

## Dossier

# Impact des vents Météosat

sur les prévisions  
numériques du modèle global australien<sup>(1)</sup>

Nous avons caractérisé l'apport des données de vent dérivées de l'imagerie satellitale Météosat sur les prévisions à courte et moyenne échéances du modèle global australien au moyen d'une expérience de système d'observation. Sur la base d'une étude statistique effectuée pendant le mois de septembre 1996, nous avons mis en évidence un impact positif, localisé sur la zone de visée du satellite jusqu'à deux jours d'échéance. À trois, puis à quatre jours, la prévision des courants jets est améliorée sur l'océan Indien et l'ouest de l'Australie. Cette approche est complétée par une étude de cas à l'échelle des phénomènes synoptiques. Nous illustrons la complexité et l'enjeu de la sélection des données par le système d'assimilation sur un cas particulier où les données Météosat ont contribué à dégrader ponctuellement les prévisions.

## Sommaire

### Dossier

Impact des vents Météosat sur les prévisions numériques du modèle global australien 2

### Voyage

Les Anciens en Avignon et en Camargue 6

### La vie de l'Association

Animation au collège Henri-Dunant 9  
Portes ouvertes à Trappes 10

### Au temps passé

1920-1930 :  
une décennie de renaissance 12  
L'hivernage 1949-1950  
au Groenland 18

Informations et courrier 21

Les mots croisés de l'ami Jacques 23

## Introduction

Depuis le début des années soixante-dix, l'imagerie des satellites géostationnaires permet de suivre le déplacement des masses nuageuses et d'en déduire de l'information sur la dynamique horizontale de l'atmosphère (Paileux, 1996). Ces observations indirectes de vent ou « vents dérivés de nuages » (VDN) sont utilisées depuis près de vingt ans par les modèles numériques de prévision du temps. Ce n'est que plus récemment que des études (Kallberg et al., 1982) ; (Uppala et al., 1984) ont étayé l'hypothèse intuitive selon laquelle des VDNs apportent une information utile sur l'état de l'atmosphère, particulièrement dans les zones peu observées par les mesures conventionnelles, comme les domaines océaniques.

Plus précisément, il a été établi que les VDNs ont généralement un impact positif sur la qualité des analyses et des prévisions jusqu'à trois jours d'échéance sur la bande tropicale ; ils permettent également une amélioration aux latitudes moyennes de l'hémisphère sud, alors que leur impact reste marginal dans l'hémisphère nord. La qualité intrinsèque des VDNs est comparable à celle des mesures des radiosondes aux niveaux inférieurs à 500 hPa, mais elle se détériore systématiquement aux niveaux plus élevés où la vitesse réelle du vent est importante. À la fin des années

Les articles parus dans la présente revue, sont publiés sous la responsabilité de leurs auteurs.

Couverture : promenade en Camargue

(1) La présente étude représente le travail réalisé par la candidate ayant obtenu le prix de l'AAM au titre de 1997, la remise officielle ayant été effectuée à Toulouse le 6 mai 1998. (Voir page 11).

quatre-vingt (Kelly et Pailleux, 1989), il a été constaté que la mauvaise appréciation des courants jets conduit parfois à un impact négatif sur les latitudes moyennes de l'hémisphère nord. En s'améliorant, les modèles de prévision numérique sont en effet devenus de plus en plus sensibles à la qualité des données : des observations cohérentes mais imprécises peuvent entâcher la prévision d'une erreur supérieure à celle des paramétrisations.

Deux motivations principales sont à l'origine de la présente étude de l'impact des VDNs déduits de l'imagerie satellitale *Météosat* sur le modèle numérique global australien de prévision du temps (GASP : Global Assimilation and Prediction system). La première est de qualifier l'apport de ces vents sur les tropiques et l'hémisphère sud spécifiquement pour le Gasp, comme cela a déjà été fait pour d'autres modèles globaux. La seconde est particulière à la météorologie australienne ; l'importance de la contribution zonale à la circulation atmosphérique dans l'hémisphère sud laisse penser que les développements observés sur la zone de visée de *Météosat*, en particulier au sud et au sud-est de l'Afrique, atteignent l'ouest australien quelques jours plus tard. Après avoir succinctement décrit la méthodologie mise en œuvre, nous présentons les principaux résultats d'une approche statistique de l'impact des VDNs *Météosat* sur les champs analysés et prévus jusqu'à cinq jours d'échéance. Enfin, sur un cas particulier, nous illustrons la complexité de la problématique des études d'impact des données sur un système d'assimilation et de prévision.

## Méthodologie

Nous avons réalisé une Expérience de Système d'Observation (ESO). Cette méthode (voir par exemple (Bourke et al., 1982), aujourd'hui classique, consiste à effectuer en parallèle deux cycles d'assimilation : dans l'un, les observations utilisées par l'analyse incluent celles dont on cherche à évaluer l'impact ; dans l'autre, elles les excluent. À partir des deux jeux d'analyses obtenus, l'intégration temporelle du modèle procure deux jeux de prévisions. Les deux jeux de champs météorologiques – analysés et

prévus – sont comparés, à l'aide d'une approche statistique simple et d'études de cas significatifs. Si elle est coûteuse en termes de temps de calcul, l'ESO est le seul moyen direct d'apprécier l'impact d'un système d'observation. Conformément à la terminologie habituellement employée, le cycle d'assimilations et de prévisions incluant toutes les observations, y compris les VDNs *Météosat*, sera appelé « contrôle » ; celui excluant ces VDNs, « test ».

Les systèmes d'assimilation et de prévision sont ceux utilisés opérationnellement par le Bureau météorologique australien dans le cadre du Gasp. Après un contrôle de qualité, les données sont assimilées toutes les six heures par une technique d'interpolation optimale multivariée (Seaman et al., 1995). L'initialisation se fait par modes normaux non linéaires incrémentaux. Le modèle de prévision est global spectral à 19 niveaux verticaux, avec une troncature triangulaire T79 correspondant à une résolution horizontale de 250 km environ.

Nous avons choisi comme période d'étude le mois de septembre 1996, marqué par le passage d'une dizaine de fronts froids sur l'océan Indien et le sud australien (BMRC, 1996). Concrètement, pour chaque jour du mois d'étude et pour chaque expérience, « contrôle » et « test », nous avons effectué quatre cycles d'assimilation, à raison d'une toutes les six heures, et nous avons lancé le modèle de prévision jusqu'à cinq jours d'échéance à partir de l'analyse de 12 h UTC.

## Approche statistique : résultats

Bien que l'interpolation optimale soit multivariée, l'impact des VDNs *Météosat* sur les analyses porte exclusivement sur le paramètre vent ; il est à noter que cette information ne représente en général qu'une faible contribution au nombre total des données disponibles. Par ailleurs les ébauches, qui sont dans notre cas des prévisions à 6 heures, ne sont pas significativement différentes entre le « contrôle » et le « test » pour les paramètres autres que le vent ; les différences éventuelles se présenteraient donc au delà de cette échéance. Cependant, un impact positif a été mis en évidence sur les champs d'assimilation du vent : les ébauches et

les analyses ajustent systématiquement mieux les observations de vent indépendantes (principalement VDNs des satellites géostationnaires américain *Goes* et indien *Insat*) dans le cas du « contrôle » que dans le cas du « test ». Ceci montre que les VDNs *Météosat* fournissent une information de valeur, qui est effectivement prise en compte par le système d'assimilation et est conservée au moins jusqu'à l'échéance 6 heures. En outre, nous avons pu conclure que l'information produite par *Météosat* est cohérente avec celle des deux autres satellites géostationnaires visant sur le domaine.

Pour ce qui concerne les prévisions du modèle jusqu'à 5 jours, nous avons constaté un impact statistiquement neutre pour tous les paramètres à l'échelle globale, aussi bien sur les calottes extra-tropicales nord et sud que sur la bande tropicale (30° N - 30° S). Un impact positif a néanmoins été mis en évidence à l'échelle continentale, à nouveau uniquement pour le paramètre vent : les VDNs *Météosat* améliorent effectivement la prévision de vent à un et deux jours d'échéance à tous les niveaux verticaux sur le sud de l'Afrique (0° - 50° S ; 30° O - 60° E). À de plus longues échéances, l'amélioration se limite aux niveaux élevés et se propage vers l'est. On constate ainsi un impact positif sur la prévision des courants jets, entre 400 et 200 hPa ; sur l'Australie, l'amélioration est sensible à trois jours, culmine à quatre jours et disparaît aux échéances ultérieures. À titre illustratif, l'écart quadratique moyen entre la prévision à quatre jours et les observations des radiosondes au-dessus du continent australien sur le mois de septembre 1996 est de 15,2 m.s<sup>-1</sup> lorsque les VDNs *Météosat* sont pris en compte et de 15,7 lorsqu'ils ne le sont pas. Au-delà de quatre jours, nous estimons que l'apport de ces vents devient négligeable par rapport aux autres sources d'erreur pour ces échéances : approximations dans les équations de base, aspects numériques et insuffisance des paramétrisations physiques, notamment dans la région tropicale. Le bénéfice apporté par les VDNs *Météosat* pour les prévisions sur l'Australie, statistiquement mesuré pour le mois de septembre 1996, est quantitativement inférieur à ce qui était attendu par les prévisionnistes australiens. Ces derniers consultent

quatre-vingt (Kelly et Pailleux, 1989), il a été constaté que la mauvaise appréciation des courants jets conduit parfois à un impact négatif sur les latitudes moyennes de l'hémisphère nord. En s'améliorant, les modèles de prévision numérique sont en effet devenus de plus en plus sensibles à la qualité des données : des observations cohérentes mais imprécises peuvent entâcher la prévision d'une erreur supérieure à celle des paramétrisations.

Deux motivations principales sont à l'origine de la présente étude de l'impact des VDNs déduits de l'imagerie satellitale *Météosat* sur le modèle numérique global australien de prévision du temps (GASP : Global Assimilation and Prediction system). La première est de qualifier l'apport de ces vents sur les tropiques et l'hémisphère sud spécifiquement pour le Gasp, comme cela a déjà été fait pour d'autres modèles globaux. La seconde est particulière à la météorologie australienne ; l'importance de la contribution zonale à la circulation atmosphérique dans l'hémisphère sud laisse penser que les développements observés sur la zone de visée de *Météosat*, en particulier au sud et au sud-est de l'Afrique, atteignent l'ouest australien quelques jours plus tard. Après avoir succinctement décrit la méthodologie mise en œuvre, nous présentons les principaux résultats d'une approche statistique de l'impact des VDNs *Météosat* sur les champs analysés et prévus jusqu'à cinq jours d'échéance. Enfin, sur un cas particulier, nous illustrons la complexité de la problématique des études d'impact des données sur un système d'assimilation et de prévision.

## Méthodologie

Nous avons réalisé une Expérience de Système d'Observation (ESO). Cette méthode (voir par exemple (Bourke et al., 1982), aujourd'hui classique, consiste à effectuer en parallèle deux cycles d'assimilation : dans l'un, les observations utilisées par l'analyse incluent celles dont on cherche à évaluer l'impact ; dans l'autre, elles les excluent. À partir des deux jeux d'analyses obtenus, l'intégration temporelle du modèle procure deux jeux de prévisions. Les deux jeux de champs météorologiques – analysés et

prévus – sont comparés, à l'aide d'une approche statistique simple et d'études de cas significatifs. Si elle est coûteuse en termes de temps de calcul, l'ESO est le seul moyen direct d'apprécier l'impact d'un système d'observation. Conformément à la terminologie habituellement employée, le cycle d'assimilations et de prévisions incluant toutes les observations, y compris les VDNs *Météosat*, sera appelé « contrôle » ; celui excluant ces VDNs, « test ».

Les systèmes d'assimilation et de prévision sont ceux utilisés opérationnellement par le Bureau météorologique australien dans le cadre du Gasp. Après un contrôle de qualité, les données sont assimilées toutes les six heures par une technique d'interpolation optimale multivariée (Seaman et al., 1995). L'initialisation se fait par modes normaux non linéaires incrémentaux. Le modèle de prévision est global spectral à 19 niveaux verticaux, avec une troncature triangulaire T79 correspondant à une résolution horizontale de 250 km environ.

Nous avons choisi comme période d'étude le mois de septembre 1996, marqué par le passage d'une dizaine de fronts froids sur l'océan Indien et le sud australien (BMRC, 1996). Concrètement, pour chaque jour du mois d'étude et pour chaque expérience, « contrôle » et « test », nous avons effectué quatre cycles d'assimilation, à raison d'une toutes les six heures, et nous avons lancé le modèle de prévision jusqu'à cinq jours d'échéance à partir de l'analyse de 12 h UTC.

## Approche statistique : résultats

Bien que l'interpolation optimale soit multivariée, l'impact des VDNs *Météosat* sur les analyses porte exclusivement sur le paramètre vent ; il est à noter que cette information ne représente en général qu'une faible contribution au nombre total des données disponibles. Par ailleurs les ébauches, qui sont dans notre cas des prévisions à 6 heures, ne sont pas significativement différentes entre le « contrôle » et le « test » pour les paramètres autres que le vent ; les différences éventuelles se présenteraient donc au delà de cette échéance. Cependant, un impact positif a été mis en évidence sur les champs d'assimilation du vent : les ébauches et

les analyses ajustent systématiquement mieux les observations de vent indépendantes (principalement VDNs des satellites géostationnaires américain *Goes* et indien *Insat*) dans le cas du « contrôle » que dans le cas du « test ». Ceci montre que les VDNs *Météosat* fournissent une information de valeur, qui est effectivement prise en compte par le système d'assimilation et est conservée au moins jusqu'à l'échéance 6 heures. En outre, nous avons pu conclure que l'information produite par *Météosat* est cohérente avec celle des deux autres satellites géostationnaires visant sur le domaine.

Pour ce qui concerne les prévisions du modèle jusqu'à 5 jours, nous avons constaté un impact statistiquement neutre pour tous les paramètres à l'échelle globale, aussi bien sur les calottes extra-tropicales nord et sud que sur la bande tropicale (30° N - 30° S). Un impact positif a néanmoins été mis en évidence à l'échelle continentale, à nouveau uniquement pour le paramètre vent : les VDNs *Météosat* améliorent effectivement la prévision de vent à un et deux jours d'échéance à tous les niveaux verticaux sur le sud de l'Afrique (0° - 50° S ; 30° O - 60° E). À de plus longues échéances, l'amélioration se limite aux niveaux élevés et se propage vers l'est. On constate ainsi un impact positif sur la prévision des courants jets, entre 400 et 200 hPa ; sur l'Australie, l'amélioration est sensible à trois jours, culmine à quatre jours et disparaît aux échéances ultérieures. À titre illustratif, l'écart quadratique moyen entre la prévision à quatre jours et les observations des radiosondes au-dessus du continent australien sur le mois de septembre 1996 est de 15,2 m.s<sup>-1</sup> lorsque les VDNs *Météosat* sont pris en compte et de 15,7 lorsqu'ils ne le sont pas. Au-delà de quatre jours, nous estimons que l'apport de ces vents devient négligeable par rapport aux autres sources d'erreur pour ces échéances : approximations dans les équations de base, aspects numériques et insuffisance des paramétrisations physiques, notamment dans la région tropicale. Le bénéfice apporté par les VDNs *Météosat* pour les prévisions sur l'Australie, statistiquement mesuré pour le mois de septembre 1996, est quantitativement inférieur à ce qui était attendu par les prévisionnistes australiens. Ces derniers consultent

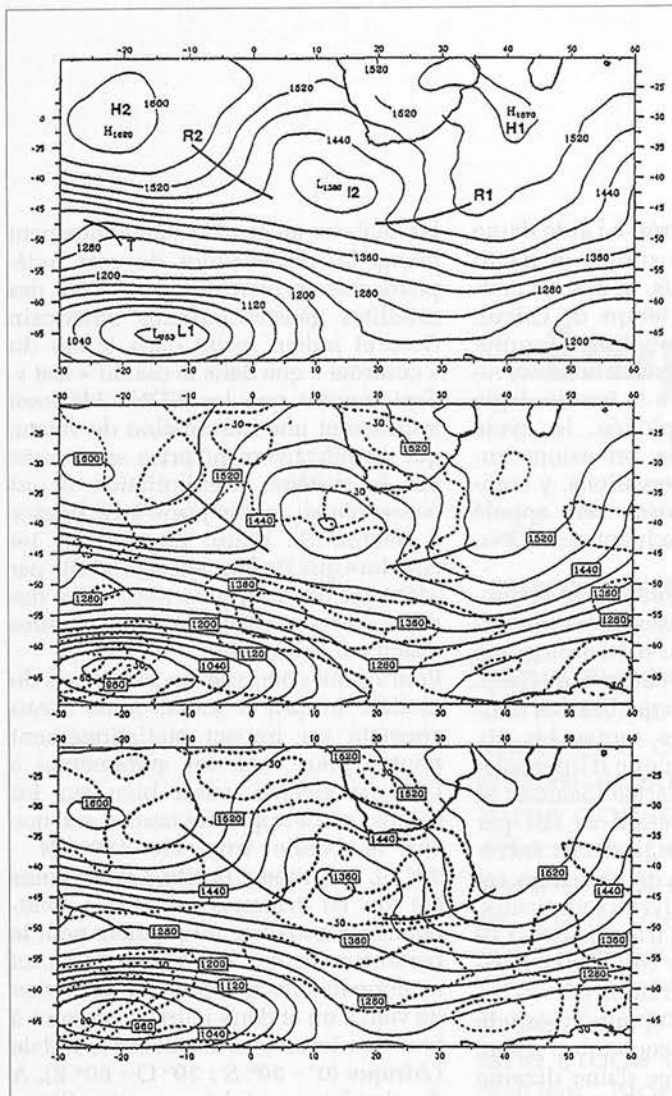


Figure 1 - De haut en bas : analyse opérationnelle de géopotentiel à 850 hPa pour le 16 septembre 1996 à 12 h TU ; prévision 24 h et erreur du « contrôle » pour cette même date ; idem pour le « test ».

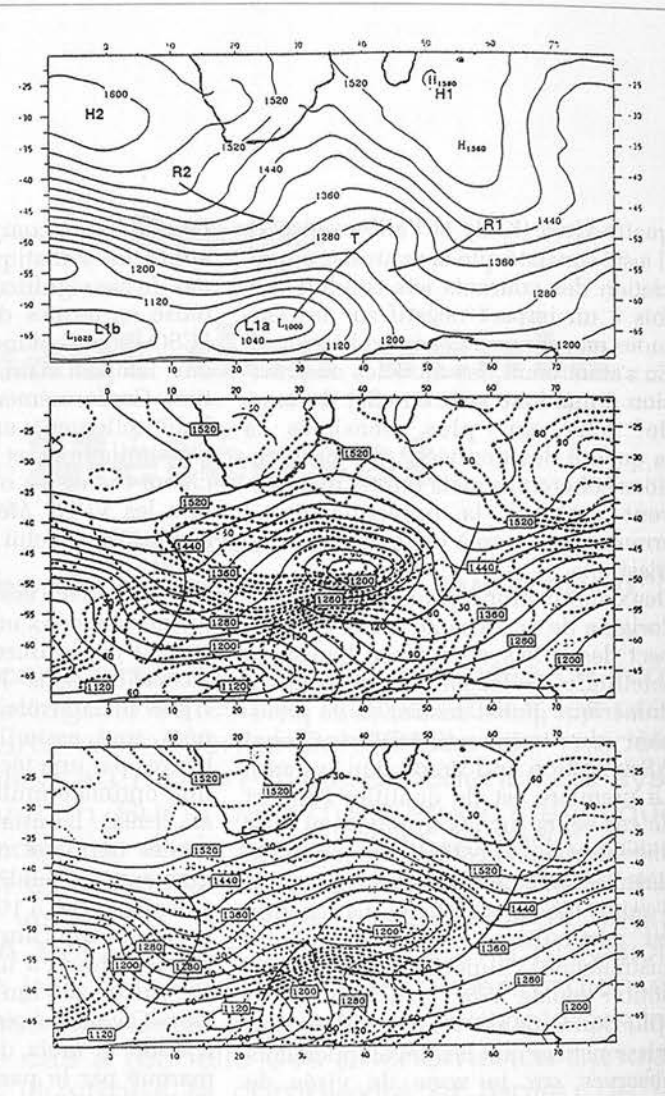


Figure 2 - De haut en bas : analyse opérationnelle de géopotentiel à 850 hPa pour le 18 septembre 1996 à 12 h TU ; prévision 72 h et erreur du « contrôle » pour cette même date ; idem pour le « test ».

en effet régulièrement les données de vent sur cette zone, en particulier aux îles Kerguelen et Crozet, pour affiner les prévisions aux échéances moyennes sur l'ouest du continent. Rejetant, après examen, la possibilité que la qualité des VDNs *Météosat* ait été inférieure à la moyenne pendant la durée du test, nous avons émis l'hypothèse que l'explication principale résidait dans les imperfections du système d'assimilation et du modèle de prévision : les erreurs liées à des aspects numériques ou consécutives aux paramétrisations physiques sur les tropiques dominent probablement les erreurs dues aux incertitudes sur l'état initial au-delà de la très courte échéance.

## Une étude de cas

Dans le cadre d'une ESO, les études de cas complètent avantageusement l'approche statistique. Elles permettent de porter la comparaison des cycles « contrôle » et « test » à l'échelle des

phénomènes météorologiques élémentaires et de relier les différences constatées dans les champs analysés initiaux aux évolutions ultérieures éventuellement divergentes. Au cours de cette étude, nous avons considéré plusieurs cas de septembre 1996. Nous avons décidé de comparer les situations à partir des cartes de géopotentiel à 850 hPa. Nous présentons ici un cas apparemment paradoxal où le « contrôle » est moins juste que le « test » : la date de base est le 15 septembre 1996 à 12 h UTC. Il convient immédiatement de préciser que ce cas est atypique et que, en accord avec les résultats statistiques, l'utilisation des VDNs *Météosat* améliore le plus souvent l'estimation de l'état initial sur la zone de visée et la prévision des développements ultérieurs (voir Baverez, 1997).

Les figures 1 et 2 présentent respectivement les prévisions du géopotentiel à 850 hPa, à 24 h et à 72 h, pour le « contrôle » et le « test » en regard avec les analyses opérationnelles pour les

échéances correspondantes. Pour ces deux figures les isolignes du géopotentiel, en noir, sont espacées de 40 mgp ; les isolignes de l'erreur correspondante par rapport à l'analyse sont en pointillés, rouges pour les valeurs négatives et verts pour les valeurs positives, espacées de 15 mgp ; le tracé des continents est en bleu. L'analyse opérationnelle pour le 16 septembre 1996 à 12 h UTC (figure 1, haut) montre deux dépressions L1 (953 mgp à 65° S - 15° O) et L2, moins marquée (1 380 mgp à 42,5° S - 15° E), ainsi que deux dorsales R1 et R2, qui ont pour origine respective les hautes géopotentiels H1 (1 570 mgp à 30° S - 40° E) et H2 (1 620 mgp à 30° S - 20° O) situés de part et d'autre de L2. La prévision 24 h du « contrôle » (figure 1, centre) sous-estime H1 et H2 de 15 à 20 mgp et la dorsale R1 n'est pas assez marquée ; les bas géopotentiels L1 et L2 sont légèrement trop profonds et L1 est 5° environ trop à l'ouest. De plus, à l'est de R1, il y a une zone étendue de pressions sures-

timées. Pour cette même échéance, le « test » présente des défauts similaires, bien que moins marqués (figure 1, bas). Pour l'échéance 72 h (voir la figure 2), le « contrôle » et le « test » ont un comportement plus sensiblement distinct. Par comparaison avec l'analyse opérationnelle à la même date, si les deux prévisions placent mal la dorsale R2, elles proposent un scénario différent pour l'interaction entre le thalweg T et la dorsale R1. Le « test » réalise une prévision convenable alors que le « contrôle » affaiblit le thalweg T et surestime l'extension spatiale de la dorsale R1, ce qui tend à isoler un bas géopotential. La dynamique ultérieure prévue par le « contrôle » est significativement plus erronée que celle prévue par le « test ». Dans cette situation l'information apportée par les VDNs *Météosat* a détérioré la prévision à moyenne échéance du modèle. Précisément, nous avons cherché à déterminer si la différence entre les initialisations du « contrôle » et du « test » avait pour origine principale une différence entre les deux ébauches ou un comportement différentiel du système d'assimilation des données en présence ou en l'absence des VDNs *Météosat*. Cette étude est décrite en détail dans (Baverez, 1997) ; nous concluons que la cause principale de la divergence est une ébauche moins bonne dans le cas du « contrôle ». Cependant, nous avons mis en évidence une autre cause importante : un type de données, les PAOBs, porteurs d'une information valable, est en léger désaccord avec les VDNs et est en grande partie ignoré par l'assimilation du « contrôle ». Les PAOBs sont des valeurs de pression au niveau de la mer estimées manuellement par les prévisionnistes australiens : il ne s'agit donc pas à proprement parler d'observations, mais Seaman et al. (1993) ont démontré que leur prise en compte améliore statistiquement les analyses et elles sont employées opérationnellement. Pour notre cas, disposant des données *Météosat* cohérentes entre elles, le système d'assimilation n'a pas donné un poids suffisamment important aux PAOBs ; dans le cas du « test », en l'absence de données en concurrence directe avec elles, les PAOBs ont été prises en compte. Cette étude de cas illustre une problématique centrale de l'assimilation de

données : comment choisir la confiance statistique respective en chacun des systèmes d'observation ? Il est réducteur de considérer une erreur d'observation pour chaque système, uniforme à la fois dans l'espace et dans le temps, indépendamment de la situation météorologique, et ce, que ce soit dans le cadre de l'interpolation optimale ou de l'analyse variationnelle. Il est par exemple difficile de déterminer si une donnée, qui se distingue nettement de ses voisines, est grossièrement erronée ou bien constitue une information unique pour la prévision d'un événement exceptionnel. L'assimilation des données ne consiste plus seulement à une mise en forme des observations pour alimenter le modèle de prévision ; il s'agit aujourd'hui de savoir introduire dans les systèmes d'assimilation un peu de l'expérience et de l'expertise du prévisionniste humain.

## Conclusion

Les VDNs *Météosat* ont un impact modéré sur les prévisions à courte et moyenne échéances du modèle global de prévision australien. Ils permettent néanmoins une meilleure prévision des champs de vent sur la zone de visée et améliorent la prévision des courants jets sur l'ouest du continent australien. Au-delà de quatre jours cette amélioration disparaît ; l'erreur sur la condition initiale est probablement déjà dominée à cette échéance par l'erreur de prévision. Un modèle adjoint au Gasp sera bientôt disponible et permettra de croiser cette étude avec une étude de sensibilité aux conditions initiales.

### ◆ Aline Baverez

Météo-France, CNRM  
42, avenue G. Coriolis - 31200 Toulouse  
Email : baverez@cnrm.meteo.fr

Étude réalisée de janvier à juin 1997 au Centre de Recherches du Bureau météorologique australien de Melbourne sous la direction de MM. Steinle P., Seaman R. et Bourke W.

## Références

- Bourke W., Puri K. et R. Seaman, **1982** : "Numerical weather prediction studies from the FGGE southern hemisphere database", *Monthly Weather Review*, 110, pp. 1 787-1 800.
- Baverez A., **1997** : "Impact of *Meteosat* Cloud Drift Winds upon Gasp Operational Short and Medium Range Forecasts", *note de travail de l'ENM n° 584*. Voir aussi les références citées.
- BMRC, **1996** : "Monthly weather review for Western Australia, South Australia and Victoria - september 1996", *Bureau of Meteorology, Melbourne, Australie*.
- Kallberg P., Uppala S., Gustafsson N. et J. Pailleux, **1982** : "The impact of cloud track wind data on global analyses and medium range forecasts", *ECMWF Technical Report n° 34*, ECMWF, Reading, Royaume-Uni.
- Kelly G. et J. Pailleux, **1989** : "A study assessing the quality and impact of cloud track winds using the ECMWF analysis and forecast system", *proc. ECMWF/Eumetsat workshop on the use of satellite data in operational numerical weather prediction*, mai 1989, Reading, Royaume-Uni, 2, pp. 317-338.
- Pailleux J., **1996** : "Impact des mesures satellitaires sur la prévision numérique", *La Météorologie*, 8<sup>e</sup> série, n° 15, septembre 1996, pp. 5-18.
- Seaman R., Bourke W., Steinle P., Hart T., Embery G., Naughton M. et L. Rikus, **1995** : "Evolution of the Bureau of Meteorology's Global Assimilation and Prediction System. Part 1 : analysis and initialisation", *Australian Met. Mag.*, 44, pp. 1-18.
- Seaman R., Steinle P., P. Wourke et T. Hart, **1993** : "The impact of manually derived Southern Hemisphere sea level pressure data upon forecasts from a global model", *Weather Forecastings*, 8, pp. 363-368.
- Uppala S., Hollingsworth A., Tibaldi S. et P. Kallberg, **1984** : "Results from two recent observing system experiments at the ECMWF", *proc. ECMWF seminar*, septembre 1984, Reading, Royaume-Uni.