

L'aléa météorologique et climatique dans la survenue des inondations

E. Choisnel
Météo-France

Académie d'Agriculture
Colloque « Inondations et territoires ruraux »
24 janvier 2006

1

PLAN

- Introduction
- Evolution passée du climat en France
- Les phénomènes météorologiques extrêmes
- Avancées récentes en modélisation et prévision
- Conclusion

Académie d'Agriculture
Colloque « Inondations et territoires ruraux »
24 janvier 2006

2

Introduction

Facteurs déterminants de la survenue des inondations à prendre en compte dans l'évaluation de l'aléa :

- 1°/ La surveillance des situations météorologiques dangereuses quant au risque de crue et/ou d'inondations
- 2°/ La problématique du changement climatique global avec régionalisation des impacts sur la France
- 3°/ La connaissance du climat passé de la France

Caractérisation de l'aléa : mise en place de la procédure « vigilance météo » (depuis le 1er octobre 2001)

Evolution passée du climat en France (période 1951-2000)

- Pluviométrie : en hausse sur les deux tiers Nord du territoire, la moitié des séries pluviométriques analysées affichant une baisse de 2 % du cumul annuel par décennie (avec une nette hausse en hiver, et plutôt à la baisse en été)
- Tendances à l'allongement des épisodes pluvieux
- Sécheresses estivales plus fréquentes
- Températures moyennes annuelles en hausse de 0,6 °C par décennie, sur la période 1976-2003 (à comparer à une hausse moyenne de 0,1 °C par décennie sur la période 1901-2000)
- Etés de plus en plus chauds sur la période 1951-2000

Les phénomènes météorologiques extrêmes

Il y a plusieurs définitions possibles de caractérisation du caractère « extrême » d'un épisode météorologique dangereux :

- soit par le dépassement d'un seuil, par exemple pour les précipitations cumulées sur une heure, 24 heures, 48 heures...
- soit par la « rareté » du phénomène, celle-ci ne pouvant être diagnostiquée que par la confrontation de l'évènement analysé à des observations passées d'évènements similaires
- **Attention !** : Le caractère « extrême » d'un épisode pluvieux peut être directement lié à l'exiguïté de la surface sur laquelle se sont déversées les précipitations, cas typique d'un phénomène orageux de petite échelle, ou d'une zone pluvieuse active faisant du « sur place » (exemples : Nîmes en octobre 1988, Marseille en septembre 2000)
- **Attention !** : il y a une règle en matière d'analyse des risques, qui est de séparer la caractérisation de l'aléa des conséquences de l'aléa

Records de pluviométrie dans la DIR Sud-Est (1940 - 2005)

St Laurent de Cerdans	66	17/10/1940	1000 mm en 24 h
Nîmes	30	2-3/10/1988	420 mm en 6 heures
Entrechaux	84	22/9/1992	300 mm en 3 heures
Marseille	13	19/9/2000	158,8 mm en 3 heures
Anduze	30	8-9/9/2002	687 mm en 24 heures
Nîmes	30	5-6/9/2005	320 mm en 24 heures

Avancées récentes en matière de modélisation et de prévision des épisodes de fortes pluies

- Modélisation à méso-échelle d'épisodes de pluies intenses : des exemples récents
- Surveillance des phénomènes météorologiques dangereux et apports de la « prévision immédiate »
- La procédure « vigilance » pour les fortes pluies

Modélisation à méso-échelle d'épisodes de pluies intenses : des exemples récents

- L'épisode des 12 et 13 novembre 1999 dans le département de l'Aude
- L'épisode des 8 et 9 septembre 2002 dans le département du Gard

Le Retour d'EXpérience du Gard (« REX GARD »)

- Un retour d'expérience sur les évènements du Gard (8-9/9/2002) est demandé par le PDG de M-F à Eric Brun
- Remise du rapport « REX Gard » par Eric Brun au PDG le 19 février 2003
- Recommandation à la Direction des Systèmes d'Observation (DSO) de M-F : « *assurer la pérennité des observations pluviométriques des réseaux spécialisés essentielles au suivi des épisodes pluvieux* » (action DSO n° 7)

Les réseaux pluviométriques spécialisés

- Le réseau RADOME, réseau propriétaire de Météo-France : 554 stations concentrées en temps réel ; suivi de routine heure par heure ; déclenchement du mode « *turbo* » (avec une interrogation de la station toutes les 6 minutes), sur intervention d'un prévisionniste.
- Les réseaux au-delà de RADOME : environ 700 stations automatiques pluviométriques.
- Soit un total d'environ 1200 mesures pluviométriques pouvant être concentrées en TEMPS REEL

Le résultat

- Durcissement du réseau pluvio « temps réel »
(multiplication du nombre des stations concentrées,
sécurisation de la concentration des données,
visualisation sur les consoles des prévisionnistes)

Le prévisionniste de la DIR/Sud-Est, à Aix-en-Provence, disposait sur sa console de visualisation des données (SYNERGIE) de huit fois plus de données pluvio pointés en septembre 2005 qu'en septembre 2002 !

Académie d'Agriculture
Colloque « Inondations et territoires ruraux »
24 janvier 2006

11

Surveillance des phénomènes météorologiques dangereux, et apports de la « prévision immédiate »

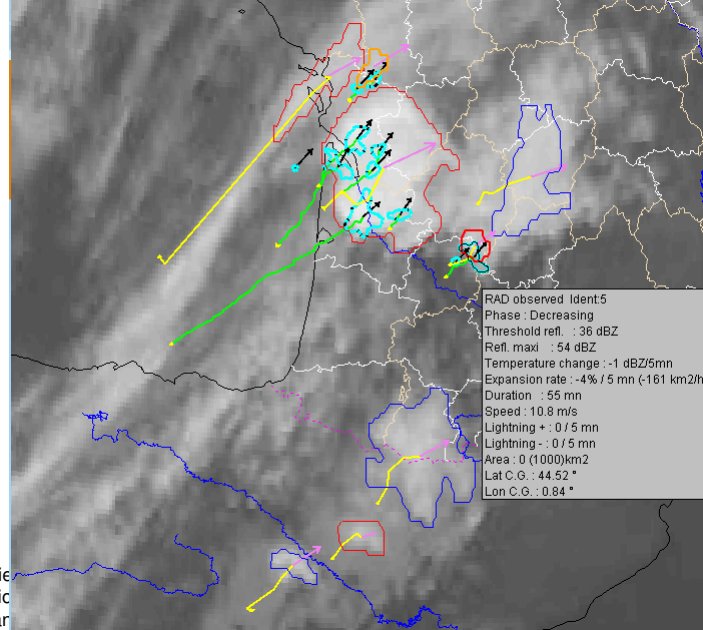
- Le réseau automatisé d'observations de la pluviométrie au sol (réseaux RADOME, PATAC...)
- La surveillance radar (le réseau ARAMIS, avec, actuellement, 20 radars, fin 2005, et 24 radars d'ici à la fin 2006)
- La surveillance satellitaire (le satellite géostationnaire MSG, alias Météosat 8, déclaré opérationnel le 28 janvier 2004)

Académie d'Agriculture
Colloque « Inondations et territoires ruraux »
24 janvier 2006

12

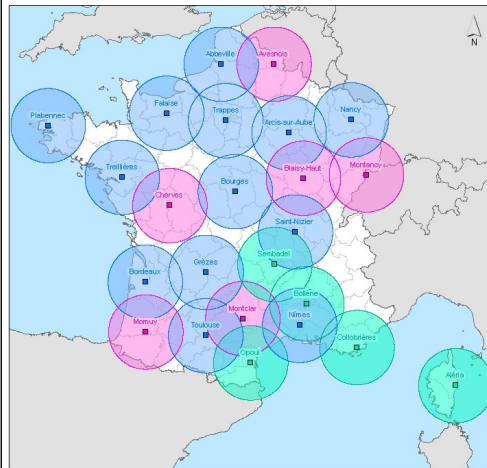
Objets pour la Prévision Immédiate de la Convection

18 July 2004 - OPIC-RAD 00:00 UTC - RDT 23:56 UTC - Image SAT 00:00 UTC



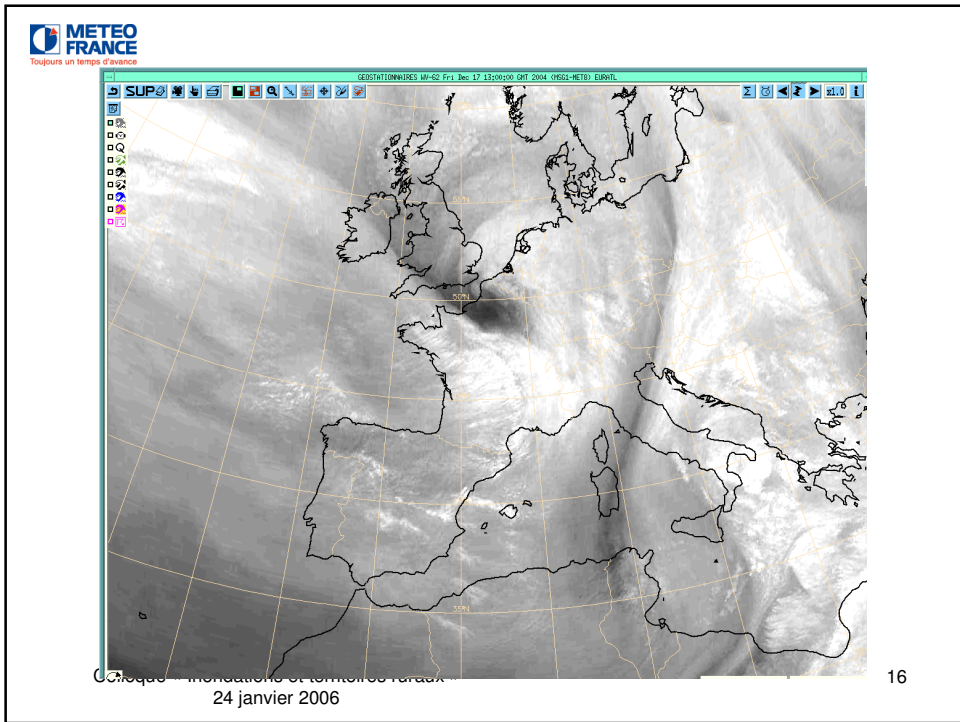
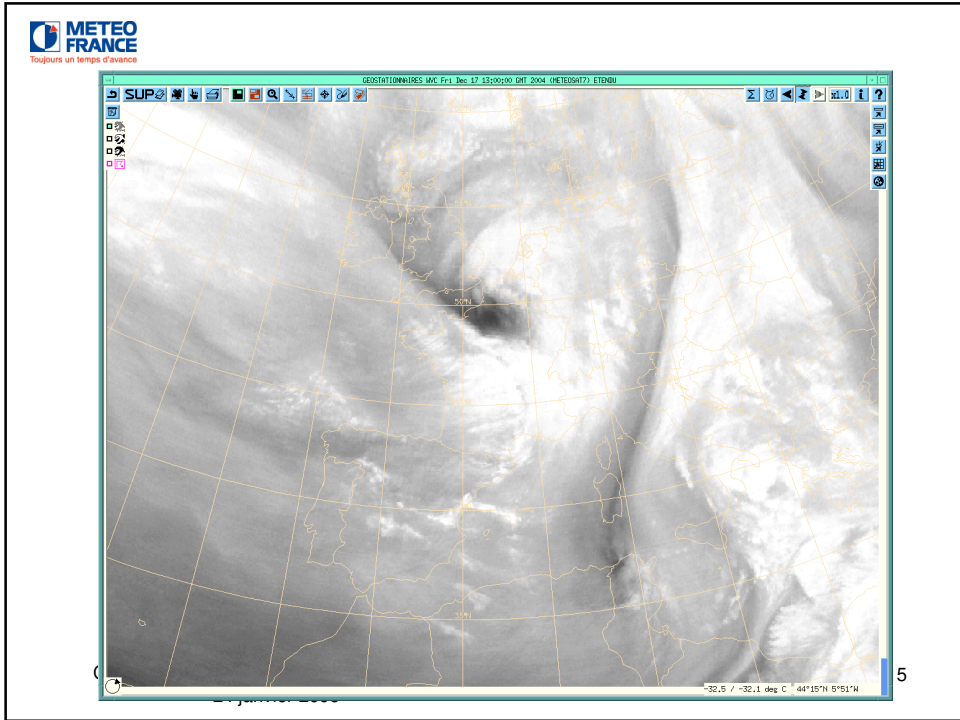
Académie
Colloque « Inondatic
24 jar

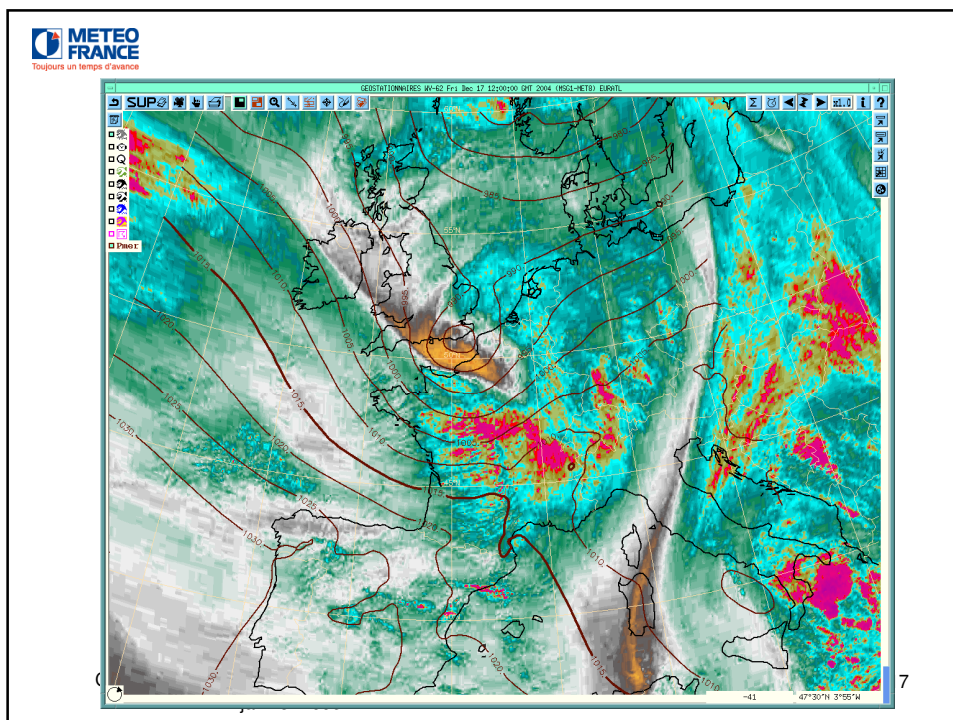
Réseau météorologique radar ARAMIS prévu au 31 décembre 2006



- Légende**
- radar du réseau initial ARAMIS
 - radar du programme de prévention des risques de 1994
 - radar du projet PANTHERE
 - Trappes et Toulouse : nouveaux radars Panthère dans le cadre d'un renouvellement

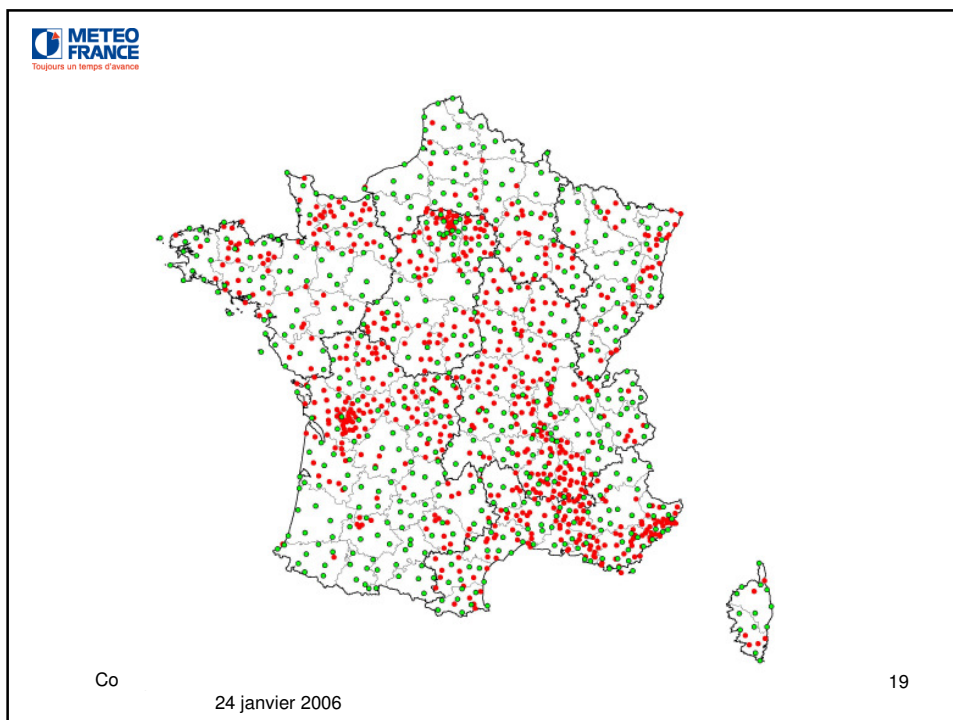
Acac
Colloque « Inor
 





Les réseaux pluviométriques « temps réel »

- Réseau « propriétaire RADOME » (554 stations)
- Réseaux pluviométriques au-delà de RADOME (environ 700 stations)
- Projet SALAMANDRE (100 stations)
- **D'ici mi-2006, environ 1350 stations pluviométriques concentrées en temps réel**



Les apports de la « prévision immédiate » (de 0 à 6 heures d'échéance)

- Ce n'est pas une prévision par modèle numérique
- Elle s'appuie sur la visualisation, de l'imagerie satellitaire, de l'imagerie radar, des réseaux météo de surface automatisés, des impacts de foudre..., et sur la combinaison de ces champs
- Elle cherche à identifier les systèmes précipitants actifs

Académie d'Agriculture
Colloque « Inondations et territoires ruraux »
24 janvier 2006

20

La procédure « vigilance » pour les fortes précipitations

- Sept phénomènes sont pris en compte dans la procédure « vigilance météo » : vents violents, fortes pluies, orages, neige/verglas, avalanches, et, depuis 2004, les grand froids et les canicules
- Le diagnostic de « fortes précipitations » est réalisé sur la base de dépassement de seuils du cumul des précipitations sur une période donnée, les seuils et les périodes de cumuls utilisés variant d'une région à une autre (les cumuls sont ainsi effectués sur des périodes plus courtes en zone méditerranéenne et en zone de montagne). Ils augmentent quand on passe de la couleur orange à la couleur rouge
- **Attention** : les valeurs des seuils sont utilisés pour le diagnostic en interne à Météo-France, seul apparaît sur la carte la couleur (vert; jaune, orange ou rouge) du département.

Académie d'Agriculture
Colloque « Inondations et territoires ruraux »
24 janvier 2006

21

METEO FRANCE

Carte de vigilance météorologique
Diffusée le mardi 06 septembre 2005 à 11h06
Valable jusqu'au mercredi 07 septembre 2005 à 06h00
Actualisation de la carte diffusée le 06 septembre 2005 à 05h57

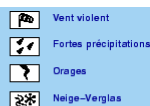
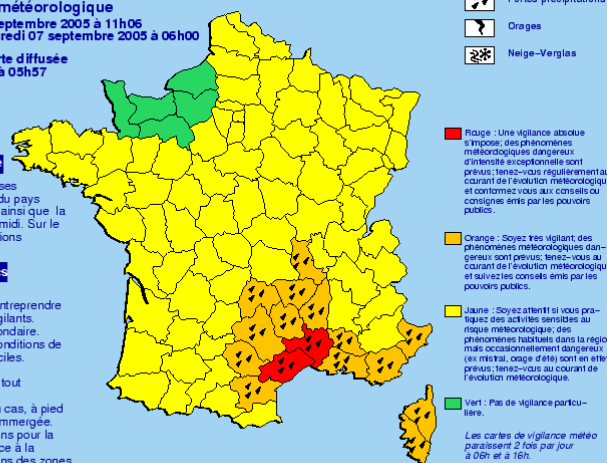
Commentaires Météo-France

De fortes précipitations orageuses concerneront le quart sud-est du pays jusqu'à l'est de Midi-Pyrénées ainsi que la Corse jusqu'à mercredi après-midi. Sur le Gard et l'Hérault, ces précipitations pourront être diluviennes.

Conseils des pouvoirs publics

Précipitations/orange
- Renseignez vous avant d'entreprendre un déplacement et soyez vigilants.
- Évitez le réseau routier secondaire.
- Soyez prudents face aux conditions de circulation pouvant être difficiles.

Précipitations/rouge
- Restez chez vous et évitez tout déplacement.
- Ne vous engagez en aucun cas, à pied ou en voiture, sur une voie immergée.
- Prenez toutes les précautions pour la sauvegarde de vos biens face à la montée des eaux, même dans des zones rarement touchées par les inondations.



Rouge : Une vigilance absolue s'impose, des phénomènes météorologiques dangereux d'intensité exceptionnelle sont prévus; tenez-vous régulièrement au courant de l'évolution météorologique et conformez vous aux conseils ou consignes émis par les pouvoirs publics.

Orange : Soyez très vigilant des phénomènes météorologiques dangereux sont prévus; tenez-vous au courant de l'évolution météorologique et suivez les conseils émis par les pouvoirs publics.

Jaune : Soyez attentif si vous pratiquez des activités sensibles au risque météorologique; des phénomènes habituels dans la région mais occasionnellement dangereux (ex mistral, orage d'été) sont en effet prévus; tenez-vous au courant de l'évolution météorologique.

Vert : Pas de vigilance particulière.

Les cartes de vigilance météo paraissent 2 fois par jour à 06h et à 16h.

En cas de vigilance orange ou rouge des bulletins de suivi sont disponibles.

Carte n° 06092005_06_02

Académie d'Agriculture
Colloque « Inondations et territoires ruraux »
24 janvier 2006

22

Bulletin de suivi

WFFR31 LFPW 060922
CENTRE NATIONAL DE PREVISION
TOULOUSE

Bulletin national de suivi

- Numéro : 0609DP02 Carte de référence : 06092005_06_02
Bulletin émis mardi **6 septembre 2005** à **11h22**

Type d'événement : fortes précipitations et orages

1 - Localisation et période :

Lieux concernés par l'événement : **Corse, Alpes-Maritimes, Ardèche, Aude, Aveyron, Bouches-du-Rhône, Cantal, Gard, Hérault, Loire, Haute-Loire, Lozère, Tarn, Var, Vaucluse**

Début d'événement : en cours

Fin d'événement : mercredi 7 septembre à 12H00

Académie d'Agriculture
Colloque « Inondations et territoires ruraux »
24 janvier 2006

23

Bulletin de suivi (suite)

2 - Description :

VIGILANCE ROUGE POUR LE GARD ET L'HERAULT

Situation actuelle :

La zone pluvio-orageuse est orientée de l'**Hérault** au **Gard** vers la **Lozère**, l'**Ardèche** et la **Haute-Loire**.

On relève des **cumuls de pluie** sur les **douze dernières heures** entre 50 et 150 mm sur l'axe le plus actif, de l'est de l'Hérault au Gard et à l'Ardèche.

Par ailleurs de fortes cellules orageuses remontent vers la **Provence** et la **Côte d'Azur** ainsi que sur l'**Est de la Corse**.

Evolution prévue de l'événement et données chiffrées :

Sur la **Provence**, la **Côte d'Azur** et l'**Est de la Corse**, de violentes averses orageuses se produiront cet après-midi. Les pluies deviendront plus continues dans la nuit de mardi à mercredi, et la matinée de mercredi. On attend des cumuls de **100 à 150 mm**.

Le **Gard** et l'**Hérault** en vigilance **rouge** seront concernés par la partie la plus active de la perturbation, en particulier en début de nuit prochaine.

On attend des cumuls de **200 à 300 mm**. De plus, il y a un **fort risque d'orages stationnaires** pouvant donner des cumuls encore plus importants de **300 à 400 mm** en quelques heures.

Académie d'Agriculture
Colloque « Inondations et territoires ruraux »
24 janvier 2006

24

Conclusions (1)

- Les deux sources principales d'observations météorologiques utilisables directement pour l'étude et la prévision des crues et des inondations sont les observations de surface et l'imagerie radar.
- Les observations d'origine satellitaire (Météosat 8 alias MSG), servent, via le canal « vapeur d'eau » (6,2 μm), servent à caractériser les types de nuages et la dynamique atmosphérique d'altitude.

Conclusions (2)

- Sur le plan de la modélisation, il apparaît que l'assimilation, dans les modèles numériques, des observations du canal vapeur d'eau de MSG (une image toutes les 15 minutes), améliore la qualité de la prévision des précipitations (modèle ALADIN, avec assimilation propre)

Conclusions (3)

- Météo-France (DIR/Sud-Est) a, depuis le 5 janvier 2006, en phase pré-SPC (ex-SAC), la responsabilité du SPC/Méditerranée-Est pour d'une part les crues de l'Huveaune, entre Aubagne et Marseille (ex-SAC 13), d'autre part les crues du Var (ex-SAC 06)).
Passage en phase SPC d'ici à la fin 2006
- Alimentation de la chaîne hydrologique SIM (SAFRAN, ISBA, MODCOU) en données météorologiques prévues en lieu et place des données observées, et mise en place dans la chaîne opérationnelle de la Direction de la Prévision de Météo-France à Toulouse
- Application des résultats de cette chaîne SIM aux grands bassins à réponse lente

Conclusions (4)

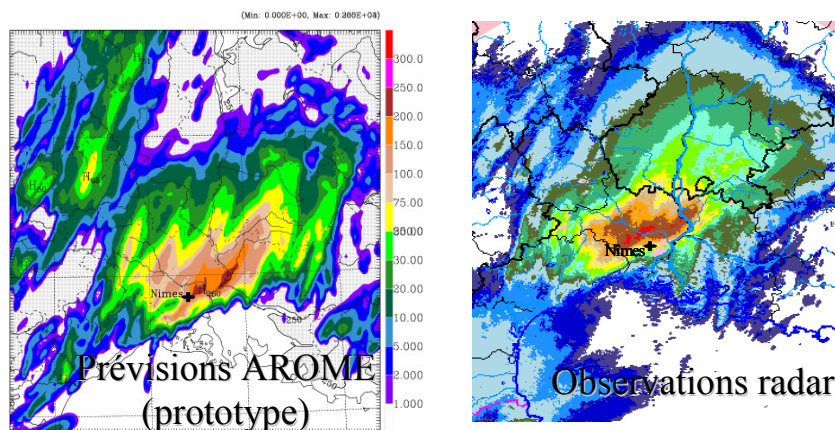
Mise en œuvre opérationnelle, en 2008, d'un nouveau modèle de prévision numérique, à domaine limité (i.e. la France métropolitaine) avec son propre système d'assimilation de données, une maille d'espace de 2,5 km, un pas de temps d'une minute, une dynamique non-hydrostatique, une microphysique des nuages, une turbulence 3D, et un « schéma de ville » (modèle TEB)

Pour cela, il faut acquérir en 2007 un super-calculateur dont la puissance sera multipliée au minimum par un facteur 4 par rapport à la situation actuelle

Conclusions (5)

- Le modèle AROME, dont un prototype est actuellement en expérimentation à Toulouse, permettra, à l'horizon 2008, une prévision beaucoup plus réaliste des précipitations orageuses, et d'améliorer en conséquence la capacité d'anticipation des prévisions de crues rapides

Episodes Cévenols: les promesses d'AROME (inondations du Gard, 8/9 Sept. 2002)



« *Alea jacta est !* »

Jules César
le 11 janvier de l'an 49 av. J.-C.
Parti de Ravenne, César franchit le *Rubicon* pour
marcher sur Rome, et tenter de s'emparer de Pompée.

Conclusion : le *Rubicon* n'était pas en crue ce jour-là... !