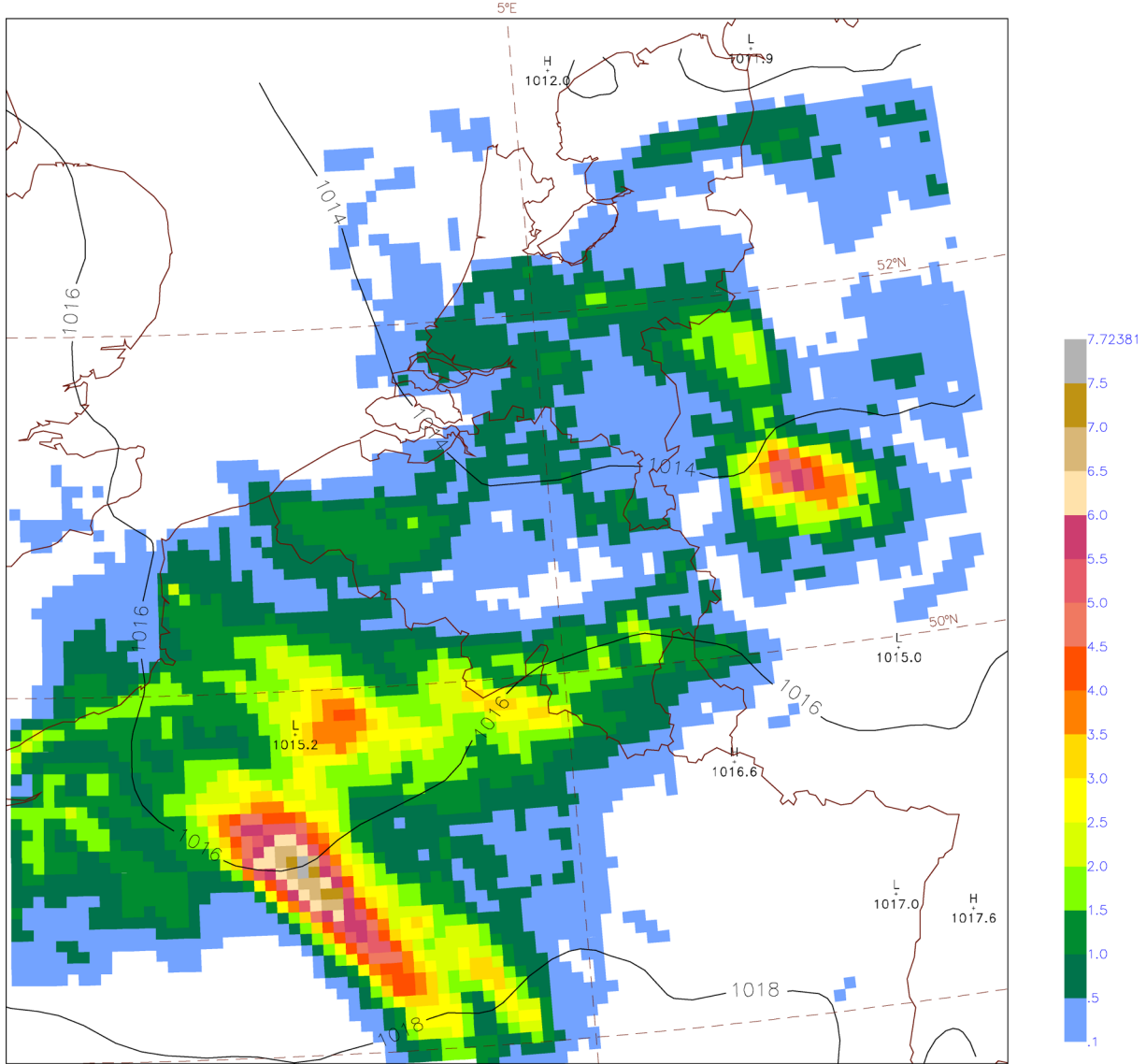
### 1.1.2.1 Voorspelling van neerslag.

De producten van het regionaal voorspellingsmodel worden voorgesteld op een geografische kaart met afmetingen 700 op 700 km, gecentreerd op België. De hier voorgestelde kaarten zijn afkomstig van de "run" van 5 september 2001 om 12h00 UTC.

De grondkaart van Figuur 7 geeft een voorspelling weer voor 24 uur later (dus 6 september om 12h00 UTC) van de atmosferische druk herleid tot zeeniveau (in hPa met intervallen van 2 hPa). Op dezelfde kaart staat ook de geaccumuleerde neerslag over een periode van 3 uur (van +21 tot + 24h; neerslaghoogtes in 1/10 mm) en volgens het kleurenpalet in de legende.



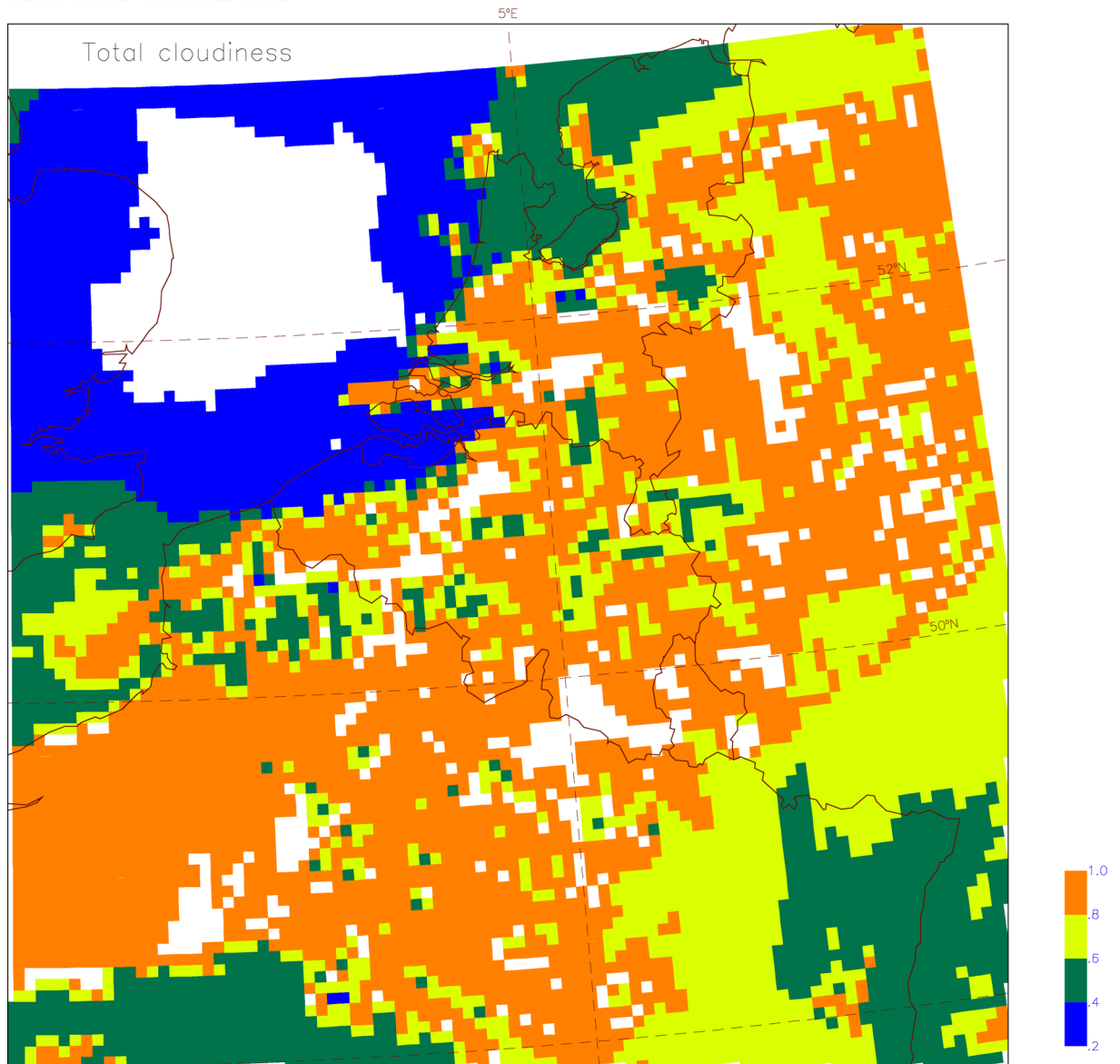
Aladin Belgium [1200] Wednesday 5 September 2001 12z Forecast t+ 24 VT: Thursday 6 September 2001 12z  
 Surface: 3 h Precipit. MSLP (hPa), T2M (°C), Td2M (°C), 10m Wind



Figuur 7. Geaccumuleerde neerslag over 3 uur.

Een Figuur 8 geeft de 24 uur voorspelling van de totale bewolking uitgedrukt in procent, volgens het kleurenpalet in de legende.

Atadin Belgium [1200] Wednesday 5 September 2001 12z Forecast t+ 24 VT: Thursday 6 September 2001 12z  
Instantaneous Cloudiness fields

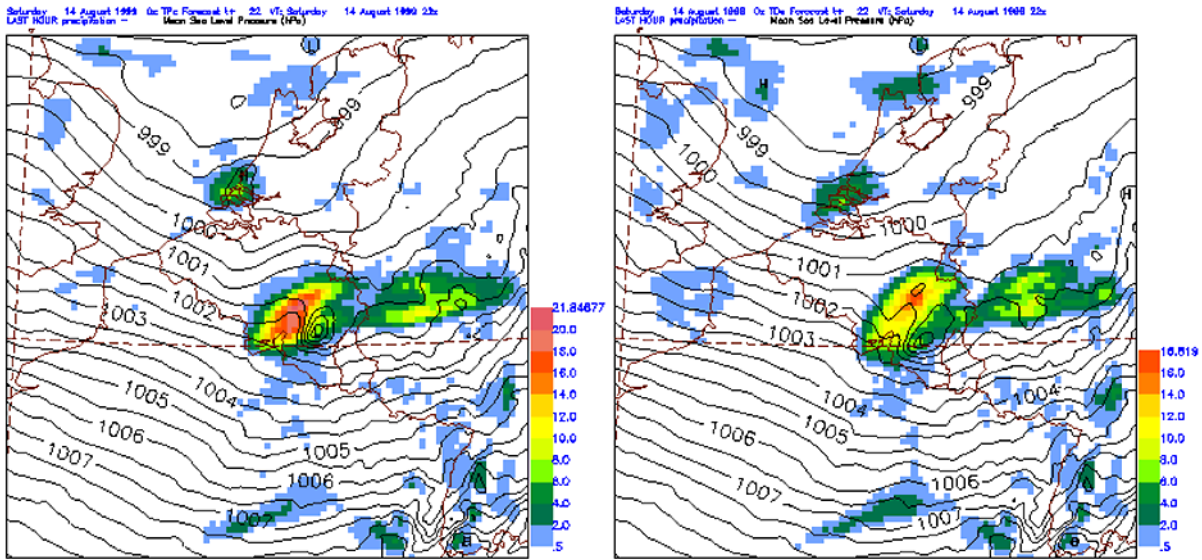


Figuur 8. Totale bewolking op een schaal van 0 tot 1 (volledig bewolkt).

### 1.1.2.2 Fysische processen

Wat betreft fysische aspecten en de representatie van sub-mazige fenomenen, kunnen we vermelden:

- een prognostische benadering van diepe convectie werd getest en geeft een verbeterde beschrijving van de fenomenen. Voor gebruik in het operationele model moet de behandeling van microfysica grondig herschikt worden. Dat werk is momenteel lopende.



Figuur 9. Evolutie en uitdieping van een storm boven het oosten van België, nieuw prognostisch schema voor diepe convectie (links) versus diagnostisch schema (rechts).

- Het onderzoek omtrent de behandeling van sub-mazige orografische effecten is verdergezet
- Een postdoctorale onderzoeker heeft in november onderzoek aangevat voor de prognostische behandeling van turbulentie. Dit moet leiden tot een betere representatie van de grenslaag en in het bijzonder de dagelijkse gang.

### 1.1.2.3 Koppeling en initialisatie

De volledige assimilatiecyclus CANARI is afgewerkt. Die cyclus omhelst de extractie van synoptische oppervlaktegegevens, de conversie van die gegevens naar binaire bestanden en de CANARI analyse met optimale interpolatie. De eerste schatting wordt geleverd door een kortetermijnvoorspelling van ALADIN. Het doel van de assimilatie is een zo getrouw en coherent mogelijke representatie te bekomen van de toestand van de atmosfeer, die vervolgens dient als begintoestand voor de voorspelling van ALADIN/België. De cyclus is gedurende 3 weken getest voor de maand mei 2001. De zeer bemoedigende resultaten tonen een lichte verbetering in de scores van temperatuur op 2 meter, luchtdruk en windrichting in de eerste 12 uren van de voorspelling.

Vanaf juli is werk gemaakt van de migratie van het operationele ALADIN model naar het nieuwe rekenplatform SGI Origin 3400.

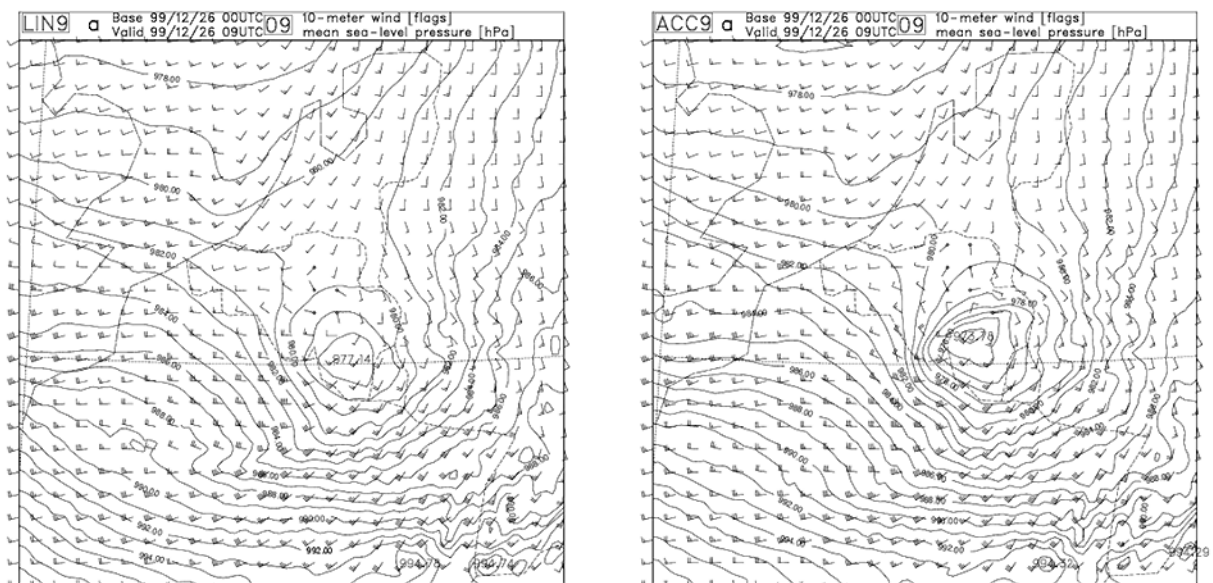
De parameters voor compilatie en uitvoering van ALADIN zijn geoptimaliseerd, waardoor een ALADIN voorspelling van 48 uur nu op 16 processors kan lopen in minder dan 20 minuten. Dat is een verbetering met een factor 2 vergeleken met de vroegere installatie.

Bij twee vergelijkende tests met de operationele cyclus op CRAY werden slechts minimale verschillen geobserveerd (van de orde 0.1 m/s voor

windsnelheid, 1 °C voor temperatuur op 2 meter, 1% voor luchtvochtigheid).

Tijdens die validatiestests werden we geconfronteerd met verschillende problemen in het commerciële softwarepakket PBS-PRO voor queue-beheer. Die problemen zijn gecorrigeerd door SGI en lijken nu volledig van de baan.

Naast de migratie van de operationele cyclus, werd tijdens een verblijf van 5 weken bij Météo-France een vergelijkende studie gemaakt van de impact van nieuwe vegetatie- en bodemgegevensbanken met zeer hoge resolutie op de voorspellingen. Deze moeten dienen voor het opstellen van de fysiografische bestanden gebruikt in ALADIN. De resultaten worden nog verder geanalyseerd.



Figuur 10. Vergelijking tussen een voorspelling van de Kerststorm van 1999 door de operationele versie van ALADIN (links) met een voorspelling waarbij de grootschalige velden zijn geïnterpoleerd met de versnellingscorrectie (rechts). We zien een verbetering van 3 hPa.

## 1.1.3 Bekomen resultaten en kwaliteitscontrole

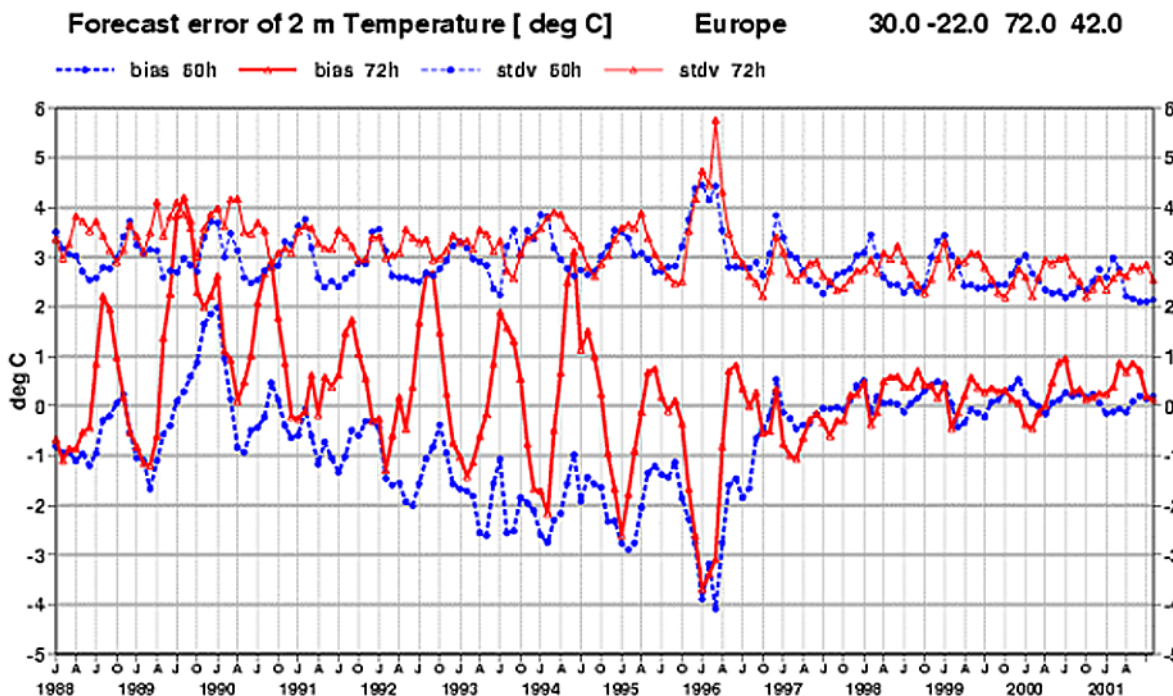
### 1.1.3.1 Controle van het ECMWF model

- Boven Europa, bevestiging van de toename van het aantal zeer goede voorspellingen en de afname in de winter van het aantal minder goede.
- Gedurende het jaar 2001 heeft het model van het ECMWF de verbetering bevestigd van de voorspellingen van de nachttemperaturen op 2 meter, evenals de positieve weerslag van het oppervlakte-parametrisatieschema.
- Een afname van de fouten op de voorspelling van de totale bewolking.





- De overgang naar het hogeresolutiemodel T511 heeft eveneens een positieve weerslag gehad op de neerslagvoorspellingen.



Figuur 11. Voorspellingsfouten op de 2 meter temperaturen (De onderste kurven stellen de bias voor, de andere de standaard deviatie).

Vanaf 1997 is de kwaliteit van de voorspellingen van de temperatuur op 2 meter sterk verbeterd (Figuur 11). Het rekening houden met het bevriezen van het water in de grond en de reflectie van zonnestraling door sneeuw hebben een duidelijke afname teweeggebracht van de onderschatting van de voorspelde 2 meter temperaturen in de winter.

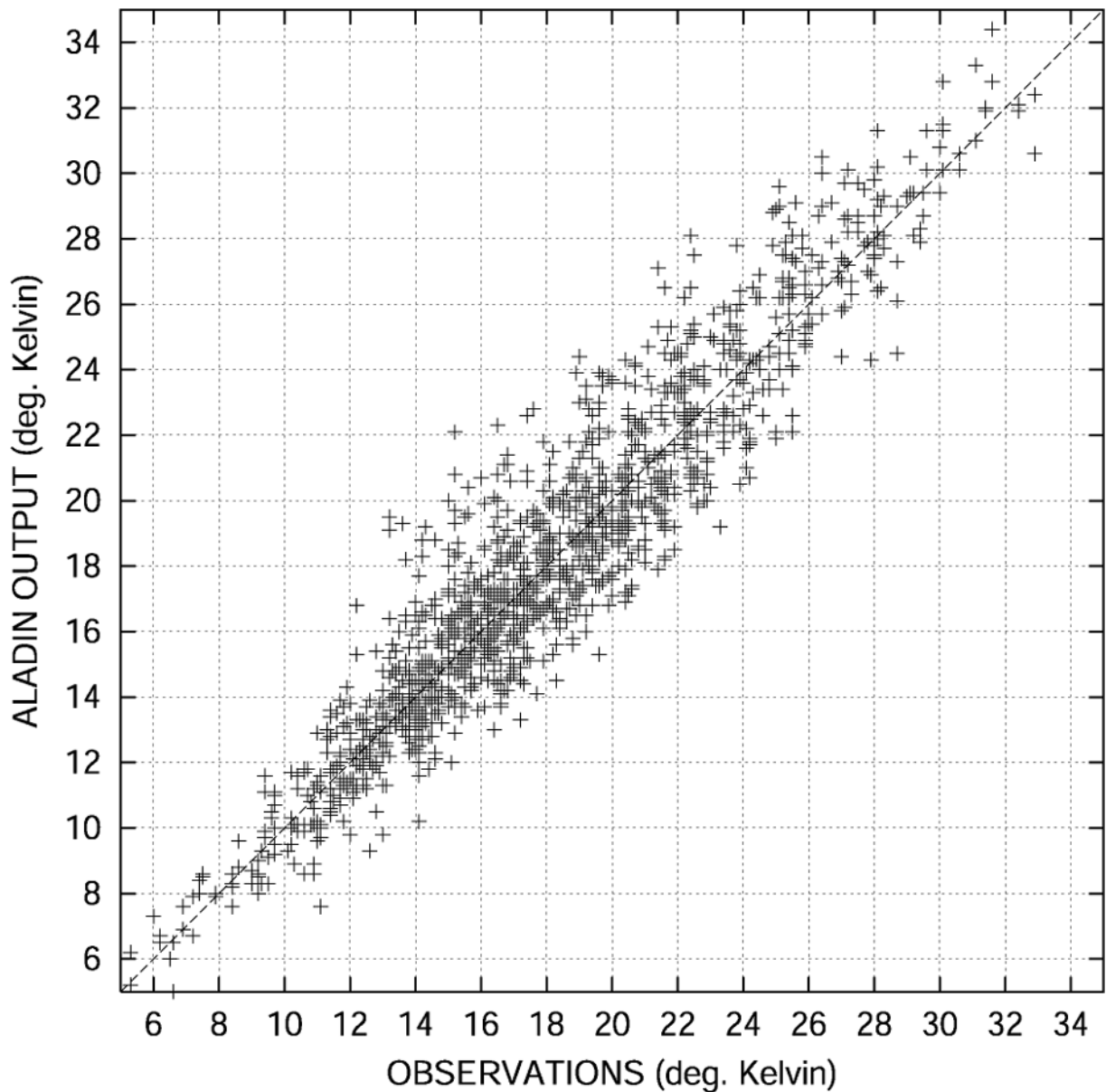
### 1.1.3.2 Controle van het ALADIN model

Op het operationele vlak is het model ALADIN routinematig gebruikt door de voorspellers voor het opstellen van hun algemene voorspellingen. De verificatie van de output van het operationele model is voortgezet zoals in 2000. Aangezien er het afgelopen jaar geen nieuwe versie van het model werd ingevoerd, is er zoals kon worden verwacht, geen significant verschil in de resultaten (zie scatterplot van de 2 meter temperaturen te Ukkel gedurende de zomermaanden) (Figuur 12).

Bovendien werden in het kader van een partnerschap met privémaatschappijen (bijvoorbeeld Sidmar) en regionale openbare instellingen (BIM-IBGE) nieuwe toepassingen getest, en soms zelfs operationeel in gebruik genomen. De modeloutput voor de hoogtewinden werd aangewend voor de veiligheid bij het gebruik van grote hijskranen. Een haalbaarheidsstudie voor de voorspelling van ongunstige omstandigheden voor de dispersie van luchtverontreiniging in het Brusselse Gewest heeft geleid tot optimistische vooruitzichten aangaande het overgaan op korte

termijn naar een operationele fase. Als indicatie kan vastgesteld worden dat de waarschuwingen gebaseerd op het model (getest door het departement Onderzoek tijdens een quasi-operationele fase) precies overeenkwamen met de perioden waarin de Europese normen voor luchtvervuiling werkelijk overschreden werden boven Brussel.

### T2M ALADIN VS. OBSERVATIONS UKKEL: Jun,Jul,Aug 2001



Figuur 12. Scatterplot van voorspelde en waargenomen temperaturen op 2 meter.



## 1.2 Uitbreiding en toepassing van de kennis over het klimaat

### 1.2.1 Standpunt van de Directieraad van het KMI inzake het probleem van klimaatveranderingen

De mogelijkheid van een menselijke invloed op klimaatveranderingen is een onderwerp dat niet enkel wetenschappers maar ook beleidsmakers en het grote publiek bezighoudt. De grond van het probleem is genoegzaam bekend: zogenaamde broeikasgassen in de atmosfeer, waaronder voornamelijk waterdamp en koolstofdioxide, laten het invallende zonlicht ongehinderd door maar absorberen de warmtestraling (infrarode straling) die uitgezonden wordt door de aarde. Een concentratietoename van sommige van die gassen in de atmosfeer (onder andere door het toenemende verbruik van fossiele brandstoffen waardoor meer koolstofdioxide vrijkomt) zou daarom kunnen leiden tot een verhoging van de temperatuur op aarde. De centrale vraag hierbij is in welke mate dit effect belangrijk is ten opzichte van natuurlijke invloeden zoals vulkaanuitbarstingen en veranderingen in de intensiteit van het zonlicht dat de aarde bereikt.

De informatie die over dit probleem tot de media doordringt, is in belangrijke mate afkomstig van het Intergouvernamenteel Panel inzake Klimaatverandering (IPCC), dat in 1988 opgericht werd door de Meteorologische Wereldorganisatie (WMO) en het Milieuprogramma van de Verenigde Naties (UNEP). Het derde rapport van het IPCC met de wetenschappelijke stand van zaken in verband met klimaatveranderingen is sinds kort beschikbaar. Hierin komt men, in lijn met vroegere rapporten van het IPCC, onder andere tot de conclusie dat tijdens de 20ste eeuw de gemiddelde temperatuur op aarde met  $0,6 \pm 0,2^\circ\text{C}$  gestegen zou zijn. Binnen de onzekerheidsgrenzen klopt dit met de analyse van de temperatuurreksen van het KMI.

Het uitgebreide wetenschappelijke rapport van het IPCC is ongetwijfeld een nuttig en informatief document. Daarnaast bestaat er ook een syntheserapport dat door beleidsmakers en de media veel meer gebruikt wordt als bron van informatie. Bij het opstellen ervan werden evenwel niet dezelfde rigoureuze procedures voor beoordeling door onafhankelijke wetenschappers gehanteerd als bij publicaties in wetenschappelijke tijdschriften. Het hoeft dan ook niet te verbazen dat het syntheserapport door verscheidene wetenschappers (waaronder een van de hoofdauteurs van het wetenschappelijke rapport van het IPCC) bekritiseerd wordt, onder andere omdat het onvoldoende de onzekerheden reflecteert die tot uiting komen in het wetenschappelijke rapport. Zo wordt in dit syntheserapport gesteld dat het grootste gedeelte van de opwarming over de laatste 50 jaren "waarschijnlijk" te wijten is aan een toename van de concentraties van broeikasgassen. Deze stelling kan niet verzoend worden met de onzekerheden die inherent zijn aan de huidige klimaatmodellen.

Die onzekerheden hangen samen met de enorme complexiteit van het systeem aarde - atmosfeer waarin diverse soorten terugkoppelingen plaatsgrijpen. Als voorbeeld kunnen we de wisselwerking vermelden tussen wolkenlagen en straling. Geen enkel bestaand klimaatmodel is bij machte om alle aspecten van deze terugkoppeling op een bevredigende manier te beschrijven. Dit effect alleen al leidt tot aanzienlijke onzekerheden in de



modelberekeningen van het effect van broeikasgassen op de temperatuur op aarde. Door de inhoud van het syntheserapport kan men evenwel de indruk krijgen dat de voornaamste conclusies inzake de menselijke invloed op klimaatveranderingen reeds vastliggen. Het is daarom niet verwonderlijk dat in de media regelmatig alarmerende berichten inzake het klimaat opduiken. Zo wordt bij schadelijke weersomstandigheden zoals overstromingen of stormen dikwijls onterecht verwezen naar klimaatveranderingen als mogelijke oorzaak en wordt dit voorgesteld als een voorbode van nog groter onheil.

Daarnaast zijn er ook studies aan de gang omtrent de mogelijke invloed van externe (buitenaardse) factoren op klimaatveranderingen. Vermelden we onder andere de langjarige variatie van de energieflex van de zon of de flux van kosmische stralen die de atmosfeer binnendringt.

In de rapporten van het IPCC worden ook scenario's gepubliceerd van onder andere het verloop van de temperatuur op aarde en het zeeniveau voor de komende 100 jaren. Bij de berekening van deze scenario's komt bovenop de voornoemde onzekerheden in klimaatmodellen ook nog het feit dat we totaal geen idee hebben van hoe binnen 100 jaren de energiebehoeften van de mensheid er zullen uitzien en welke nieuwe technologieën voor energievoorziening er dan zullen bestaan. Deze scenario's hebben bijgevolg slechts een geringe wetenschappelijke waarde. Toch gebeurt het regelmatig dat de meest dramatische scenario's van het IPCC - die temperatuurstijgingen aangeven van meer dan 5°C - voorgesteld worden als realistische voorspellingen van wat de mensheid in de 21ste eeuw te wachten staat. Het alarmeren van beleidsmakers en het grote publiek op dergelijke manier is een zeer kortzichtige strategie die uiteindelijk nefast is voor de geloofwaardigheid van ernstige klimaatstudies.

Het KMI is van oordeel dat het belangrijk is om te wijzen op de nog steeds bestaande aanzienlijke onzekerheden in klimaatmodellen, teneinde het debat in zijn juiste context te plaatsen. Daarnaast wil het KMI ook de nadruk leggen op andere benaderingen, zoals de toepassing van de zogenaamde chaostheorie. Klimaatmodellen zijn deterministisch, wat betekent dat geen rekening gehouden wordt met de onophoudelijke en subtiele fluctuaties die zich in de atmosfeer afspelen. Deze fluctuaties hebben tot gevolg dat de atmosfeer een uitgesproken chaotisch karakter vertoont. Een essentieel kenmerk van dergelijke systemen is dat de evolutie ervan zeer gevoelig is aan de begincondities: kleine (niet-meetbare) variaties van de begincondities in de atmosfeer kunnen verschillende onvoorspelbare eindresultaten opleveren.

Toegepast op het probleem van klimaatveranderingen heeft de chaostheorie tot belangrijk gevolg dat het klimaat zonder aanwijsbare reden kan overgaan van een bepaalde evenwichtstoestand naar een andere in een relatief korte periode van enkele jaren. Een goed voorbeeld hiervan is de evolutie van de neerslag in het Sahelgebied tijdens de laatste decennia. Ook de waarnemingsreeksen van het KMI (inzonderheid de temperatuurmetingen) geven aanwijzingen voor dit gedrag. Het KMI is daarom van oordeel dat een betekenisvolle vooruitgang van onze kennis omtrent klimaatveranderingen enkel mogelijk is door zowel de deterministische benadering als de chaostheorie in aanmerking te nemen.

Rekening houdend met het feit dat betrouwbare meetreeksen van meteorologische variabelen de basis vormen voor studies van het klimaat, heeft het KMI steeds veel belang gehecht aan de kwaliteit van zijn meetreeksen. Deze meetreeksen, waarvan sommige reeds meer dan 150 jaar



lang zijn, worden voortdurend opgevolgd om de homogeniteit ervan te verzekeren. Het KMI werkt in een internationale context ook mee aan de reconstructie van het klimaat in onze streken over de laatste 200 tot 300 jaren, op basis van oude klimatologische waarnemingen. Aan de hand van al deze tijdreeksen worden in het bijzonder studies verricht inzake de neerslag. Hieruit blijkt dat over de volledige lengte van onze meetreeksen zowel de gemiddelde neerslaghoeveelheden als extreme neerslagintensiteiten geen noemenswaardige verandering vertonen. Naast meteorologische meetreeksen beschikt het KMI over unieke tijdreeksen van andere veranderlijken die van belang zijn bij de studie van het klimaat, zoals de intensiteit van de zonnestraling die de top van de atmosfeer bereikt en de hoeveelheid ozon in de hogere luchtlagen.

Alle onzekerheden in verband met klimaatveranderingen sluiten uiteraard de mogelijkheid niet uit van een opwarming van de aarde door menselijke invloeden. Het KMI is van oordeel dat bij de beoordeling van deze problematiek het voorzorgsprincipe moet gehanteerd worden waarbij men uitgaat van realistische doelstellingen voor een rationeler energiebeheer. Het terugdringen van het verbruik van fossiele brandstoffen vermindert op lange termijn het risico van nefaste gevolgen van klimaatveranderingen. Het voorzorgsprincipe betekent in het geval van klimaatveranderingen overigens geen rem op de ontwikkeling van de wetenschap, maar kan daarentegen een stimulans betekenen voor de ontwikkeling van nieuwe technieken voor energievoorziening waaronder hernieuwbare energie.

### 1.2.2 De hydrologische risico's

Het project "Geïntegreerde modellering van de hydrologische cyclus in een context van klimaatveranderingen" in het kader van het Programma "Global Change en Duurzame Ontwikkeling" van de DWTC heeft zich dit jaar verder gezet in de Afdeling "Risico Analyse en Duurzaamheid".

Het objectief bestaat erin van drie hydrologische modellen te vergelijken en de hydrologische impact van de scenario's van klimaatveranderingen te bestuderen gesimuleerd door deze drie modellen. Het klassieke conceptueel hydrologisch IRMB- (Integrated Rainfall runoff Model Bultot) model werd toegepast op de stroombekkens van de Gete en de Oostelijke Ourthe. Er werd aangetoond dat het conceptuele IRMB-model toelaat van de debieten te simuleren met een nauwkeurigheid die gelijk is aan deze van meer gedetailleerde modellen.

Het objectief van het tweede luik bestaat uit de studie van de impact van klimaatveranderingen op de hydrologische cyclus van grote Belgische stroombekkens. Het SCHEME-model (staat voor Schelde en Maas) is de adaptatie van het IRMB-model voor een voorstelling op een rooster met een maas van 50 km<sup>2</sup>. Het model SCHEME werd toegepast op het bekken van de Maas in België en Frankrijk (ongeveer 20.000 km<sup>2</sup>) en op belangrijke deelbekkens. De toepassing van het model op de Schelde werd dit jaar gestart.

Het project "Data Assimilation within an Unifying Modeling Framework for Improved River Basin Water Resources Management (DAUFIN)" wordt gefinancierd door het Vijfde Kaderprogramma van de Europese Unie (FP5), 2000-2001. Dit project startte met een pilootproject waarvan de beide objectieven zijn van een hydrologisch model te testen dat gebaseerd is op het concept van representatief elementair stroombekken (REW) en van het

belang van methodologieën van data assimilatie in de hydrologische modellering te evalueren. De assimilatie van de evapotranspiratie geschat op basis van Meteosat gegevens in het SCHEME-model werd getest en geëvalueerd.

Een ander project bestaat erin van de IDF (Intensiteit-Duur-Frequentie) krommen van de neerslag te berekenen op basis van de 10-minuten neerslaggegevens afkomstig van de pluviografen en van de dagelijkse neerslagsommen afkomstig van de pluviometers voor de hydrometeorologische stations uit het Belgische meetnet. In het bijzonder, de IDF relatie werd bepaald op basis van de meer dan honderdjarige 10-minuten neerslagreeks beschikbaar te Ukkel voor de referentieperiode 1898-1999. De schatting van de modelparameters gebeurde door middel van recente en robuuste technieken. Tevens werden nieuwe types van IDF krommen ontwikkeld waarbij meer belang werd gehecht aan hun fysieke betekenis.

### 1.2.3 Schatting van evapotranspiratie boven Europa

Het project SAF-Land beoogt de exploitatie van gegevens afkomstig van Tweede Generatie Meteosat Satellieten (MSG = "Meteosat Second Generation"), om er verschillende oppervlakteparameters uit af te leiden zoals stralingstemperatuur, albedo, vegetatiekarakteristieken, bodemvochtigheid enz. De groep in de afdeling "Hydrometeorologische modellering" houdt zich specifiek bezig met evapotranspiratie. Ze heeft als missie een algoritme op punt te stellen dat op een operationele wijze evapotranspiratie boven Europa kan bepalen via teledetectie.

In de loop van het jaar 2001 werd dat algoritme volledig gedefinieerd en geïmplementeerd. In het algoritme wordt een SVAT model (Soil-Vegetation-Atmosphere Transfer), dat de energie-uitwisselingen beschrijft tussen het aardoppervlak en de atmosfeer, aangepast om satellietgegevens te gebruiken. Die satellietgegevens zijn op zich onvoldoende om het model te aan te drijven; ze moeten worden aangevuld met meteorologische oppervlakte-observaties, resultaten van numerische voorspellingen en gegevens over het bodemtype en de vegetatie. Het gebruikte model is grotendeels geïnspireerd op de SVAT "TESSEL" van het numerische voorspellingsmodel van het Europees Centrum (ECMWF).

De eerste tests met metingen van het meteorologische station van Cabauw tonen een heel goede overeenkomst tussen de gemeten evapotranspiratie en die bepaald door het algoritme. Een vereenvoudigd SVAT "TESSEL" model geeft eveneens bemoedigende resultaten, maar sommige aspecten van de methode moeten nog verbeterd worden.

Aangezien evapotranspiratie en bodemvochtigheid twee fysisch gelieerde grootheden zijn, werd eveneens een nauwere samenwerking opgezet tussen de groep van het KMI en de cel verantwoordelijk voor bodemvochtigheid van het Meteorologisch Instituut van de Universiteit van Bonn.

### 1.2.4 Ozon-budget

Uit een vergelijking tussen gemeten en gemodeliseerde UV-indexen voor heldere hemel (De Backer et al., 2001) in het kader van de actie COST 713

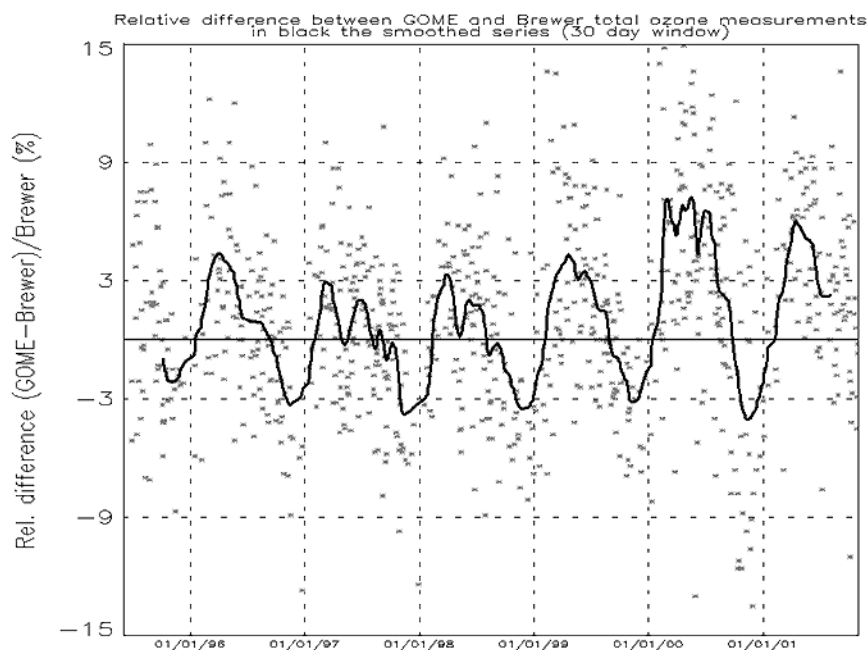


bleek dat de modellen over het algemeen een lichte overschatting van de index geven tov de meetresultaten. Een deel van deze afwijkingen is mogelijk te wijten aan onvoldoende kennis van de inputparameters.

Het KMI neemt actief deel aan de OZON SAF van EUMETSAT. Een studie in dit kader, de vergelijking tussen ozonprofielen, bekomen te Ukkel met ozonsondes en profielen uit satelietwaarnemingen werd afgerond met een publicatie (Lemoine and De Backer, 2001). Deze studie toonde het succes aan van de homogenisatie van de tijdreeks van de peilingen te Ukkel, in het bijzonder het elimineren van de instrumentele effecten bij verandering van type van ozonsensor in 1997.

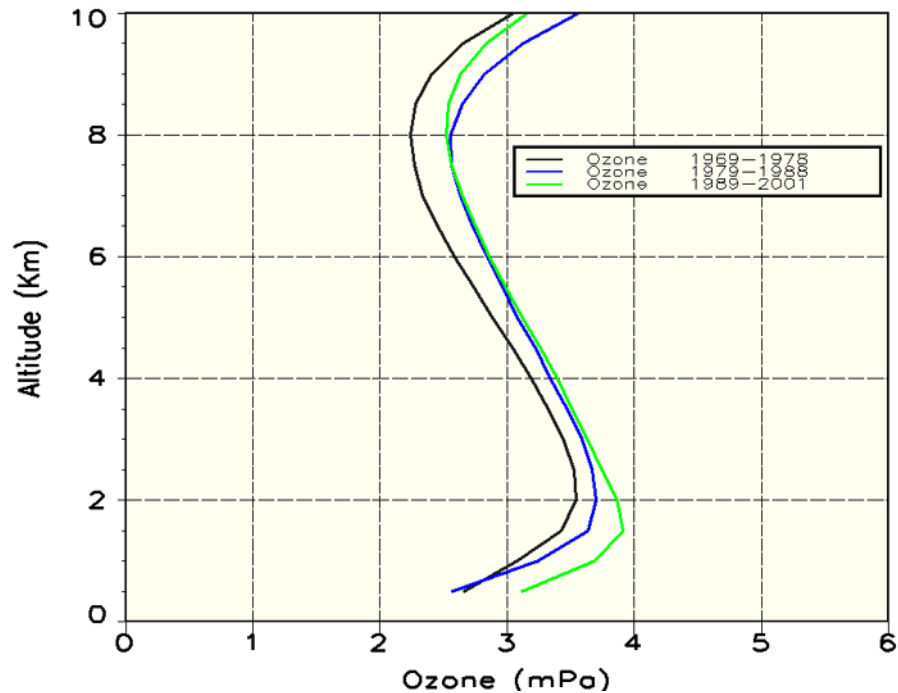
In het kader van de Ozon SAF zijn de zogenaamde prototyping activiteiten begonnen. Dit omvat meer in het bijzonder de validatie van ozonprofielen gemeten door GOME. In de maand mei werd door de Ozon SAF in samenwerking met EUMETSAT een workshop georganiseerd in Halikdiki (Griekenland) om de wetenschappelijke gemeenschap te informeren over de activiteiten van de Ozon SAF. Ten slotte werd de voorbereidingsprocedure voor de extensie fase van de Ozon SAF na 2002 aangevat. Een eerste versie hiervan werd op het einde van 2001 ingediend bij de "Steering group".

Ook aan de validatie van ozondata van ENVISAT (lancering in 2002) neemt het KMI deel. Ter voorbereiding werd een validatiestudie aangevat voor de GOME ozonkolomdata met de Brewer ozonkolommetingen van Ukkel. Hierbij werd rekening gehouden met verschillende mogelijke invloeden (verschil in geometrie van de waarneming, ozonkolom, afwijkingen in a priori veronderstellingen tijdens de data reductie, etc). Deze studie toonde een seizoensafhankelijkheid aan van de verschillen tussen de correlatieve GOME en Brewer-metingen te Ukkel (zie Figuur 13).



Figuur 13. Relatieve verschillen tussen GOME en Brewer ozonkolommetingen. De zwarte lijn geeft het 30 dagen lopende gemiddelde.

In het kader van TOR-2 werden trend-analyses uitgevoerd op de ozonpeilingen in de troposfeer. Als voornaamste resultaat kan vermeld worden dat de grootste toename in de vrije troposfeer optreedt in de jaren 1970-1980, terwijl in de grenslaag de belangrijkste trends gevonden worden na 1980 (Figuur 14).



Figuur 14. Verticale verdeling van ozon in de troposfeer in 3 verschillende perioden.

Er werd ook een trendanalyse in functie van de windrichting uitgevoerd maar hieruit konden nog geen definitieve besluiten getrokken worden vanwege de mogelijke correlatie met veranderingen in het gemiddelde windveld gedurende de beschouwde periode. Betere resultaten worden verwacht met traject-analyses.

Een derde luik van het onderzoek in het kader van TOR-2 behandelt de seizoenscycli. Uit eerste resultaten blijkt dat er in bijna de gehele troposfeer een lente en een zomermaximum optreedt, maar dat in de hogere lagen dit maximum vroeger op het jaar verschijnt dan dicht bij de grond.

In het kader van ESAC-II (Experimental Study of Atmospheric Changes) werd begonnen met het opstellen van een algoritme voor het afleiden van aerosol optische diepte in het UV uit de tijdreeks van de Brewer ozonkolommetingen.

### 1.2.5 Zonneconstante en energiebalans

De aarde ontvangt energie van de zonnestraling en verliest energie door haar eigen uitstraling. Het verschil tussen de geabsorbeerde zonnestraling en de uitgezonden thermische straling is verantwoordelijk voor de globale opwarming of afkoeling van de aarde.



Het KMI is betrokken in de meting van deze stralingsbalans, enerzijds door de metingen van de "zonneconstante" (stralingsenergieflux per eenheid oppervlakte op de gemiddelde afstand aarde-zon) en anderzijds door de metingen van de straling die de aarde verlaat.

De metingen van de zonneconstante op het KMI startten in 1983 aan bord van SPACELAB-1. Sindsdien hebben absolute radiometers - ontworpen, ontwikkeld en gebouwd op het KMI - deelgenomen en zullen actief deelnemen aan de waarneming van de zonneconstante. Dit gebeurt zowel door lange termijnswaarnemingen vanop satellieten, als door korte termijnsruimteveervluchten voor ijkingsdoeleinden. Ons instrument "SOLCON" is een referentie voor de bepaling van de veroudering van instrumenten die continu meten vanuit de ruimte.

In 2001, lagen een deel van de activiteiten verbonden aan de zonneconstante op het vlak van gegevensverwerking, in het bijzonder de gegevens bekomen door het DIARAD (Differential Absolute Radiometer) instrument dat deel uitmaakt van het VIRGO (Variability of Solar Irradiance and Gravity Oscillations) experiment aan bord van de SOHO (Solar and Heliospheric Observatory) satelliet. We hebben ook actief de ruimteveervlucht STS-107 van SOLCON, gepland voor juli 2002, voorbereid. Twee nieuwe instrumenten worden gebouwd en gekarakteriseerd: SOVIM voor installatie aan boord van het internationale ruimtestation en SOVAP aan boord van de Franse micro-satelliet PICARD. De PICARD zending heeft een bijzonder belang voor studies van de klimaatsverandering op aarde, want er zullen simultaan metingen gemaakt worden van de variaties van de diameter van de zon en van de uitgezonden zonnestraling. Zo kan er een correlatie opgesteld worden tussen beide variaties, die dan gecombineerd kan worden met deprecieze metingen die de Franse astronoom Picard maakte van de diameter van de zon in de tijd van Lodewijk XIV. Deze metingen moeten toelaten de metingen van de zonneconstante in de tijd terugwaarts uit te breiden tot de tijd van Lodewijk XIV. In die tijd viel het Maunder minimum van de zon samen met een koude periode op aarde.

Het KMI is verantwoordelijk voor een deel van de gegevensverwerking van het GERB (Geostationary Earth Radiation Budget) instrument aan boord van de toekomstige satellieten MSG (Meteosat Second Generation). Vanuit de GERB metingen zullen de stralingsfluxen aan de top van de atmosfeer van de aarde berekend worden en in quasi reële tijd ter beschikking gesteld worden van eindgebruikers. Het KMI neemt ook deel aan de ontwikkeling van de SAF (Satellite Application Facility) voor klimaatsmonitoring (EUMETSAT) door de bepaling van homogene tijdseries van de stralingsfluxen aan de top van de atmosfeer vanuit de metingen van de verschillende beschikbare instrumenten (GERB, CERES, ScaRaB). Door de vertraging van de lancering van de eerste MSG satelliet, werd het jaar 2001 besteed aan de verbetering van de algoritmen en gegevensmanipulatiesystemen voor de GERB gegevens. Experimentele producten werden routinematig geproduceerd op basis van METEOSAT 7 gegevens en ter beschikking gesteld van gebruikers zoals het DWD of het MetOffice.

### **1.2.6 Paleomagnetisme en klimaat**

Sommige gesteentemagnetische parameters van Loess-bodem sekwenties, die tot de beste natuurlijke archieven van het paleoklimaat op het continent behoren voor de Kwartaire periode, blijken indicatoren van het klimaat te

zijn. Bodems ontwikkeld in vochtige en warme omstandigheden vertonen sterk magnetische eigenschappen vergeleken met loess afgezet in een droog en koud klimaat. De afdeling Omgevingsmagnetisme onderzoekt in welke mate deze magnetische eigenschappen afhankelijk zijn van het klimaat. Inlichtingen omtrent de afzettingsvoorwaarden van loess in China en Europa werden bekomen op basis van hun textuur, in beeld gebracht door meting van de richtingsafhankelijkheid van hun magnetische eigenschappen. Dit onderzoek zal verder gezet worden in het kader van het project IRM-01-03: De getrouwbaarheid en palaeomagnetische betekenis van palaeomagnetische en gesteentemagnetische registraties in continentale afzettingen.

In 2001 zette de afdeling "Omgevingsmagnetisme" haar strategie verder van stalenname van verbrande en gebakken structuren in Belgische archeologische sites. Georiënteerde stalen voor een archeomagnetisch onderzoek werden genomen in samenwerking met de "Services de l'Archéologie Wallonne du Ministère de la Région Wallonne" en "Archéologie Jeunesse", in ovens en haarden van de Romeinse periode tot en met de XVIe eeuw, in zeven archeologische sites. Deze tussenkomsten zullen verder gezet worden in het kader van het project ATN2-2001-00254 "Archaeomagnetic Applications for the Rescue of Cultural Heritage".





## 2 *Niet-lineair gedrag van de atmosfeer*

---

De atmosfeer en het klimaat worden bepaald door strikt deterministische evolutiewetten afkomstig uit de vloeistofmechanica, scheikunde en thermodynamica. Niettemin vertoont hun evolutie een duidelijk willekeurig karakter, wat zich vertaalt in de algemeen gekende moeilijkheid om betrouwbare lange termijnvoorspellingen te maken. Het onderzoek uitgeoefend binnen de afdeling 4 "Dynamische meteorologie en klimatologie" heeft als doel de oorzaken van deze complexiteit te identificeren, ze op een kwantitatieve manier te karakteriseren en de uitwerking van strategieën voor de modellering, gegevensverwerking en voorspelling waarbij rechtstreeks uitgegaan wordt van dit essentiële fenomeen. Om deze uitdaging aan te gaan, doen de onderzoekers verbonden aan deze afdeling een beroep op technieken van de wetenschap van het niet-lineaire en op de chaos- en de waarschijnlijkheidstheorie. In deze context had het onderzoek uitgevoerd binnen de afdeling betrekking tot drie hoofdthema's:

- de modellering van elektrische ontladingen in de atmosfeer
- de statistische eigenschappen van herhaling en extreme waarden van intermitterende dynamisch systemen
- de dynamische, statistische en voorspellende eigenschappen van gestileerde atmosferische circulatie modellen en van operationele globale of met variabele maas voorspellingsmodellen.

De specifieke aangesneden problemen en de bekomen resultaten worden hierna beschreven.

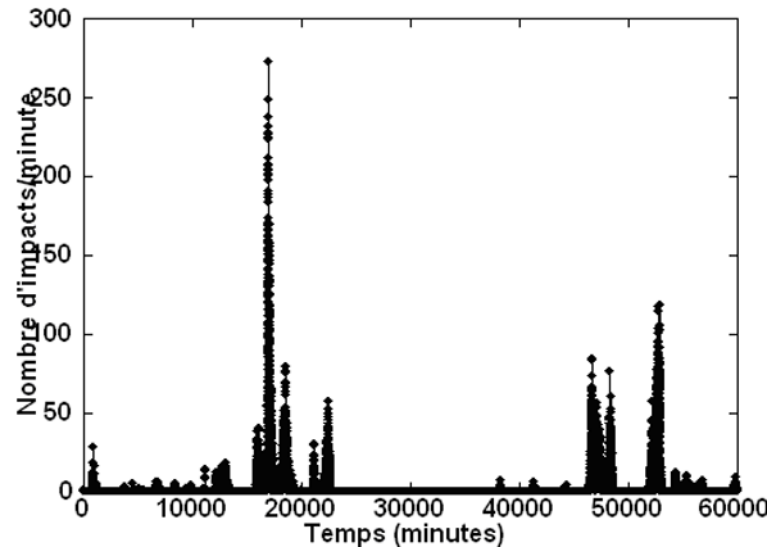
### 2.1 **Modellering van elektrische ontladingen in de atmosfeer**

Elektrische ladingen binnen een wolk of tussen een wolk en de aarde behoren tot de spectaculairste natuurlijke fenomenen. Ze beïnvloeden zowel fundamentele fysische processen, zoals het elektrisch budget van het aardoppervlak, als socio-economische factoren zoals de veiligheid van het luchtverkeer of de vernietiging van privé-eigendom.

De betrouwbare voorspelling van elektrische ontladingen wordt bemoeilijkt door hun grote dispersie zowel in de tijd als in de ruimte. Dit reflecteert zich bijvoorbeeld in de variabiliteit van het aantal inslagen op de grond per minuut op het volledige Belgische grondgebied (Fig. 1). Het voornaamste objectief van het onderzoek in dit domein is het begrijpen van de mechanismen die aan de basis liggen van deze dispersie en het evalueren van perspectieven voor alternatieve voorspellingsmethoden, zoals methoden van statistische aard. Twee benaderingen worden beschouwd: de modellering op

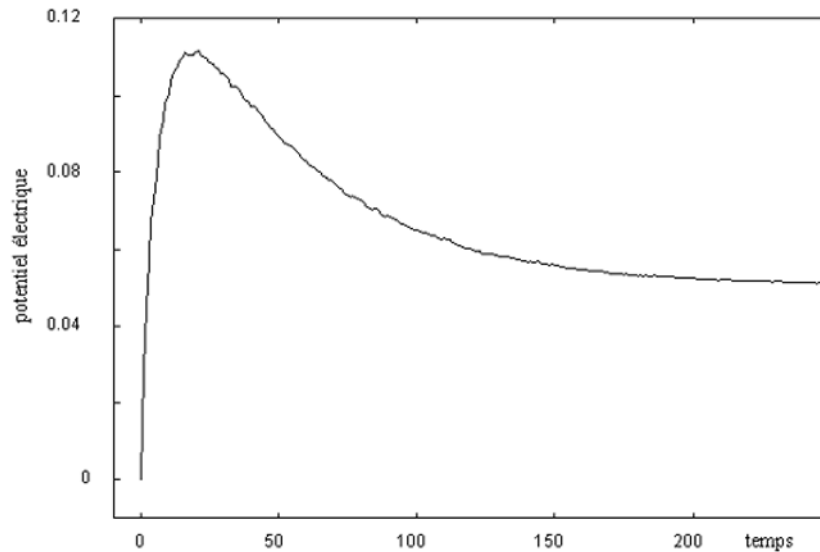


kleine schaal (mesoscopisch niveau) van de eerste stappen van het elektrificatieproces; en de modellering van een golffront geassocieerd aan een goed ontwikkelde ontlading die in staat is om, in het bijzonder, de vernauwing van het front en de vezelige structuur die eruit voortvloeit evenals haar bovenvermelde ruimtelijke variabiliteit te reproduceren.



Figuur 15. Variatie van het aantal inslagen op de grond per minuut over het Belgische grondgebied (mei 1997).

De vooruitgang verwezenlijkt in de loop van het vorige jaar situeerde zich vooral op het niveau van de eerste benadering. Een familie van modellen, bestaande uit neutrale deeltjes van verschillende grootte of geladen deeltjes inhouden die een willekeurige beweging uitvoeren op een netwerk met één of twee dimensies (waarvan één volgens de verticale) en elastische of reactieve botsingen ondergaan wanneer zij elkaar ontmoeten op een zelfde plaats. Daarenboven wordt de beweging van massieve deeltjes beïnvloed door inwerking van de zwaartekracht en deze van lichte deeltjes door de actie van de advectieve en convectieve bewegingen die in de wolk bestaan (waarvan een verticale sectie gemodelleerd wordt door het netwerk in kwestie). Door gebruik te maken van methoden van de waarschijnlijkheidstheorie zoals de theorie van eindige Markov-ketens en van Monte-Carlo simulatietechnieken hebben we de karakteristieke tijd van een elektrificatieproces (scheiding der ladingen) in functie van de grootte van het netwerk kunnen evalueren. De volledige kinetica van de elektrificatie werd eveneens afgeleid (cf. Figure 16). Zij toont het bestaan van een uitgesproken transitoire piek van het elektrisch potentieel, wel voordat het saturatieregime bereikt wordt, die waarschijnlijk overeenkomt met het meest waarschijnlijke begintijdstip van een micro ontlading. Deze analyse sluit automatisch fluctuaties in en laat dan ook toe de variabiliteit van het fenomeen na te gaan. Veralgemeningen van dit werk rekening houdend met de effecten van aggregatie en veelvoudige botsingen worden voorzien.



Figuur 16. Kinetica van de eerste stappen van de elektrificatie in een wolk. De tijd wordt gemeten door het doorlopen aantal mazen van het meetnet vooraleer de deeltjes botsen.

## 2.2 Terugkeertijd van extreme waarden van intermitterende systemen

Extreme meteorologische en hydrologische gebeurtenissen (stormen, orkanen, overstromingen) vormen een andere groep moeilijk te voorspellen fenomenen waarvan de socio-economische gevolgen aanzienlijk zijn. De moeilijkheid van de voorspelling vloeit hier voort uit het feit dat een intense extreme gebeurtenis (en bijgevolg de schade) over het algemeen zeer onwaarschijnlijk is, aangezien het optreden ervan een overschrijding vereist van een zekere drempel voor een bepaalde meteorologische of hydrologische variabele, ver buiten zijn gewoontelijke variatiedomein. Om de terugkeertijd (of herhalingstijd) van een dergelijke gebeurtenis te schatten, neemt men vaak aan dat de opeenvolgende verwezenlijkingen van deze extreme waarden voortvloeien uit een willekeurig proces en bijgevolg niet correleren. Men kan aantonen dat deze hypothese gerechtvaardigd is wanneer de basisvariabelen evolueren volgens een zeer grillig patroon waarbij, na een relatief korte tijdsperiode, de voorbije evolutie geen rol meer speelt in het verdere verloop. Aan deze voorwaarde is voldaan voor zogenaamde Markov-processen of goed ontwikkelde deterministische en chaotische processen. Ze is daarentegen niet vervuld voor een dynamiek met een intermitterend karakter, gekenmerkt door lange perioden met een regelmatige evolutie waarop op een plotse en schijnbaar onvoorspelbare wijze duidelijke activiteitspieken volgen. Dit type van dynamica modelleert een belangrijk aantal meteorologische en hydrologische fenomenen waarvan de neerslagvelden een der meest karakteristieke voorbeelden zijn. De opeenvolgende herhalingen geassocieerd aan een intermitterend deterministisch proces werden bestudeerd met een gestileerd model. Het bestaan van correlaties met lange duur tussen deze gebeurtenissen werd vastgesteld evenals de grote dispersie van hun realisatietijden om de



gemiddelde waarde. Deze resultaten suggereren een nieuwe aanpak van de analyse van de gegevens beschikbaar op het KMI die in het werk zal gesteld worden in het jaar 2002.

## **2.3 Dynamische, statistische en voorspellende eigenschappen van atmosferische modellen**

Twee assen werden gevolgd. Ten eerste, de reeds eerder ingezette werken betreffende de thermodynamische aspecten van de atmosferische circulatie en de fysica van modellen met veranderlijke maas werden voortgezet. Vervolgens werd een volledig nieuw onderzoeksgebied betreffende de studie van modelfouten aangesneden. Dit probleem trekt sinds kort de groeiende aandacht van de internationale meteorologische onderzoeksgemeenschap.

### **2.3.1 Transfer en dissipatie van energie en enstrofie in een zwak chaotische stroming**

Ten opzichte van de complexiteit van de atmosferische dynamiek kunnen twee houdingen aangenomen worden. Enerzijds, de toevlucht tot meer en meer gedetailleerde modellen die een maximum aantal processen beschouwen met een zo hoog mogelijke resolutie als toegelaten door de supercomputertechnologie. Anderzijds, het opklaren van enkele algemene principes die aan de grondslag liggen van de dynamiek en die onafhankelijk zijn van de kleine details van de processen die zich erbinnen afspeelen.

De werken uitgevoerd binnen de afdeling in het kader van het eerste perspectief worden gepresenteerd in § 1.2.3.3.3. In dit gedeelte worden de resultaten samengevat van een thermodynamische benadering, met als doel na te gaan hoe de balansen van kinetische energie, dissipatie en vorticeiteit gewijzigd worden wanneer het karakter van het circulatieregime verandert wegens de overgangen gebonden aan interne oorzaken of externe forceringen. In deze context, werd een spectraal afgeknot model beschouwd dat gebaseerd is op de vergelijkingen van Navier-Stokes en geforceerd werd in twee dimensies (een stroming van een dunne laag voorstellende, eigen aan de circulatie op mesoschaal). Afhankelijk van de waarde van de forcering ontstaan er stationaire, periodieke of chaotische circulaties. De balansen van de kinetische energie, de entropie en de enstrofie van dit systeem werden opgesteld. De gedragingen van de dissipatie, zowel in de buurt van een verandering van circulatieregime als langs de attractor geassocieerd aan een gegeven regime, werden bestudeerd. Interessante correlaties werden opgesteld tussen de dissipatie en de complexiteit van de dynamica. De transfer van energie, dissipatie en enstrofie tussen kleine en grote schalen werd eveneens geanalyseerd.

### **2.3.2 De assimilatie van gegevens**

De verbetering van deterministische weersvoorspellingen hangt af van de kwaliteit van de beginvoorwaarden ingevoerd in de modellen. Het is daarom dat belangrijke inspanningen worden besteed aan de ontwikkeling van schema's voor de assimilatie van gegevens met als doel de afstand tussen de reële situatie van het beschouwde systeem en deze van het voorspellingsmodel zoveel mogelijk te beperken. Wij hebben een nieuw vier-

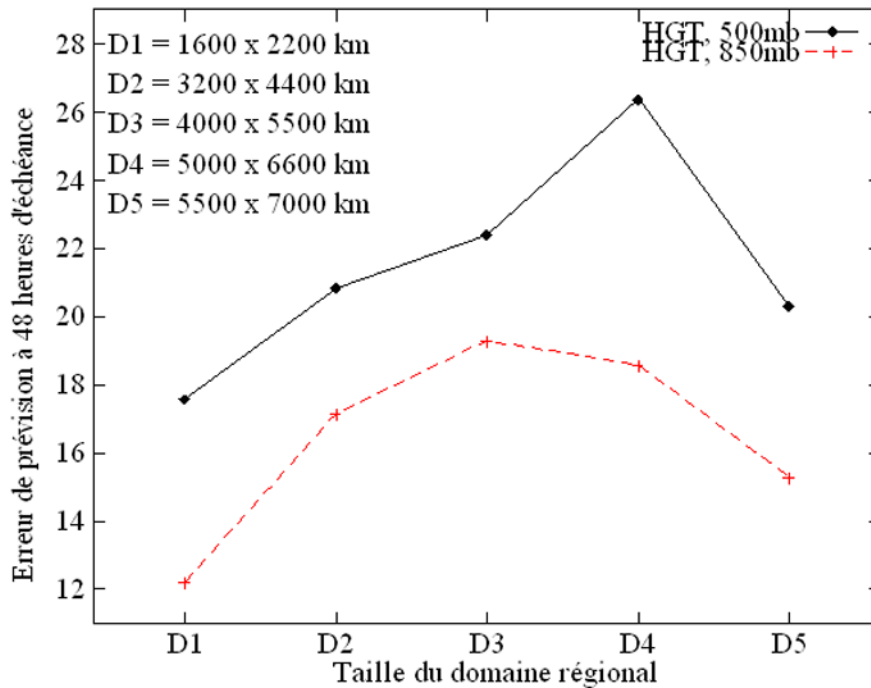
dimensioneel schema voor de assimilatie van gegevens ontwikkeld op basis van neurale netwerken en een zeker aantal zeer aanmoedigende resultaten bekomen wat betreft het gebruik ervan in het kader van zeer eenvoudige prototype modellen zoals het convectieve model van Lorenz. Het voordeel van deze aanpak is dat ze toelaat de procedure van de iteratieve minimalisatie van de klassieke variationele assimilatie (die plaats heeft elke keer wanneer een nieuwe beginwaarde nodig is) door te wijzen naar de optimalisatie van het neurale meetnet gebaseerd op lange waarnemingsreeksen. Een keer het meetnet bepaald, is het klaar om nieuwe waarnemingen te assimileren en de beste beginvoorwaarde voor de voorspelling te geven zonder supplementaire minimalisatie.

### **2.3.3 Dynamische en statistische eigenschappen van het regionaal ETA model: de rol van de domeingrootte**

De groeiende noodzaak om te beschikken over zeer gedetailleerde voorspellingen over verschillende delen van de wereld heeft geleid tot de ontwikkeling van zogenaamde regionale voorspellingsmodellen met een hogere resolutie op het gebied van atmosferische fenomenen dan deze van traditionele globale voorspellingsmodellen. Deze benadering impliceert de keuze voor een specifiek domein waarin de atmosferische vergelijkingen geïntegreerd zijn, net als de toevoeging van randvoorwaarden geleverd door een model met een lagere resolutie.

Wij hebben de studie voortgezet van de dynamische aspecten van het regionaal Eta model (geïmplementeerd op het KMI vanaf 1999), die aangevat werd in het kader van de doctoraatsthesis van Frédéric Chomé, door onze analyse specifiek te focussen op de rol van de domeingrootte. Vijf domeinen gecentreerd op België werden bestudeerd gaande van 1600 km X 2200 km tot 5000 km X 7000 km (latitude X lengte).

Een van onze interessantste resultaten was te constateren dat de intrinsieke dynamica (met vaste randvoorwaarden) van het regionaal model cruciaal afhangt van de domeingrootte, met een stationair gedrag voor de kleine domeinen en een dynamica met groeiende complexiteit voor de grote domeinen. Wij hebben vervolgens de kwaliteit van de uitgevoerde voorspellingen door de verschillende versies van het model geanalyseerd en vergeleken met reële atmosferische situaties. Wij hebben vastgesteld dat, in tegenstelling tot wat algemeen aangenomen wordt, er een niet-triviale relatie bestaat tussen de voorspelbaarheid en de domeingrootte waarover de voorspellingen uitgevoerd worden (Figure 17). Wij denken dat deze complexe afhankelijkheid gerelateerd is aan de kwaliteit waarmee de dynamica van het model deze van de atmosfeer reproduceert.



Figuur 17. Gemiddelde voorspellingsfout op termijn van 48 uren voor de hoogte van de geopotential op 500 en 850 mb in functie van de domeingrootte van het regionaal Eta model.

### 2.3.4 Dynamica op korte termijn van de modelfout

De natuurlijke instabiliteit van de atmosfeer ligt aan de oorsprong van de snelle vermenigvuldiging van fouten die zowel afkomstig is van de onzekerheid op de beginvoorwaarden als de noodzakelijke benaderende voorstelling van het onderliggende model. Deze laatste fout is gekend onder de naam van modelfout. De studie van de dynamica van deze laatste foutbron heeft weinig ontwikkeling gekend. Wij hebben getracht haar dynamica te karakteriseren in het kader van modellen met lage dimensie die een chaotische dynamica vertonen.

De resultaten van deze analyse tonen aan dat het gedrag van de gemiddelde kwadratische fout geassocieerd aan een modelfout afhangt van de dynamische eigenschappen van de foutenbron en zich voor korte tijden vertaalt in een ofwel lineaire ofwel kwadratische evolutie. De numerieke proefnemingen van de verschillende modellen die wij verkend hebben, schijnen erop te wijzen dat de kwadratische evolutie een specifiek karakter kent. Dit resultaat zet het meestal aanvaarde idee op de helling dat de gemiddelde kwadratische fout geassocieerd aan een bron van een modelfout lineair evolueert voor korte tijden.

## 3 *Verbeteren van de waarnemingen*

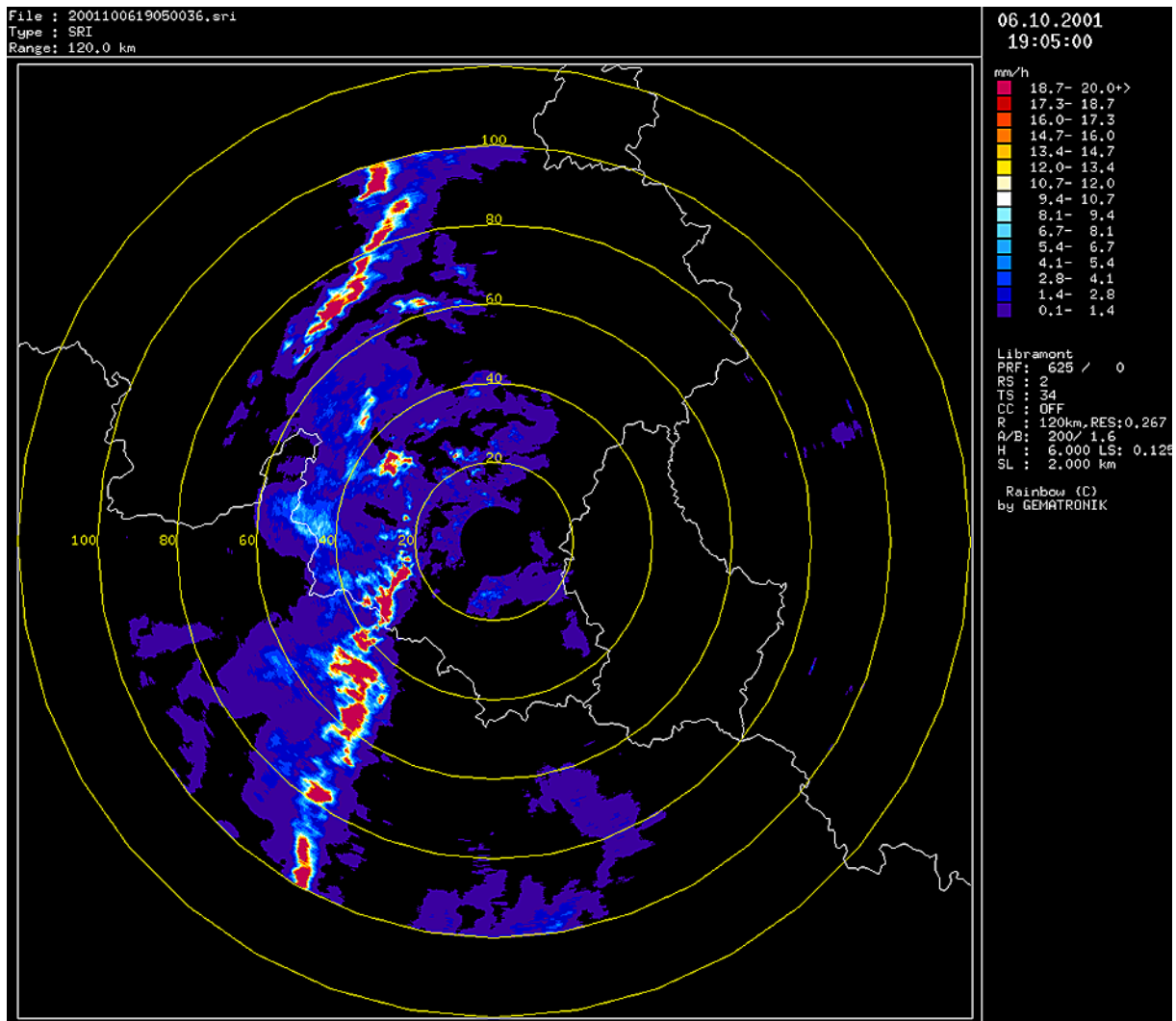
---

### **3.1 Invoeren van nieuwe waarnemingen en uitbreiding van bestaande systemen**

Ook in 2001 werd verder gewerkt aan de uitbouw van een netwerk van automatische weerstations. Het station van Humain werd volledig afgewerkt en opgestart. Het synoptisch station te Zelzate werd geautomatiseerd. De gelegenheid werd te baat genomen om het station op een betere locatie te plaatsen, op ongeveer 1 km van het vroegere manuele station. In Retie werd een nieuw uitgebreid station gebouwd waar klimatologische, hydrometeorologische en radiometrische metingen verricht worden. Dit brengt het totale aantal automatische weerstations op dat operationeel was eind 2001, op elf. De nodige aanpassingen werden doorgevoerd om in het weerbureau op een eenvoudige manier de meest recente metingen van de automatische weerstations op elk moment te kunnen opvragen.

In mei 2001 werd de Doppler weerradar van het KMI te Wideumont geïnstalleerd. Het opstarten ervan verliep zonder noemenswaardige problemen en in november volgde de officiële inhuldiging. In Figure 18 wordt een voorbeeld van een radarbeeld getoond. In september werd een wetenschapper aangeworven die zich in een eerste fase voltijds aan de studie van radarproducten zal wijden.

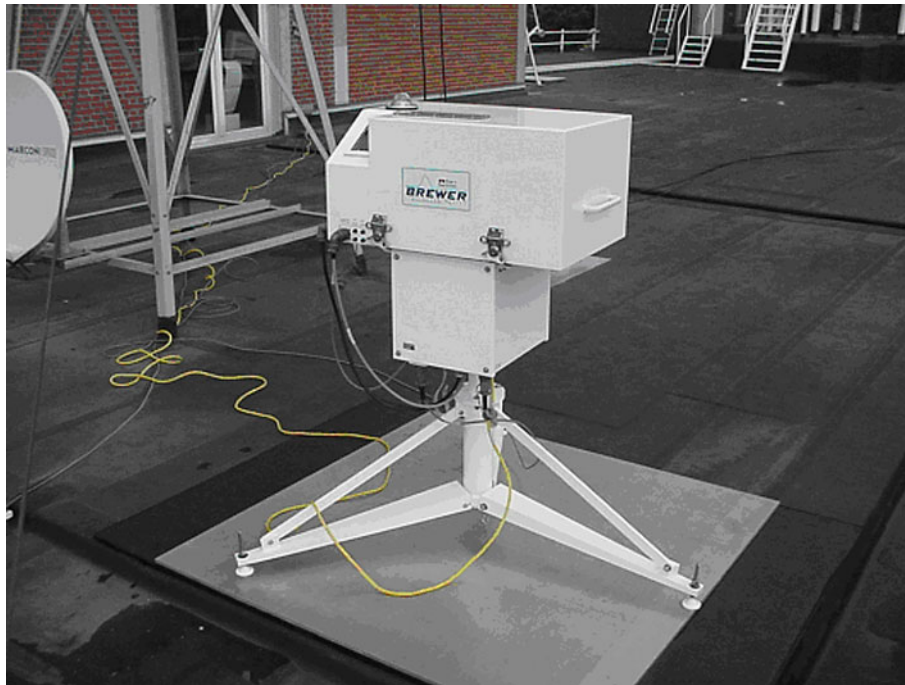
Een eerste gedeelte van een locatiestudie voor een meteorologische radartoren in Vlaanderen werd uitgevoerd, in opdracht van AWZ (Administratie Waterwegen en Zeewezen). Dit eerste gedeelte, dat beschreven werd in een tussentijds rapport, omvatte een theoretische studie en een locatiestudie op macroschaal.



Figuur 18. Beeld van de neerslagintensiteit (in mm/h) gemeten met de weerradar te Wideumont, over een gebied binnen een straal van 100 km rond de radar.

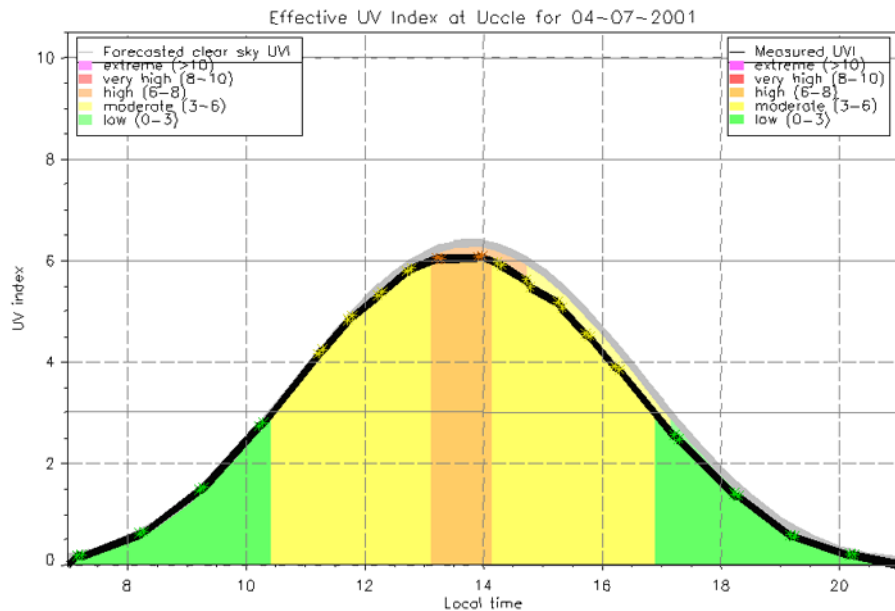
Dagelijks wordt de dikte van de ozonlaag gemeten met spectrofotometers. De Dobson spectrofotometer (operationeel sinds 1971) wordt manueel bediend en dit alleen tijdens normale werkdagen als de weersomstandigheden het toelaten. Daarnaast is er de Brewer spectrofotometer # 016 die sinds 1983 in gebruik is en die volledig geautomatiseerd is. In 2001 werd een nieuwe Brewer spectrofotometer (# 178) met dubbele monochromator aangekocht en in gebruik genomen (zie foto in Figure 19).





Figuur 19. Brewer spectrofotometer met dubbele monochromator, die in 2001 in gebruik genomen werd.

Het is de bedoeling dat deze op termijn het Dobson instrument zal vervangen. De Brewer instrumenten kunnen naast de ozonkolom ook UV spectra meten. Het nieuwe instrument heeft een veel groter golflengtebereik dan zijn voorganger, met een belangrijk stuk van de UVA straling. Uit deze spectra, die meermaals per dag gemeten worden, kan de actuele UV index afgeleid worden, die vergeleken wordt met de voorspelde UV index (zie voorbeeld in Figure 20). Deze UV index wordt tijdens de zomermaanden verspreid via de media.



Figuur 20. Voorbeeld van de evolutie van de voorspelde UV index en de UV index afgeleid uit metingen met de nieuwe Brewer spectrofotometer. De verhoogde afwijking tussen de twee curven tijdens de namiddag heeft waarschijnlijk te maken met een verhoging van de optische dikte van de aërosolen.

In het Geofysisch Centrum te Dourbes werd een ontvangstinstallatie voor schuine ionosferische peilingen in gebruik genomen. Het doel hiervan is de experimentele studie van het seizoensgebonden gedrag van de D-laag van de ionosfeer. Deze laag die zich bevindt in het hoogtegebied tussen 50 en 95 km is nog weinig gekend door de moeilijkheden die zich stellen bij peilingen met frequenties kleiner dan 100 kHz; hiervoor moet men immers beroep doen op grote antennes die moeilijk te realiseren zijn.

Om deze moeilijkheden te omzeilen heeft men gebruik gemaakt van uursignalen van zenders die werken bij lage en zeer lage frequenties (GBR : 16 kHz, MSF : 60 kHz, HBG : 75 kHz et DCF : 77,5 kHz) en die voornamelijk gebruikt worden voor radionavigatie.

Metingen van de amplitude en de fase, gebaseerd op specifieke ontvangers (gemaakt in het Geofysisch Centrum van Dourbes) zullen voor het eerst toelaten om continue numerieke gegevens te bekomen van de D-laag. Voor de tijdssynchronisatie is een GPS ontvanger geïntegreerd in het peilingsysteem.

Een voorlopige morfologische studie aan de hand van registraties op papier werd afgemaakt. Deze bracht onder andere de invloed aan het licht van erupties van de zon en van onweren.

### 3.2 Verhogen van de betrouwbaarheid

In 2001 werd een nieuw type van radiosondes (Vaisala RS90-AL) in gebruik genomen voor de routine radiopeilingen die aan het KMI twee maal per dag uitgevoerd worden. Net zoals de vroegere RS80-15L sondes wordt bij deze

sondes gebruik gemaakt van het Loran-C netwerk voor windberekeningen. De sensoren voor temperatuur, vochtigheid en druk in de nieuwe sondes hebben evenwel een hogere precisie en een kortere responstijd.

De vier detectiestations van de SAFIR installatie voor detectie en lokalisatie van blikseminslagen werden vernieuwd. Dit hield onder andere een upgrading in van de antennesystemen, met vijf dipolen in plaats van vier in het oude systeem. Hierdoor werd de nauwkeurigheid van de lokalisatie verhoogd van 2 km naar 1 km.

Problemen met automatische weerstations en de rapportering van de interventies ter plaatse worden systematisch per e-mail met behulp van standaard templates aan alle betrokken personen gemeld. Deze procedure die kadert in een "workflow" voor onderhoud van stations heeft naar behoren gefunctioneerd en heeft bijgedragen tot een toegenomen betrouwbaarheid en beschikbaarheid van de gegevens van automatische weerstations.

In 2001 werden 127 zendingen uitgevoerd voor onderhoud van de manuele stations. Vier nieuwe klimatologische stations werden opgericht en vijf stations werden gesupprimeerd wegens te lage kwaliteit van de metingen of wegens het feit dat een waarnemer ter plaatse niet langer beschikbaar is.

In het ijklaboratorium werd het opstelling voor drukijkingen grotendeels vervangen om een meer optimale ijking toe te laten voor de verschillende types van barometers (kwikbarometers, aneroïde en digitale barometers). Het werk in het kader van een toekomstige aanvraag voor een accreditatie van het ijklaboratorium werd verder gezet; gezien de complexiteit van deze materie verloopt dit trager dan aanvankelijk gepland.

Om de kwaliteit van zowel de ozon- als de UV metingen te controleren worden regelmatig testen uitgevoerd met lampen om de kalibratieniveaus te verifiëren. Hierbij werd vooral aandacht besteed aan de kalibratie van de nieuwe Brewer spectrofotometer ten opzicht van de twee andere toestellen die sinds lange tijd in gebruik zijn.

In 2001 werden in totaal 144 ozonpeilingen uitgevoerd (in principe drie maal per week) voor het bepalen van de verticale verdeling van het atmosferische ozon. De gegevens van deze ozonpeilingen worden niet enkel gebruikt voor wetenschappelijk onderzoek, maar worden via NILU (het Noors Instituut voor Luchtonderzoek) ook overgemaakt aan het ECMWF, waar ze in een dynamisch voorspellingsmodel geassimileerd worden om de weersvoorspellingen te verbeteren. Alle ozonmetingen worden onderworpen aan een voortdurend kwaliteitscontrole om de nauwkeurigheid en homogeniteit op lange termijn te blijven verzekeren.

Er werd een lastenboek opgesteld voor de aankoop van een ontvangstinstallatie voor toekomstige MSG (Meteosat Second Generation) beelden die vanaf 2003 de Meteosat beelden zullen vervangen.

### 3.3 Magnetische Wereld Wake

De Magnetische Wereld Wake is gebaseerd op het wereldnetwerk van magnetische waarnemingen. De bedoeling is om het bestaande netwerk te verbeteren en uit te breiden teneinde een meer homogene bedekking te bekomen.



Er werd verder gewerkt aan de ontwikkeling en de realisatie van een volledig automatisch waarnemingsstation dat kan opgesteld worden in afgelegen gebieden en op zee. Daartoe werd nieuw gereedschap aangeschaft. Voor de waarnemingsstations te Dourbes en Manhay werd nieuwe instrumentatie gemaakt die conform is aan de INTERMAGNET standaarden.

Het observatorium van Trelew (Argentinië) dat in 2000 door onze tussenkomst op INTERMAGNET standaarden gebracht werd, heeft in 2001 bijgedragen aan de Magnetische Wereld Wake. Door zijn geïsoleerde ligging en zijn uitstekende werking heeft het in aanzienlijke mate bijgedragen aan de verbetering van de waarnemingen en de validatie van de magnetische satellieten Oersted en Champ.

Het observatorium van Maputo (Mozambique) dat in 2000 eveneens in orde gebracht werd, heeft ook een bijdrage geleverd aan de Magnetische Wereld Wake. In juli 2001 werd een meetcampagne uitgevoerd op de sites van Beira en Nampula waar respectievelijk sinds 1966 en 1984 geen metingen meer verricht werden.

Dank zij het bezoek aan Dourbes van een expert van het observatorium van Teoloyucan (Mexico) wordt dit observatorium eveneens gemoderniseerd volgens INTERMAGNET standaarden.



Figuur 21. In het kader van de Magnetische Wereld Wake zal het KMI metingen opstarten of verbeteren in de aangeduide magnetische observatoria.

Er werden ook projecten voorbereid in verband met de verbetering van magnetische observatoria van NIS landen en de bouw van een magnetisch observatorium in Macedonië. Het zogenaamde CRENEGON project zal in 2002-2003 gefinancierd worden door INTAS als "Infrastructuur Actie" voor de modernisering van de Observatoria van Irkutsk, Alma-Ata en later Kiev en Iekaterinburg. Het tweede project heeft geleid tot de ondertekening van een bilateraal verdrag: "On Establishing a Geomagnetic Observatory in the Territory of the Republic of Macedonia" tussen het KMI en de faculteit van Geologie en mijnen te Stip.

Een nieuwe koffer voor metingen op het terrein werd ontwikkeld en getest tijdens een meetcampagne in Nederland. Door zijn draagbaarheid zal deze koffer het meetproces vergemakkelijken in landen met een gebrekkige infrastructuur.





## 4 *Vergemakkelijken van de toegang tot de informatie*

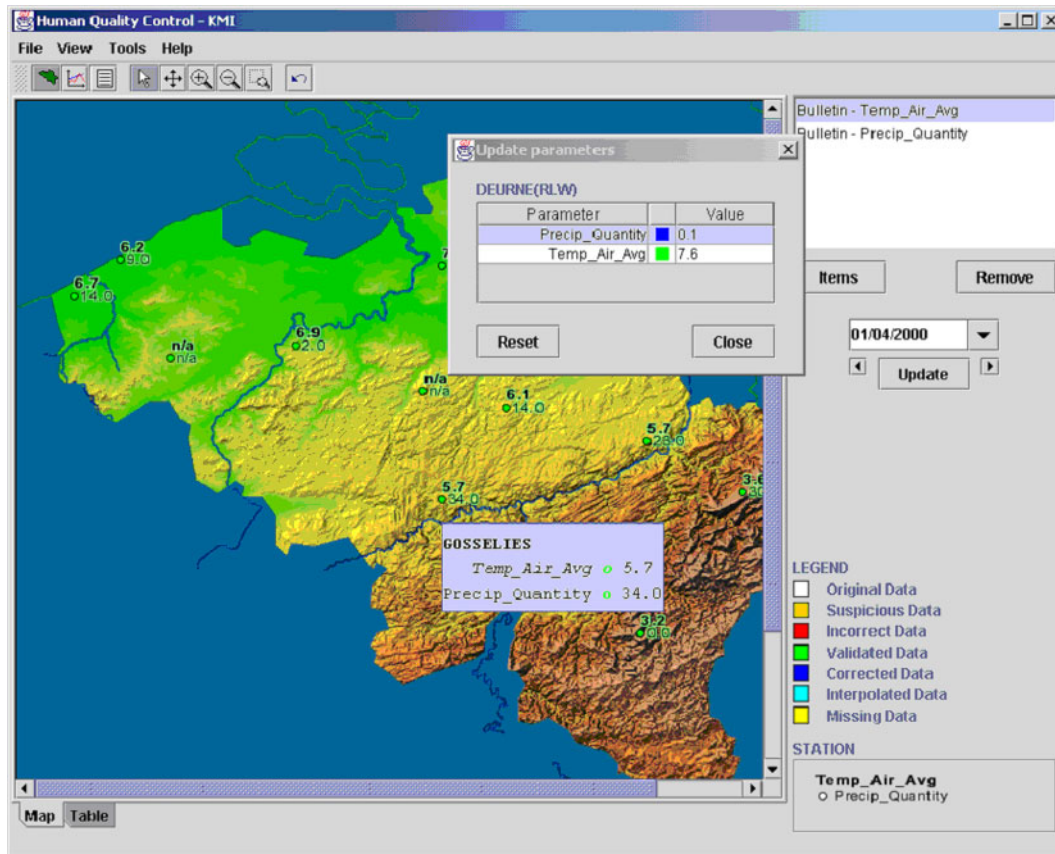
---

### 4.1 Informatie-verwerking

Nadat in 2000 de klimatologische databank omgezet werd naar een object-relationale vorm, werden in 2001 de gegevens van andere afdelingen (de vroegere Synoptische Meteorologie, Ozon & Radioactiviteit, Aërologie en Geofysica) in de Oracle databank opgenomen. Nadat het volledige archief was ingeladen, moest dit uiteraard up-to-date blijven door de nieuwe waarnemingen eraan toe te voegen. Om dit te bereiken werden een aantal scripts en programma's ontwikkeld die uurlijks, dagelijks en/of maandelijks deze nieuwe gegevens in de databank plaatsen.

Aangezien de databank stilaan een vrij grote hoeveelheid kritische informatie begon te bevatten, werd het noodzakelijk om een efficiënte backup-strategie te ontwikkelen. Er werd dan ook een tweede databank opgestart die instaat voor het beheer van alle backups.

Om de inhoud van de databank te controleren, werden een reeks webpagina's ontwikkeld waarop men onmiddellijk mogelijke fouten kan detecteren. Eveneens werd er in samenwerking met de UIA (Universiteit Antwerpen) een aantal java-programma's ontwikkeld om de gegevens te raadplegen en waar nodig te corrigeren (zie Figure 22). Deze programma's zullen in 2002 verder verfijnd en aangepast worden aan de behoeften van de gebruikers, zodat men in staat zal zijn om de kwaliteit van de gegevens in de Oracle databank te controleren en te verbeteren, zowel manueel als automatisch.



Figuur 22. Programma voor de manuele controle van de gegevens in de databank.

- IDCC

Het IDCC (International Data Co-ordination Centre), opgericht in het kader van de Belgische Ontwikkelingssamenwerking, blijft verder voortbestaan op het KMI. De hoofdtaken van het IDCC zijn het beschikbaar houden van een microforme databank van Afrikaanse meteorologische diensten en het verstrekken van informatie over de data rescue activiteiten van WMO.

- GEGEVENSINVOERING

De klimatologische en hydrologische waarnemingen die nog niet in digitale vorm bestaan, werden verder gedigitaliseerd.

- ARCHIVERING

Ter vrijwaring van de archieven werd het microfilmen en het inventariseren van de documenten voortgezet. Alle Publicaties van het KMI tot december 2000, de Maandelijkse Waarnemingsberichten van het Klimatologisch net (1990-2001) en de Magnetische Waarnemingsdocumenten (1932-1991) van het station Manhay werden gemicrofilm en geïnventariseerd.



## 4.2 Verkorten van de antwoordtijd voor het leveren van informatie

Het Belgische klimatologische meetnet, beheerd door het KMI in samenwerking met andere instellingen zoals de regionale hydrologische diensten, bestaat uit 270 stations waar de quasi vrijwillige waarnemers elke dag de neerslagmetingen en eventueel de temperatuurmetingen verrichten. Dit meetnet bestaat sinds meer dan een eeuw en tot heden blijft het een van de nuttigste informatiebronnen om te antwoorden op de aanvragen voor klimatologische inlichtingen vanuit het publiek of vanuit de publieke autoriteiten (bv. het Rampenfonds). Met uitzondering van een veertigtal stations die hun gegevens dagelijks doorsturen ( Metagri-meetnet), versturen deze waarnemers van het KMI hun dagelijkse metingen maandelijks aan de hand van een aangepast waarnemingsbulletin. De gegevens worden vervolgens gecodeerd en gecontroleerd vooraleer zij gebruikt kunnen worden voor publieke dienstverlening.

Het project TELECLIM werd opgestart om de tijdspanne die verloopt tussen de waarnemingen en het ter beschikking stellen aan het publiek te verminderen. Binnen afzienbare tijd zullen de gegevens dagelijks worden doorgegeven door de waarnemers via een telefoon met toetsenbord. De doorgestuurde informatie zal niet alleen bestaan uit dagelijkse neerslag -en temperatuurwaarnemingen maar eveneens uit toevallige interessante weersfenomenen zoals onweders of hagelbuien. De gegevens worden gecentraliseerd op het KMI en zij zullen worden onderworpen aan een kwaliteitscontrole met behulp van een softwareprogramma dat eveneens werd ontworpen in het kader van het project TELECLIM. Op deze manier zullen de gegevens van het klimatologische meetnet reeds na ongeveer een week bruikbaar zijn voor het publiek of voor de publieke autoriteiten.

In 2001 werd een eerste versie van het softwareprogramma, dat de kwaliteitscontrole uitvoert, ontwikkeld en getest. Op het einde van het jaar werden de gegevens van het metagri-meetnet reeds dagelijks tijdens de werkdagen gecontroleerd door deze software. Anderzijds werd voor iedere categorie waarnemers een handleiding gerealiseerd en werd een nieuwe brochure opgemaakt om de waarnemers wegwijs te maken. Een progressief opstarten van het nieuwe systeem om gegevens door te sturen, waarnemer per waarnemer, is voorzien voor het jaar 2003.

## 4.3 Ontwikkeling van informatica technologieën

Vernieuwing van informatica-infrastructuur.

Na een analyse van de huidige en van de toekomstige behoeften van de gebruikers voor de uitvoering van zowel operationele als wetenschappelijk opdrachten werd een lastenkohier opgesteld. Na publicatie hiervan en na een uitgebreide evaluatie van de voorgestelde configuraties werd overgegaan tot installatie van:

- Een centrale fileserver met een opslagcapaciteit van 2 Terabyte. De structuur van de fileserver, bestaande uit 2 HP-L2000 servers, verzekerd een hoge betrouwbaarheid en stelt bestanden ter



beschikking van de gebruikers via een TCP/IP gebaseerd netwerk. Bijzondere aandacht werd ook besteed aan de back-up van de bestanden door middel van een tape library.

- Een rekenintensieve server met multiprocessor architectuur die bedoeld is voor de uitvoering van toepassingen die een grote rekencapaciteit vereisen, o.a. modelberekeningen en numerieke weervoorspellingen. Deze server bestaat uit een SGI-Origin 3400 cc-Numa server met 24 processoren elk met 1 Gigabyte geheugen.

Teneinde een snelle communicatie tussen de centrale fileserver, de rekenintensieve server en andere servers te verzekeren werd een Gigabit netwerk geïnstalleerd.

## 4.4 Project Document management Integrated System for SCientific Organisations (DISSCO)

### 4.4.1 Historiek van het project

Al sedert 1999 heeft het KMI de studie ondernomen van nieuwe technologieën inzake een documentbeheerssysteem gebaseerd op de informatietechnologie. Aangetoond dat de nieuwe technologie het mogelijk maakt om de informatie vlugger, efficiënter en creatiever te scheppen, te bereiken, te gebruiken en te beheren. Zij heeft ook aangetoond dat een documentbeheerssysteem niet enkel en alleen ontwikkeld kan worden rond een puur technische oplossing. Zij moet immers ontwikkeld worden rond drie hoofdlijnen, namelijk : info-cultuur, info-structuur en infrastructuur. Om deze beginselen te ontwikkelen heeft het IRM een project gestart gebracht onder de naam *Implementatie van een documentsysteembeheer voor het KMI*.

Om haar gebrek aan deskundig onderzoek aan te vullen inzake transactionele analyse, analyse van verplichtingen en documentbeheer, heeft het KMI zich gericht tot de CITA en ALBERT onderzoekscentra van de Faculté Universitaire Notre-Dame de la Paix (FUNDP) te Namen en de bedrijven Micro-Research et Belware IT. Om een financiële steun te bekomen werd het project voorgesteld aan Federale Dienst voor Wetenschappelijke, Technische en Culturele aangelegenheden (DWTC) in het kader van de jaarlijkse ondersteuningsactie van de ontwikkeling van de Informatiemaatschappij.

In juli 2001 heeft de DWTC het project goedgekeurd onder één voorwaarde : een medewerking tussen het project van het KMI en een gelijksoortig project geleid door de vrije universiteiten van Brussel , namelijk De transparantie van de administratieve besluitvorming : geïntegreerd elektronisch documentbeheer.

Met deze nieuwe partners, de Vrije Universiteit Brussel (VUB), l'Université Libre de Bruxelles (ULB), het Studiecentrum voor Kernenergie (SCK), de Koninklijke Musea voor Schone Kunsten van België (KMSB), het Studie- en documentatiecentrum Oorlog en Hedendaagse Maatschappij (SOMA), heeft het KMI deelgenomen aan de ontwikkeling van een nieuw project onder de naam *Document management Integrated System for Scientific*

*Organisations (DISSCO)*. Het programma van het project werd in november 2001 door de DWTC goedgekeurd, en het project op zich werd in december 2001 opgestart.

Het DISSCO project beschikt over een budget van 35 miljoen BF voor een werklust die geschat wordt op 144 man/maand. Bij het project zijn twee informatici en twee onderzoekers voltijds betrokken, alsook op deeltijdse basis drie andere informatici en zes specialisten in documentbeheer, archivisten, deskundigen op het vlak van transactionele analyse alsook analyse van de verplichtingen. Hoewel de coordinatie op administratief vlak afhangt van de VUB, is het KMI zelf verantwoordelijk voor alles wat te maken heeft met *Software Development*. De gehele ontwikkelingsapparatuur, dwz de servers, de designinstrumenten, proefbanken, enz. bevinden zich in het KMI.

#### 4.4.2 Documenten, Informatie, Kennis en Workflow

In tegenstelling tot het beheer van gegevens of data, is het beheer van documenten een branche die nog lang niet perfect beheerst wordt, zelfs door specialisten in dit vak. Documentbeheer beperkt zich immers niet tot het omzetten van papieren documenten tot een elektronische versie om die vervolgens op te slaan op een informaticamedium en het geheel te beheren met een database. Het houdt immers ook in om de levenscyclus van het document te beheren vanaf de schepping van een informatie-element dat, geleid door een workflow en geholpen door de kennis van de mensen die ze manipuleert, omgezet wordt in een object dat op zijn beurt een nieuw product of idee zal teweegbrengen of toch minstens zal dienen om een beslissing te vergemakkelijken. Het document is dan een object dat informatie, ideeën, en kennis inhoudt; een object met een geschiedenis, aangezien zijn ontwikkeling via verschillende processen of workflow. En zijn beheer houdt dus ook het beheer van bestuursprocessen, het beheer van informatie en het beheer van gegevens in.

Het KMI heeft ervoor gekozen om de kwestie van het documentbeheer in haar globaliteit aan te pakken. Dit betekent een grote uitdaging met de volgende gevolgen op korte termijn in 2002 en 2003 :

- een selectie van de beste standaards en normen in het domein van het elektronisch documentbeheer;
- een standardisatie van het beheer van processen en van workflow;
- een methode om modellen op te stellen van de levenscyclus van documenten die aansluiten bij het werkproces;
- een methode om documenten, informatie en kennis te inventariseren;
- een eerste serie eisen zowel van de gebruikers als van het systeem;
- een software model van de oplossing die niet alleen de basisfuncties, maar ook enkele functies inhoudt welke specifiek zijn aan het type organisatie van de gebruiker.



## *5 Diensten en producten voor de verschillende gebruikersgroepen*

---

### **5.1 Overheden**

Voor de verschillende overheden in ons land bestaan specifieke producten.

Volgende categorieën kunnen onderscheiden worden:

- Waarschuwingen

Waarschuwingen in verband met de veiligheid voor het crisiscentrum van de Regering, alsook voor de regionale als lokale overheden.

- Samenwerkingsverbanden

In opdracht van het Vlaams Gewest baat het KMI het OMS te Zeebrugge uit en dit voor het opstellen van hydrometeoverwachtingen.

Zowel met het Vlaams als het Waals Gewest wordt er samengewerkt in verband met hydrologische fenomenen.

Met het Brussels Gewest worden na de nodige testen, de gegevens geleverd om een pollutiebeleid naar de toekomst te voeren.

- Klimatologische informatie

Aan zowat alle geledingen van de verschillende overheden wordt er klimatologische informatie verstrekt om zo de juiste beslissingen te kunnen treffen. Zo verstrekt het KMI onder andere informatie voor het Ministerie voor Binnenlandse zaken in het kader van het Rampenfonds.

### **5.2 Media**

- TV (nationaal)

Aan VRT en RTL wordt de nodige informatie (grafische vorm, teksten, en bewegende beelden) bezorgd voor de presentatie van de weerbulletins; tevens worden gepersonaliseerde contacten onderhouden met de verschillende weerpresentatoren, zodat zij de Belgische bevolking meermaals daags een adequaat weerbericht kunnen presenteren.

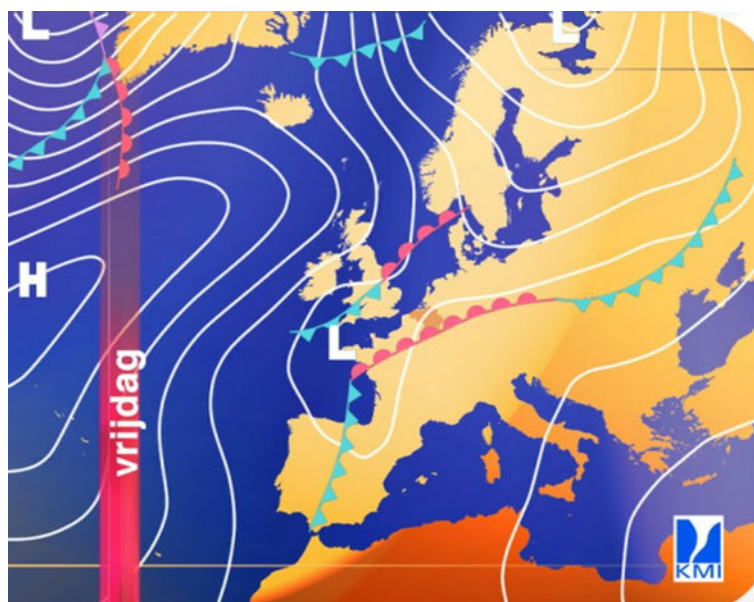


Figure 23. Voorspellingskaart met fronten voor de TV.

Voor Vitaya, een nederlandstalige lifestylezender, wordt een afgewerkt product geleverd en de nodige input voor hun teletekst.

- TV (regionaal)

Aan 7 verschillende regionale zenders worden de nodige regionale voorspellingen bezorgd en dit zowel in ruwe vorm als in de vorm van afgewerkte producten.

- Radio

Aan 4 zenders wordt de nodige informatie (teksten en geprivilegieerd contact) bezorgd om aldus uurlijks de nodige en geactualiseerde weerberichten te kunnen verspreiden via hun vluchtige media.

- Internet

In 2001 is het KMI gestart met een nieuwe website. Deze is zowel qua inhoud als qua look volledig vernieuwd. Zo leveren we nu een weerbericht voor de volgend uren. Bij slechtere weersomstandigheden wordt de frequentie van vernieuwing van het bericht verhoogd. Dit alles om de bevolking de meest recente weersevoluties te bezorgen.

- Kranten

De inspanningen in 2001 beperkten zich bij het restylen van de weersvoorspellingen bij het bestaande cliënteel.

- GSM

Een eigen SMS-module met weersinformatie en waarschuwingen is in ontwikkeling.

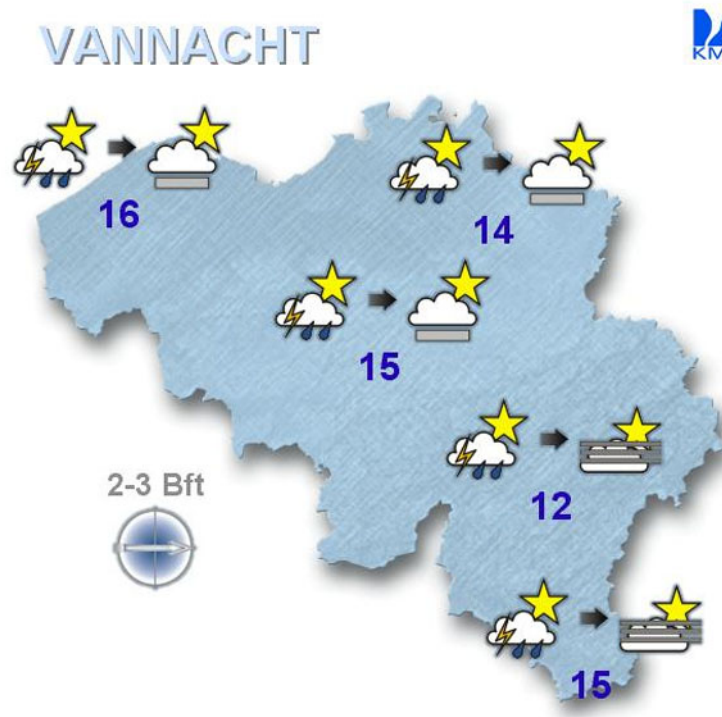


Figure 24. Voorspelling voor de nacht onder grafische vorm.

### 5.3 Socio-economische entiteiten

Er werden inspanningen geleverd om de energiesector nieuwe adequate producten te leveren:

- Waarschuwingen

Het KMI heeft samengewerkt met verschillende socio-economische entiteiten om de veiligheid, als het gaat om het weer, te verhogen. De inbreng betrof waarschuwingen voor gevaarlijk weer met parameters bepaald in samenspraak met de gebruiker.

- Klimatologische informatie

Voor het onderzoekswerk van de socio-economische entiteiten werd klimatologische informatie geleverd voor het testen van de verschillende modellen in ontwikkeling. Deze modellen zijn zowel bedoeld om de rendabiliteit van productie en distributie te verhogen als om de veiligheid te verbeteren.

### 5.4 Commerciële entiteiten

Op aanvraag van het cliënteel worden zowel standaardproducten geleverd, maar hoofdzakelijk producten op maat.





## 6 *Overzicht van het weer het voorbije jaar en de vorige eeuw*

---

### 6.1 **Klimatologisch overzicht van het jaar 2001**

Het eerste jaar van de xxi ste eeuw werd te Ukkel gekenmerkt door een zéér uitzonderlijke hoge neerslaghoeveelheid en een zéér abnormaal hoge waarde van de gemiddelde temperatuur.

Een nieuw hoogterekord van de gemiddelde temperatuur in oktober met 14,4°C, waarbij het vorige rekord van 1921 met 0,4°C werd verbeterd (Figuur 25). Naast de oktobermaand die zéér uitzonderlijk warm was, waren de maanden mei en augustus abnormaal warm terwijl september abnormaal koud was ( zie definities van de graden van abnormaliteit in tabel 1). Niettegenstaande dit alles zorgt de cumul van de warme maanden ervoor dat het jaar 2001 een zéér abnormaal warm jaar was. Met een gemiddelde temperatuur van 10,7°C komt 2001 op de achtste plaats in de serie van de warmste gemiddelde jaartemperaturen te Brussel-Ukkel, een reeks die begon in 1833. Het warmste jaar blijft 1989 met een gemiddelde temperatuur van 11,3°C gevolgd door 1990 met 11,2°C. De normale waarde van de gemiddelde jaartemperatuur bedraagt 9,8°C te Ukkel.

Het jaartotaal van de neerslag bedroeg 1088,5 mm tegenover een normaalwaarde van 780,1 mm. Dit teveel is zéér uitzonderlijk. Daarmee komt 2001 op de eerste plaats in de reeks natste jaren. Voordien was 1965 het natste jaar met een neerslagtotaal van 1073,9 mm gevolgd door 1966 met 1055,6 mm. Voor meer details zie paragraaf 6.2. Let wel op het onderscheid dat er gemaakt wordt tussen een "burgerlijk" en een "klimatologisch"jaar.

Niettegenstaande de overvloedige neerslaghoeveelheden was het aantal neerslagdagen te Ukkel niet hoger dan normaal. Met 201 dagen met meetbare neerslag lagen we 2 dagen onder de normale waarde die te Ukkel 203 dagen bedraagt.

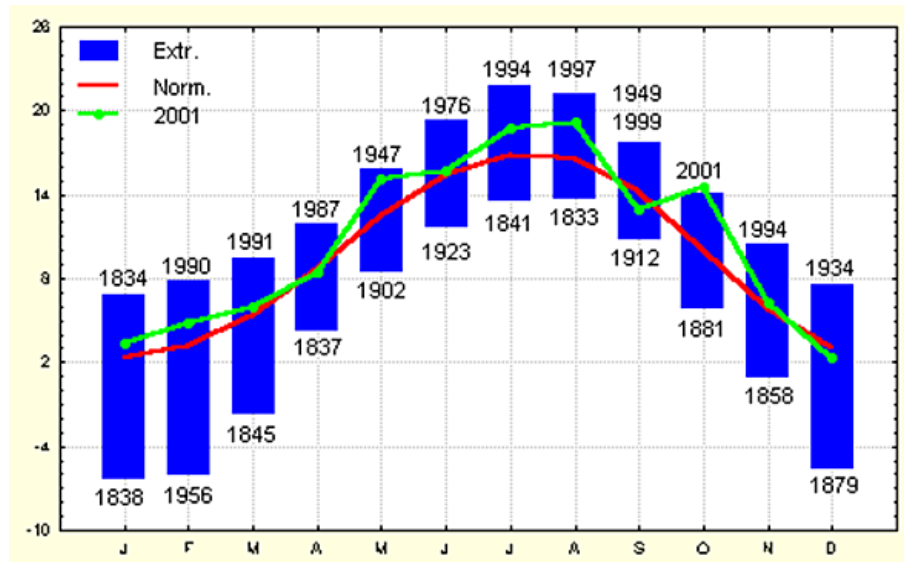
De maandelijkse zonneshijnduren waren over 't algemeen lager dan de normaalwaarden (zie Figuur 26). Het opvallendst was de waarde van maart met slechts 48 h 45 min zonneshijn te Ukkel waardoor deze maartmaand op de tweede plaats komt in de reeks van de somberste maartmaanden sinds het begin van de heliografische waarnemingen in 1887, slechts 10 minuten meer dan in 1980 (48 h 35 min). De septembermaand werd eveneens gekenmerkt door een zéér uitzonderlijk tekort van de zonneshijnduur, met 68 h 35 min was dit de tweede somberste na september 1984 met 66h zonneshijn. Het jaartotaal van de zonneshijnduur bedroeg 1455 h terwijl de normaalwaarde 1555 h bedraagt. De waarde van 2001 was normaal.



2001 was een jaar met relatief weinig wind. Windsnelheden van meer dan 100km/h werden in het anemometrisch meetnet waargenomen op 8 november aan de Kust. Het is niet uitgesloten dat, zoals vaak bij onweerstijd, deze snelheden elders plaatselijk werden bereikt of overtroffen. In ons land werden er 88 onweersdagen waargenomen door onze waarnemers en/of het systeem Safir. Het waren de maanden juli, augustus en september die elk met 14 dagen het hoogste aantal onweersdagen telden. Twee windhozen die schade hebben aangericht werden gesignaleerd : de eerste op 10 maart tussen Bolland en Melen en de tweede op 6 oktober in de streek van Brustem, Aalst (Limburg) en Zoutleeuw.

Tabel 1: Abnormaliteitsniveau's

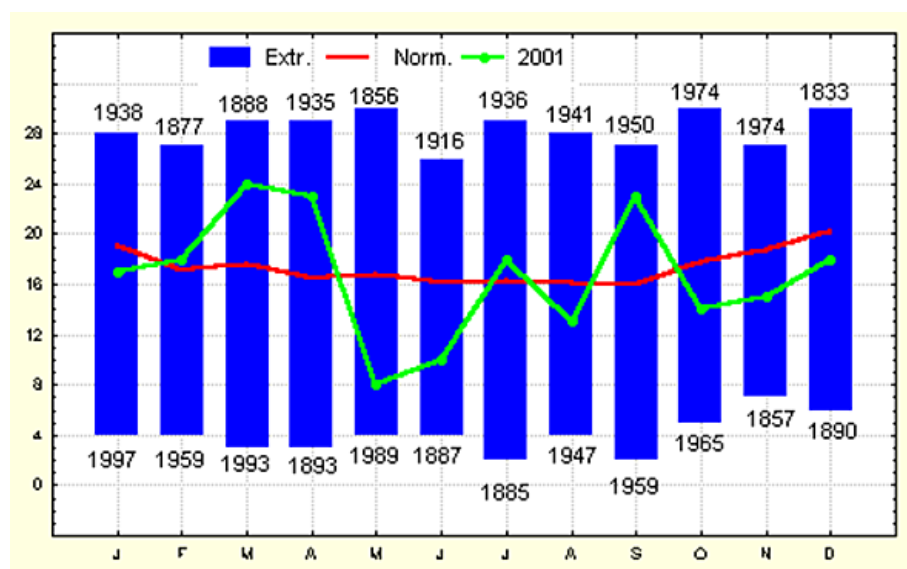
		Verschijsel bereikt of overtroffen één maal in
n	normaal	
a	abnormaal	6 jaar
za	zeer abnormaal	10 jaar
u	uitzonderlijk	30 jaar
zu	zeer uitzonderlijk	100 jaar

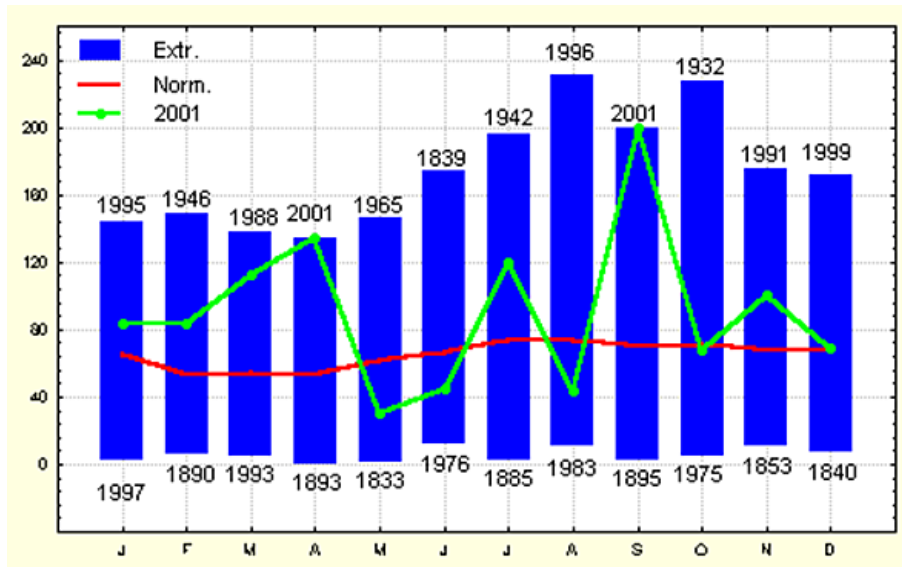


Figuur 25. Temperatuur - Maandelijks gemiddelde van de luchttemperatuur te Ukkel (België) (°C). Normalen en absolute uitersten vanaf 1833.

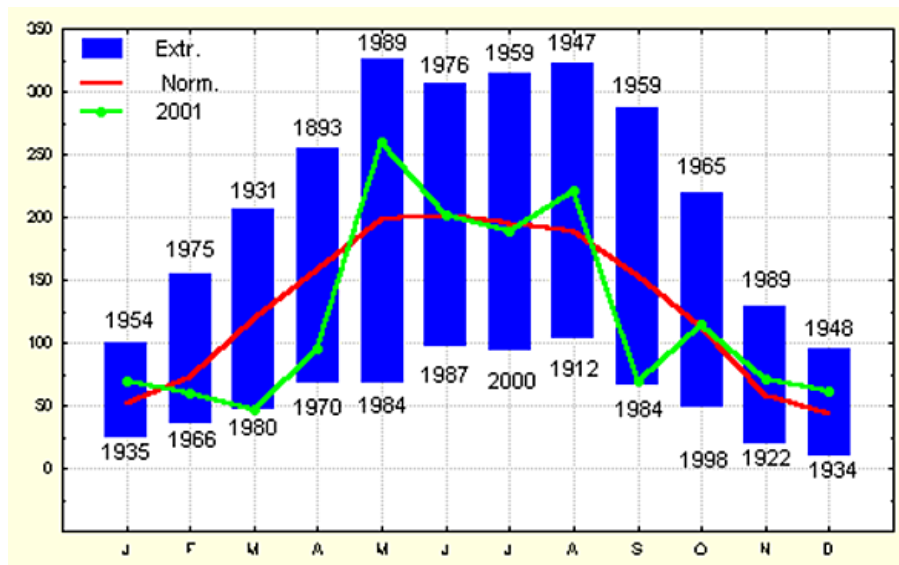
Tabel 2: Waarden voor 2001 en normalen voor de verschillende meteorologische parameters gemeten te Ukkel.

	2001	Normalen
luchtdruk (herleid tot gemiddeld zeeniveau) (hPa).	1015,8	1015,6
gemiddelde windsnelheid (m/s)	3,3	3,6
zonneshijnduur (h)	1455	1555
"ware" gemiddelde temperatuur (°C)	10,7	9,8
gemiddelde maximumtemperatuur (°C)	14,2	13,5
gemiddelde minimumtemperatuur (°C)	7,1	6,3
absolute maximumtemperatuur (°C)	32,7	29,9
absolute minimumtemperatuur (°C)	-6,5	-8,6
aantal vriesdagen (min < 0 °C)	52	52,6
aantal winterse dagen (max < 0 °C)	3	9,9
aantal zomerse dagen (max >= 25 °C)	30	21,3
aantal hittedagen (max >= 30 °C)	5	3,3
gemiddelde relatieve luchtvochtigheid %	83	82
gemiddelde dampdruk (hPa)	11,1	10,3
neerslagtotaal (mm)	1088,5	780,1
aantal neerslagdagen (neerslag >= 0.1)	201	203


 Figuur 26. Aantal neerslagdagen - Maandelijks aantal neerslagdagen te Ukkel (België) (dagen).  
 Normalen en absolute uitersten vanaf 1833.



Figuur 27. Neerslag - Maandelijke totalen van neerslag te Ukkel (België) (mm).  
Normalen en absolute uitersten vanaf 1833.



Figuur 28. Zonneschijnduur - Maandelijke totalen van de zonneschijnduur te Ukkel (België) (uren).  
Normalen en absolute uitersten vanaf 1887.

## 6.2 Het jaar 2001 : een zeer nat jaar.

Het jaar 2001 zal in de annalen van de Belgische klimatologie bekend blijven als een zéér nat jaar. Te Ukkel werden maandelijks neerslagrecords geregistreerd in april en september terwijl er gedurende drie maanden pluviometrische totalen dicht bij 100 mm of meer werden

gemeten. Het jaartotaal van de neerslag is de eerste hoogste waarde sinds het begin van de regelmatige neerslagmetingen te Brussel-Ukkel in 1833.

Te Ukkel was de neerslag dit jaar bijzonder overvloedig : alleen al gedurende vijf maanden werd in totaal 665,9 mm gemeten, terwijl de normale jaarwaarde 780,1 mm bedraagt ( in de klimatologie is de normale een gemiddelde waarde berekend over verschillende jaren, traditioneel is dit 30 jaar). De lente kende twee maanden met veel te veel neerslag : maart (112,3 mm) en april (134,3 mm). Deze laatste waarde is de hoogste waarde voor een aprilmaand sinds 1833 (zie : <http://www.meteo.be/nederlands/pages/Klimatologisch/maartapril2001.htm>). De julimaand was eveneens bijzonder nat met een totaal van 120,1 mm. Merk op dat over 't algemeen deze maand als " minder slecht " werd ervaren dan juli 2000 terwijl er nochtans 13,7 mm meer neerslag viel. Dit is hoofdzakelijk te wijten aan het uitzonderlijk tekort aan zonneshijnduur tijdens juli 2000. De septembermaand was ook een recordmaand wat de neerslag betreft te Ukkel : met 199,4 mm haalden wij bijna 200 mm (zie : [http://www.meteo.be/nederlands/pages/Klimatologisch/september\\_2001.htm](http://www.meteo.be/nederlands/pages/Klimatologisch/september_2001.htm)). Voor de eerste herfstmaand dateerde het vorige record uit 1984 met slechts 0,6 mm minder dan dit jaar. Daarna volgde de maand november die, alhoewel zij gedomineerd werd door hogedrukgebieden (te Ukkel bedroeg de gemiddelde luchtdruk 1022,9 hPa tegenover normaal 1014,4 hPa), een neerslagtotaal kende dat bijna 100 mm bereikte (99,8 mm).

Tijdens dit jaar waren er slechts drie maanden waar de neerslaghoeveelheden lager waren dan de normaalwaarden : mei (30 mm tegenover normaal 61,6 mm), juni (44,5 mm - normaal 67,4 mm), augustus ( 43,4 mm - normaal 74,4 mm).

Tabel 3: De 5 natste jaren sinds 1983.

Jaar	Jaarlijks neerslagtotaal (in mm)
2001	1088,5
1965	1072,9
1966	1055,6
1925	1046,6
1974	1039,6

Vanuit klimatologisch oogpunt is de definitie van een burgerlijk jaar niet erg pertinent. Het " klimatologisch jaar " wordt gedefiniëerd als zijnde de periode van 12 maanden tussen 1 december van het ene jaar (begin van de winter) tot 30 november van het volgende jaar (einde van de herfst). Het klimatologisch jaar 2001 (december 2000 tot november 2001) kende een gecumuleerd record neerslagtotaal sinds 1833 ! Het totaal van deze twaalf maanden bereikte 1077,2 mm ; het vorige record van een klimatologisch jaar dateerde uit 1966 met 1061,5 mm.

Tot slot, meer algemeen, wanneer men de gecumuleerde totalen bekijkt over twaalf opeenvolgende maanden is de recordwaarde te Ukkel deze gevestigd tussen september 1964 en augustus 1965 met 1135,3 mm.



### 6.3 Het project "Century"

Vanuit het standpunt om de bereikbaarheid van de informatie te vergroten, werd het project "Century" opgestart. Tijdens het eerste trimester van 2001 werd het project, dank zij een interdepartementale groep van het KMI, gerealiseerd..

Het betreft klimatologische informatie gericht naar een zeer brede doelgroep, met name klimatologische evenementen uit de 20ste eeuw die in België werden geïnventariseerd.

Century is consulteerbaar, dank zij de elektronische presentatie, via verschillende mogelijkheden. Deze inventarisatie is beschikbaar via [www.meteo.be](http://www.meteo.be) (rubriek waarnemingen, puntje klimatologie). De goed duizend klimatologische evenementen, die werden weerhouden, werden op verschillende manieren geklasseerd:

- Per type (zwarte rukwinden, tornado's, uitzonderlijke neerslag, overstromingen, warmtegolf, ...)
- Per datum
- Per jaar
- Per decennia
- Per seizoen
- En per provincie

Een link naar wetenschappelijke artikels vervolledigt de database en zorgt ervoor dat we een pedagogisch werkinstrument aanbieden, die beschikbaar is voor iedereen.

De pers, zowel Nederlands- als Franstalig, hebben uitgebreid over Century bericht en afgaande op het aantal brieven, omtrent Century, dat we hebben ontvangen is het bij het grote publiek positief overgekomen.



Figuur 29. Een voorbeeld uit "Century". Dertien maanden na de catastrofale overstromingen van december 1993, doen zich tijdens deze maand januari opnieuw overstromingen voor van een uitzonderlijke omvang. Het is voornamelijk het Maasbekken dat getroffen wordt. Deze overstromingen zijn te wijten aan de overvloedige regenval sedert eind december 1994.





## 7 *Keuze van wetenschappelijke publicaties en van conferenties*

---

### 7.1 Publicaties met leetuurcomité

- Balakrishnan V., Nicolis G., Nicolis C., 2001. Recurrence time statistics in chaotic dynamics : multiple recurrences in intermittent chaos, *Stochastics and Dynamics*, 1, 345-359.
- De Backer H., Köpke P., Bais A., de Cabo X., Frei T., Gillotay D., Haite C., Heikkilä A., Kazantzidis A., Koskela T., Kyrö E., Lapeta B., Lorente J., Masson K., Mayer B., Plets H., Redondas A., Renaud A., Schauburger G., Schmalwieser A., Schwander H., Vanicek K., 2001. Comparison of measured and modelled UV indices for the assessment of health risks, *Meteorological Applications*, vol 8(3), 267-277.
- Demarée G. R., Ogilvie A.E.J., 2001. Bons Baisers d'Islande: Climatic, Environmental and Human Dimensions Impacts of the Lakagígar Eruption (1783-1784) in Iceland. In: *History and Climate: Memories of the Future ?* P.D. Jones, A.E.J. Ogilvie, T.D. Davies & K.R. Briffa (Eds.) Kluwer Academic Press / Plenum Publishers, p. 219-246.
- Dewitte S., Joukoff A., Crommelynck D., Lee III R. B., Helizon R., Wilson R. S., 2001. Contribution of the SOLCON program to the long term total solar irradiance observation, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 106, n° A8, pp 759-766.
- Farges T., Jodogne J.-C. et al., 2001. Disturbance of the western European ionosphere during the total solar eclipse of 11 August 1999 measured by a wide ionosonde and radar network. *JASTP* 63, 915-924.
- Kozak J. J., Nicolis C., Nicolis G., Turro N. J., 2001. Modelling of Diffusion-reaction processes involving geminate radical pairs, *J. Phys. Chem. A*, 105, 10949-10951.
- Lemoine R., De Backer H., 2001. Assessment of the Uccle ozone sounding time series quality using SAGE II data, *J. Geophys. Res.*, 106, 14515-14523.
- Nicolis C., Kozak J. J., Nicolis G., 2001. Encounter-controlled reactions between interacting walkers in finite lattices: Complex kinetics and many-body effects, *J. Chem. Phys.*, 115, 663-670.
- Nicolis C., Nicolis G., 2001. Energy dissipation and dynamical complexity in a truncated two-dimensional Navier-Stokes dynamics, *Physica D*, 155, 184-200.



- Nicolis J. S., Nicolis G., Nicolis C., 2001. Nonlinear dynamics and the two-slit delayed experiment. *Chaos, Solitons and Fractals*, 12, 407-416.
- Rasson J.L., 2001. The status of world-wide network of magnetic observatories, their location and instrumentation, *Contributions to Geophysics & Geodesy*, 31, 1, pp 427-453.
- Schulz A., Rex M., Harris N.R.P., Braathen G.O., Reimer E., Alfier R., KilbaneDawe I., Eckermann S., Allaart M., Alpers M., Bojokov B., Ciscernos J., Claude H., Cuevas E., Davies J., De Backer H., Dier H., Dorokhov V., Fast H., Godin S., Johnson B., Kois B., Kondo Y., Kosmisis E., Kyrö E., Litynska Z., Mikkelsen I.S., Molyneux M.J., Murphy G., Nagai T., Nakane H., O'Connor F., Parrondo C., Schmidlin F.J., Skrivankova P., Varotsos C., Vialle C., Viatte P., Zerefos C., von der Gathen P., 2001. Arctic ozone loss in treshold conditions: Match observations in 1997/98 and 1998/99, *J. Geophys. Res.*, 106, 7495-7503.
- Sneyers, R., 2001. La Climatologie, Science ou Littérature ? Un historique du développement de la recherche en climatologie, *La Météorologie*, 8e série-n°36-février 2002, *Revue de la Société météorologique de France*, pp.54-61.
- Termonia P., 2001. On the removal of random variables in data sets of meteorological observations, *Meteorol. Atmos. Phys.* 78, 143-156.
- Tison J.-L., Khazendar A., Roulin E., 2001. A two-phase approach to the simulation of the combined isotope/salinity signal of marine ice. *J. Geophys. Res.* 106, C12, 31,387-31,401.
- Vannitsem S., 2001. Toward a phase-space cartography of the short and medium range predictability of weather regimes, *Tellus*, 53A, 56-73.
- MiddelkoopH., Daamen K., Gellens D., Kwadijk J.C.J., Lang H., Parmet B.W.A.H., Schädler B., Schulla J. and Wilke K., 2001. Impact of climate change on hydrological regimes and water resources management in the Rhine basin. *Climatic Change*, 49, 105-128.

## 7.2 Proefschriften ter verkrijging van een doctoraat

- Chomé, F., 2001. Modèles régionaux de prévision du temps : dynamique, statistique et prévisibilité, Thèse de doctorat (ULB).
- Gérard L., 2001. Physical parameterisations for a high resolution operational numerical weather prediction model, Thèse de doctorat (ULB).

## 7.3 Proceedings

- Alecu A., Munteanu A., Schelkens P., Cornelis J., and Dewitte S., 2001. MAXAD Distortion Minimization for Wavelet Compression of Remote Sensing Data, *Proc. International Symposium on Optical Science and Technology*, vol. 4475, pp 149-160, San Diego, USA.

- Clerbaux N., Dewitte S., Gonzalez L., Ipe A., Nicula B., 2001. Derivation of the top of atmosphere radiative fluxes from SEVIRI: methodology, accuracy and perspectives, Proceedings of the 2001 EUMETSAT Meteorological Satellite Data Users' Conference, pp. 69-76.
- Demarée G. R., 2001. Le pluviographe centenaire du plateau d'Uccle, son histoire, ses données et les applications. Présentation au Colloque international "Origines et Histoire de l'Hydrologie" Dijon, France, 9-11 mai 2001, 10 p.
- De Wit M., Warmerdam P., Torfs P., Uijlenhoet R., Roulin E., Cheymol A., van Deursen W., van Walsum P., Kwadijk J., Ververs M., Buiteveld H., 2001. Effect of climate change on the hydrology of the river Meuse. Dutch National Research Programme on Global Air Pollution and Climate Change, Report no 410 200 090, 143 pp.
- Dewitte S., Nicula B., Clerbaux N., 2001. Homogenisation of radiative fluxes at the top of the atmosphere in the climate monitoring SAF, Proceedings of the 2001 EUMETSAT Meteorological Satellite Data Users' Conference, pp. 489-495.
- Gérard L., (IRM), D. Banciu (INMH), J.-F. Geleyn (Météo France), 2001. Evolution of a deep convection parameterisation scheme for operational models with increasing resolution. Contribution au rapport OMM WGNE.
- Gonzalez L., Dewitte S., Clerbaux N., Ipe A., 2001. On line GERB products from RMIB ground processing, Proceedings of the 2001 EUMETSAT Meteorological Satellite Data Users' Conference, pp. 421-425.
- Ipe A., Dewitte S., Clerbaux N., Gonzalez L., 2001. Validation and homogenisation of cloud properties retrievals for RMIB GERB/SEVIRI scene identification, Proceedings of the 2001 EUMETSAT Meteorological Satellite Data Users' Conference, pp. 231-238.
- Jodogne J.-C., 2001. The 19990811 Eclipse signature on IEC deduced by electron concentration profiles. Proceedings of the Radio Communications Research Units'GPS TEC Workshop, 29-30 November 1999, p70-73.
- Pieroux D., Debal F., Gellens-Meulenberghs F., Quinet A., 2001. Estimation of evapotranspiration all over Europe using MSG remote sensing, Poster presented at the 2001 EUMETSAT Meteorological Satellite Data Users' Conference, Antalya (Turkey), 1-5 October 2001. Proceedings.
- Sneyers, R., 2001. Statistics in Climatology. Determination of and considerations on the instability of the climate evolution. Contribution to the revision of the Guide to Climatological Practices, WMO - No.100. Rapport à la treizième Session de la Commission de Climatologie, 19-30 novembre 2001.
- Termonia P., 2001. Tests of some temporal interpolation schemes for the coupling mechanism, 10th ALADIN workshop on scientific developments, 7-8 June 2001, Toulouse, France.



## 7.4 Interne publicaties

- De Meyer F., 2001. Modulation of the solar and lunar daily geomagnetic variations, Publication scientifique et technique 15, Institut Royal Météorologique, 38 p.
- Roulin E., Cheymol A., Gellens D., 2001. Integrated modelling of the hydrological cycle in relation to global climate change. Final Report of the project GC/DD/08 in the framework of the " Global change and sustainable development " program of the Belgian Federal Services of Scientific, Technical and Cultural Affairs, 62 pp.
- Termonia P., 2001. An overview of the verification of the operational ALADIN forecasts during the year 2000 at the RMIB, Wetenschappelijke en technische publicatie Nr 16.
- Termonia P., Quinet, A. : Het voorspellen van slechte meteorologische condities voor luchtverontreiniging a.h.v. model ALADIN. Project aangevraagd door het Brussels Instituut voor Milieubeheer (BIM/IBGE) uitgaande van het kabinet van minister Gosuin.

## 8 *Lijst van afkortingen*

---

ALADIN: Aire Limitée Adaptation dynamique Développement International

AWZ: Administratie Waterwegen en Zeewezen

BIM: Brussels Instituut voor Milieubeheer

CERES: Clouds and the Earth' Radiant Energy System

COST: COoperation in Science and Technology

DIARAD: Differential Absolute RADiometer

DWD: Deutscher WetterDienst (Duitse Meteorologische Dienst)

DWTC: Diensten voor Wetenschappelijke, Technische en Culturele aangelegenheden (Federale instelling)

ECMWF: European Centre for Medium-range Weather Forecasts (Reading, United Kingdom)

ENVISAT: Environmental Satellite

ESAC: Experimental Study of Atmospheric Changes

ETA staat voor het Amerikaanse kleine schaal model

EUMETSAT: European Organization for the Exploitation of Meteorological Satellites

GERB: Geostationary Earth Radiation Budget

GOME: Global Ozone Monitoring Experiment

IBGE : Institut Bruxellois de la Gestion de l'Environnement

IDCC: International Data Co-ordination Centre

INTERMAGNET: International Real-time Magnetic Observatory Network

KMI: Koninklijk Meteorologisch Instituut

KNMI: Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut

Meteorological Office (U.K.): Service Météorologique du Royaume Uni

MSG: Meteosat Second Generation

NDSC: Network for Detection of Stratospheric Changes



NILU: Noors Instituut voor Luchtonderzoek

NWP (model): Numerical Weather Prediction (model)

OMS: Oceanografisch Meteorologisch Station (te Zeebrugge)

SAF: Satellite Application Facility

SAFIR: Surveillance des orages et Alerte Foudre par Interférométrie Radioélectrique

SAF-LAND: De SAF betreft de energiebalans aan her aardoppervlak

ScaRaB: Scanner for Radiation Budget

SOHO: Solar and Heliospheric Observatory

SOLCON: Solar Constant

SOVAR: Solar Variability

SOVIM: Solar Variability and Irradiance Monitor

SSTC: Services fédéraux des affaires Scientifiques, Techniques et Culturelles

SVAT: Soil-Vegetation-Atmosphere Transfer

TOR: Tropospheric Ozone Research

UIA: Universitaire Instelling Antwerpen

VIRGO: Variability of the Solar Irradiance and Gravity Oscillations

WMO: Wereld Meteorologische Organisatie