

DOLMEN

Développement de l'outil opérationnel du nivologue départemental de METEO-FRANCE

J.L Dumas et l'équipe de projet DOLMEN
Météo-France / CNRM / Centre d'Études de la Neige, Grenoble
Mèl : Jean-Louis.Dumas@meteo.fr

1 – ORGANISATION DE LA PREVISION DU RISQUE D'AVALANCHE (PRA) EN FRANCE

On cite bien souvent le triptyque Observer / Analyser / Prévoir pour caractériser cette prévision qui s'effectue à l'échelle du massif montagneux (23 pour les Alpes – 11 pour les Pyrénées, Andorre comprise – 2 pour la Corse) et ce à partir de neuf centres départementaux de Météo-France.

Cette prévision s'appuie historiquement sur les données fournies par le réseau d'observations nivo-météo qui comprend 150 sites environ, principalement des stations de sport d'hiver, effectuant bi quotidiennement (08h et 13h) des observations nivo-météo détaillées, et hebdomadairement des sondages par battage. Ce réseau est complété par une vingtaine de stations automatiques d'altitude (réseau Nivôse) mesurant au pas horaire hauteur de neige, température, humidité et vent.

Durant la saison hivernale, le nivologue départemental concentre tous les jours les données de son département, les analyse, détermine la structure du manteau neigeux et en déduit sa stabilité. En prenant en compte les prévisions météorologiques, il détermine l'évolution de ces divers paramètres et rédige le Bulletin de Risque d'Avalanches diffusé sur de multiples média.

Deux « Points Focaux » (Grenoble pour Alpes-Corse – Tarbes pour les Pyrénées) complètent le dispositif pour gérer entre autre la vigilance avalanche.

Enfin le Centre d'Etudes de la Neige remplit plusieurs fonctions :

- Recherche fondamentale et appliquée sur la neige, les avalanches, l'impact de l'évolution climatique, ...

- Développement instrumental spécifique
- Développement d'outils pour la PRA opérationnelle
- Coordination nationale de la PRA

Depuis plus de 20 ans, le CEN a développé des applications informatiques opérationnelles pour l'analyse des données "neige", ainsi que des modèles pour la prévision du risque d'avalanches : **Safran** (analyse météorologique fine) – **Crocus** (modèle d'évolution du manteau neigeux) – **Mepra** (analyse de la stabilité du manteau neigeux).

"Poste Nivologie" est désormais le poste de travail quotidien du nivologue départemental de Météo-France, et pour la première fois un accès direct aux résultats de la modélisation est possible.

2 – "POSTE NIVOLOGIE"

L'application gère toutes les données nivo-météorologiques (observations nivo-météo, sondages par battage, risques d'avalanches prévus, hauteurs de neige estimées et prévues). L'archive de l'ensemble des données existantes (depuis 1970 pour de nombreuses stations) est disponible en ligne

L'écran principal de "Poste Nivologie" dispose d'une barre d'outils qui permet l'accès à toutes les fonctions regroupées par type de données. A noter que cette application dispose du même « look » et de la même ergonomie que ceux des applications utilisées pour la prévision météorologique par exemple.

2.1 – Saisie de données

Cette fonction est disponible pour les massifs (zones géographiques de 400 km² environ, ex : Chablais, Vanoise) appartenant à la zone de responsabilité du Centre Départemental Météorologique. De nombreux

tests sont effectués pour garantir la bonne qualité des données dans la base de données locale. Quand une donnée est enregistrée sur disque, une transmission est automatiquement effectuée à travers le réseau de transmission de Météo-France pour alimenter l'ensemble des bases.

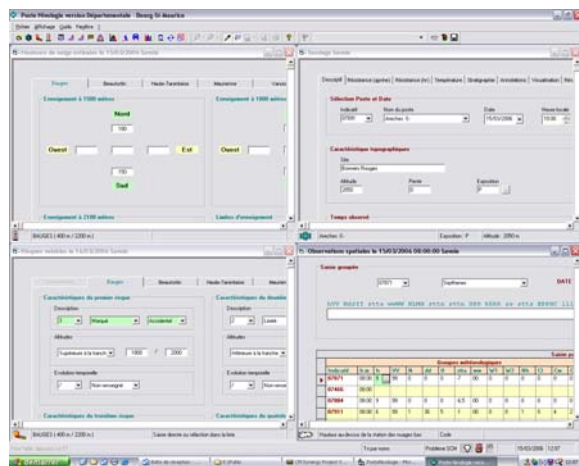


Figure 1: Quatre fenêtres de saisie : hauteur de neige estimée, sondage par battage, risque d'avalanche prévu et observations nivo-météo.

2.2 – Visualisations

De nombreux écrans sont disponibles : sondage détaillé (avec gradient de température, indice de stabilité (rapport cisaillement/contrainte)), sondages chronologiques, sondages multipostes, graphes temporels des principaux paramètres nivo-météo, cartes, histogrammes, ...

Chaque nivologue peut visualiser les données sur son propre département et sur les massifs les plus proches (zone d'intérêt).

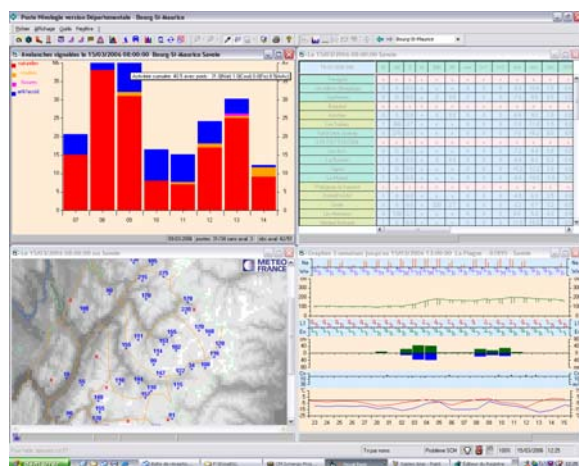


Figure 2 : Quatre fenêtres de visualisation d'observations : histogramme chronologique d'avalanches observées, carte, tableau et graphe temporel d'observations nivo-météo.

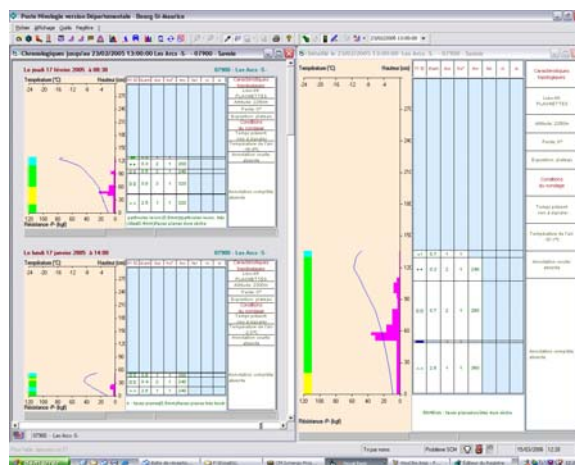


Figure 3 : Affichage simultané de trois sondages par battage.

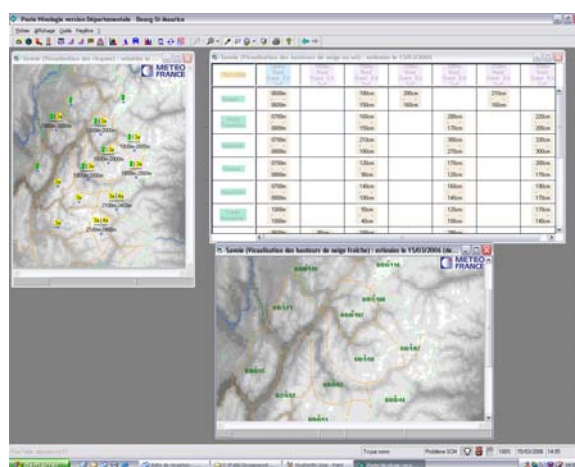


Figure 4 : Trois fenêtres pour la visualisation de la hauteur de neige estimée et du risque d'avalanches prévu sous forme de cartes ou tableaux.

2.3 – Modelisation

Safran-Crocus-Mepra fait l'objet du chapitre suivant.

Le modèle de recherche de journées analogues « Astral » est totalement intégré à l'application avec une interface graphique adaptée. Il s'agit du modèle fourni aux stations de sport d'hiver qui disposent de données de suffisamment bonne qualité, en particulier en terme de continuité temporelle. Les données d'entrée peuvent être observées ou estimées par le nivologue. Celui-ci peut jouer très rapidement de nombreux scénarii de prévision.

2.4 – Utilitaires

La configuration de l'application est simple ; de nombreuses options peuvent être définies par l'utilisateur.

Les métadonnées, qui caractérisent les points de mesure, sont synchronisées

automatiquement avec la base nationale de référence située à Toulouse.

Plusieurs autres utilitaires sont disponibles : comptabilités, fonctions d'export de données sous forme de fichiers ASCII pour une utilisation par un tableur et fichiers GELINIV, exploitables par le logiciel éponyme distribué par Météo-France aux postes du réseau nivo-météo, impression, gestion de la base de données.

3 – MODELISATION : Safran-Crocus-Mepra

La chaîne "Safran-Crocus-Mepra" est à la base un produit recherche développé par le CEN ; elle a eu par la suite un usage « semi opérationnel » pour les nivologues départementaux depuis 1994.

Ces nivologues pouvaient accéder à un faible nombre de résultats (graphiques et alphanumériques) via un mini site web. L'environnement informatique de cette chaîne, basé sur les ressources informatiques du CEN, un centre de recherche, ne pouvait en aucun cas être qualifié de pleinement opérationnel.

Pour améliorer cette situation un projet nommé DOLMEN a été créé en février 2004. Ses objectifs étaient de :

- Enrichir les fonctionnalités de « Poste Nivologie », application équipant le poste de travail quotidien du nivologue départemental.
- Implanter dans un contexte totalement opérationnel la chaîne Safran / Crocus / Mepra (SCM)
- Développer une imagerie à la fois détaillée mais aussi synthétique permettant d'accéder aux résultats de la modélisation.
- Former les utilisateurs à ces nouveaux produits (méthodologie de travail, connaissance des limites) ainsi que les agents chargés de superviser l'exploitation de ces applications.

La direction générale de Météo-France souhaitant affirmer l'importance de ce projet, et de plus le domaine d'intervention de celui-ci étant très transverse à l'établissement, un projet **national** a été créé. Son organisation est détaillée dans le chapitre 4.

3.1 – Safran

Ce modèle d'analyse météorologique fine à échelle d'un massif assimile l'ensemble de l'information météorologique disponible sur sa zone (modèles, observations au sol quelque soit la provenance, observations en altitude, analyse satellite, ...).

Safran est désormais implanté sur le centre de calcul de Météo-France à Toulouse. Quatre runs quotidiens fournissent des résultats (interpolation horaire et analyse sur 24 h) qui sont encodés au format BUFR (code binaire international de l'OMM) et diffusés via RETIM2000, le réseau de diffusion d'informations par satellite de Météo-France.

Il y a des runs en mode analyse et en mode prévision à 24 et 48 heures.

Un journal de bord spécifique est généré et transmis au nivologue. Via son application « Poste Nivologie », il peut visualiser l'environnement de fonctionnement de Safran : pourcentage de données disponibles par catégorie, type de modèle météorologique utilisé, observations rejetées par l'analyse, ... Une fonction spécifique permet de faire ignorer par l'analyse un poste dont les données sont douteuses (capteur en panne par exemple).

3.2 – Crocus-Mepra

Crocus, modèle d'évolution du manteau neigeux, va utiliser les résultats de Safran pour constituer le manteau neigeux en début de saison et le faire évoluer en s'appuyant sur les lois physiques le régissant (thermodynamique) et expérimentales (gestion des métamorphoses). Une simulation est effectuée dans chaque massif, par pas de 300m d'altitude, pour 7 expositions et 2 pentes. Chacun de ces profils est alors soumis à Mepra afin d'analyse en stabilité.

Dans tous les centres départementaux des Alpes, des Pyrénées et de la Corse, le serveur informatique fait l'acquisition et le décodage des messages précités. Puis les deux modèles Crocus-Mepra tournent sur une zone géographique limitée englobant le département et ses massifs limitrophes.

L'ensemble des résultats est stocké durant un an, depuis le 01/08 jusqu'au 31/07 de l'année suivante.

Les résultats sont conservés à 06h et 12h pour les journées du passé, et au pas tri horaire pour les jour J (analyse) et J+1 et J+2 (prévision).

3.3 – Visualisations

Via "Poste Nivologie", son outil de travail quotidien, le nivologue peut visualiser de très nombreuses représentations graphiques : cartes, « camemberts », profils de manteau neigeux, évolution temporelle, ... de tous les paramètres.

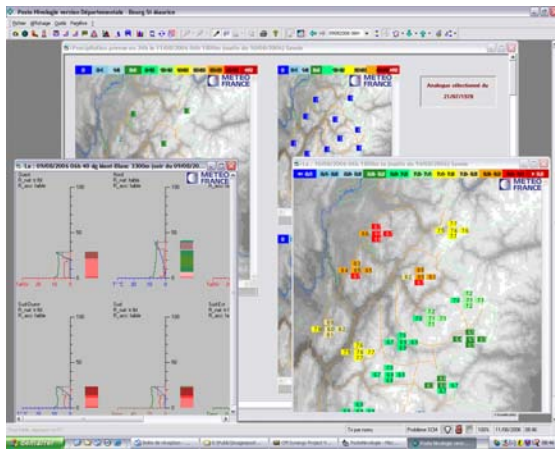


Figure 5 : Trois fenêtres de résultats SCM : carte de précipitations prévues, profils analysés, et carte de températures (5 expositions / massif).

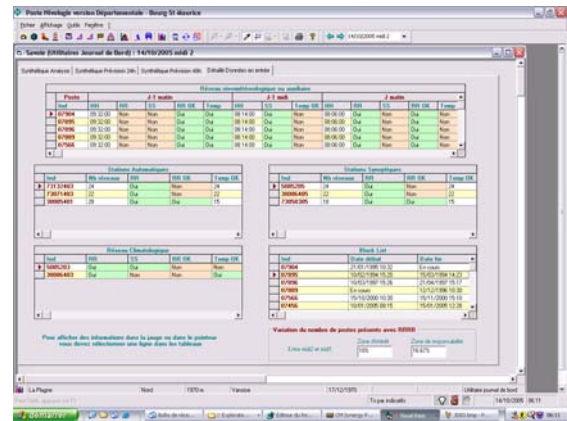


Figure 8 : Journal de bord détaillé des données en entrée de Safran.

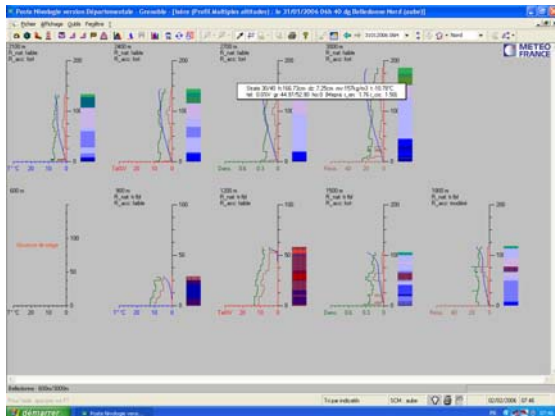


Figure 6 : Représentation multi altitudes de profils du manteau simulés pour un massif à une date et une exposition donnée.

Grâce au journal de bord, le nivologue peut superviser le fonctionnement de l'ensemble de la chaîne SCM.

4 – ORGANISATION DU PROJET

Tous les développements ont été menés sous une structure de projet national, DOLMEN, où tous les acteurs de la nivologie à Météo-France étaient représentés : comité de pilotage, responsable fonctionnel, groupe des utilisateurs, responsable d'accompagnement, équipes informatiques régionales, et bien sur le noyau dur que forme l'équipe technique de projet.

Cette équipe de projet est constituée de 8 personnes, 5 appartenant à la division informatique du CEN, et 3 situées à Toulouse à la Direction des Systèmes d'Information.

De nombreuses méthodes et outils récents ont été utilisés pour assurer un développement de qualité : Méthode d'analyse orientée objet, Gestion de configuration, Programmation objet, technologie COM / DCOM, compilateurs Visual C++, Fortran 90,

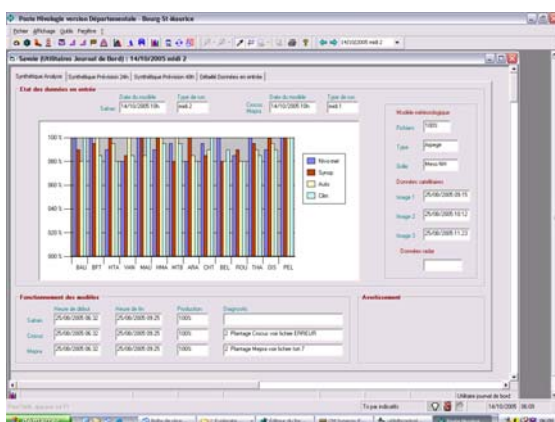


Figure 7 : Journal de bord de la modélisation

5 – LA SITUATION ACTUELLE

“Poste Nivologie” avait été déployée dans sa première version à l'automne 2002 dans les onze centres départementaux de Météo-France en charge de la prévention de risque d'avalanches (deux centres n'ont que des fonctions de concentration de données). Après plusieurs évolutions durant deux ans, une évolution majeure a été effectuée en Décembre 2005 pour intégrer de nombreux nouveaux produits et en particulier l'accès aux résultats de la chaîne de modélisation Safran-Crocus-Mepra.

La dernière version de Novembre 2007 comprend la majeure partie des produits initialement recensés dans les spécifications fonctionnelles, et en particulier intègre la prise

en compte du changement du code nivométéorologique.

Un important effort d'accompagnement a été effectué vis à vis des utilisateurs, pour leur faire connaître la modélisation, ses apports et ses limites, afin de les aider dans leur démarche d'analyse de données qui mixe des données observées ponctuelles et des données modélisées plus « continues ». Plusieurs sessions de formation ont ainsi été réalisées pour l'ensemble des nivologues départementaux.

La rédaction d'une aide en ligne exhaustive et d'un manuel de prise en main de l'application, permet d'offrir à l'utilisateur un ensemble de réponses à ses questions sur l'utilisation du logiciel.

Les équipes informatiques régionales qui « exploitent informatiquement » quotidiennement les applications installées dans leur région ont également été formées à l'architecture de l'application. Des indicateurs synthétiques de supervision ont été développés afin de surveiller simplement et efficacement le fonctionnement de l'ensemble de la chaîne de modélisation. « Poste Nivologie » a également été intégrée dans le périmètre du « Help-Desk » de Météo-France, permettant ainsi une traçabilité des problèmes et une mutualisation des solutions à ceux-ci.

En conséquence le dernier comité de pilotage de l'automne a jugé les objectifs du projet acquis et proposé au PDG de Météo-France la signature de la clôture de celui-ci. Cette clôture est effective depuis le 26 Février 2008.

Ce projet aura duré 3 ans et 8 mois, représenté 10.4 Equivalent Temps Plein - années pour un budget de 110 Keuros (hors frais de personnel).

6 – LES OBJECTIFS FUTURS

L'arrêt du projet ne signifie pas l'arrêt des développements car plusieurs objectifs seront à atteindre dans les années à venir :

- Intégrer les améliorations scientifiques de la modélisation. Une avancée scientifique importante peut avoir un impact informatique mineur, mais l'inverse est aussi vrai.
- Suivre les évolutions technologiques informatiques (systèmes, logiciels, ...) bien souvent imposées par les éditeurs. Opérations toujours lourdes et bien souvent transparentes pour les utilisateurs.

- Améliorer l'outil via la prise en compte des demandes d'amélioration émanant des utilisateurs.
- S'adapter à l'évolution structurelle de l'établissement, non finalisée à ce jour et dont l'impact reste à définir.

7 – REFERENCES

- Brun E., David P., Sudul M. and Brunot G., 1992 : A numerical model to simulate snow cover stratigraphy for operational avalanche forecasting. *Journal of Glaciology* 38 (128), 13-22.
- Dumas J.L, Gendre C., 1996 : GELINIV for Windows, an integrated software for snow data analysis. *ISSW 1996*
- Durand Y., Giraud G., Brun E., Merindol L., Martin E., 1999 : A computer-based system simulating snowpack structures as a tool for regional avalanche forecasting. *Journal of Glaciology* 45 (151), 469-484.
- Dumas J.L and others 2006 : The French nivological Workstation, an integrated software for regional snow data analysis. *ISSW 2006 Proceedings* 624-627