



La détection de pluie par radar

- Introduction
- Un exemple de problème posé par la télédétection :
la calibration du signal radar météorologique
- Un exemple de problème posé par la prévision des changements en environnement : échéance et fiabilité de la prévision du risque de temps de pluie risque
- Conclusion



Introduction

- Le malentendu :
 - Des études de cas pour découvrir de nouveaux objets mathématiques ou pour appliquer des théories développées de manière abstraite
 - Des solutions mathématiques rapides, si possible facilement compréhensibles par des clients



La calibration du signal radar

- Qu'est ce qu'un signal radar par rapport à l'intensité de la pluie?
- figure de présentation de l'Institut de Physique du Globe de Clermont Ferrand pour développer un signal radar en double polarisation

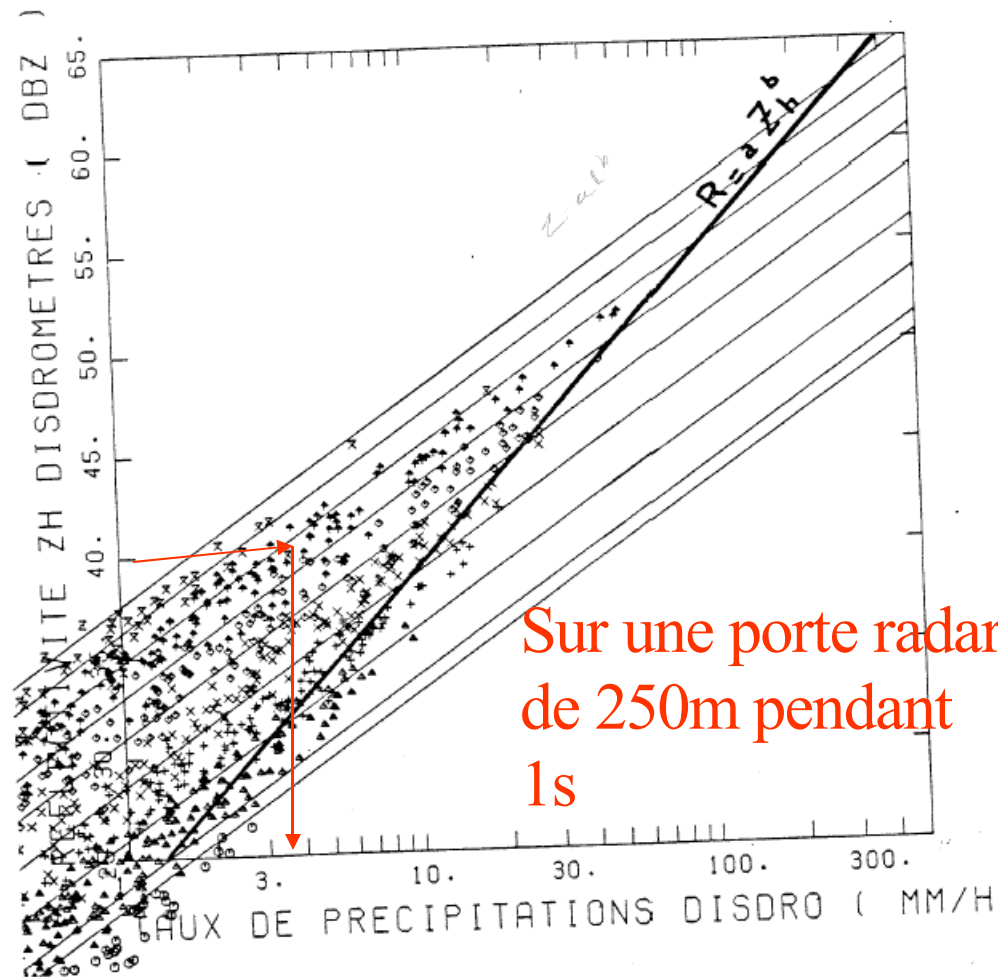


Figure 10 : Réflectivité Z_h en fonction du taux de précipitations R déduit de différents spectres de gouttes mesurés par les disdromètres. Les différents symboles correspondent à différentes classes de valeurs de la réflectivité différentielle Z_{DR} calculées à partir des spectres en utilisant la loi de déformation de Pruppacher et Pittet (1961)



La calibration du signal radar

- Quels sont les moyens existants pour transformer le signal radar en une intensité de pluie?
 - un scan radar en 5 minutes
 - un réseau pluviographique de densité variable adaptée aux moyens financiers des hydrologues et des exploitants de réseau
 - une donnée recherchée qui n'est pas celle des physiciens de l'atmosphère, mais une intensité sur 15 minutes ou sur une heure moyennée sur plusieurs Km² ou dizaines de km²



La calibration du signal radar

- Exemple de variabilité de la calibration le 8-9 septembre 2002 dans le Gard :
 - Extension temporelle : plusieurs heures
 - Extension spatiale : plusieurs dizaines de km

■ Principe : pour un poste, utilisation des données acquises à T, mais mesurées avec au plus un recul de 2 heures

■ A chaque réception de nouvelles mesures du réseau extérieur :

■ Pour chaque poste, sont calculés :


- le cumul radar
- le cumul pluviographique

depuis la dernière acquisition des mesures de ce poste

■ Le facteur de calibration est le rapport des cumuls (Pluvio/Radar) depuis le début de l'événement, des mesures disponibles pour chaque poste

■ n_t : peut évoluer au cours du temps si de nouvelles mesures sont acquises entre T_0 et T

$$FC_m(T) = \frac{\sum_{t=T_0}^T \sum_{i=1}^{n_t} P_i(t)}{\sum_{t=T_0}^T \sum_{i=1}^{n_t} R_i(t)}$$

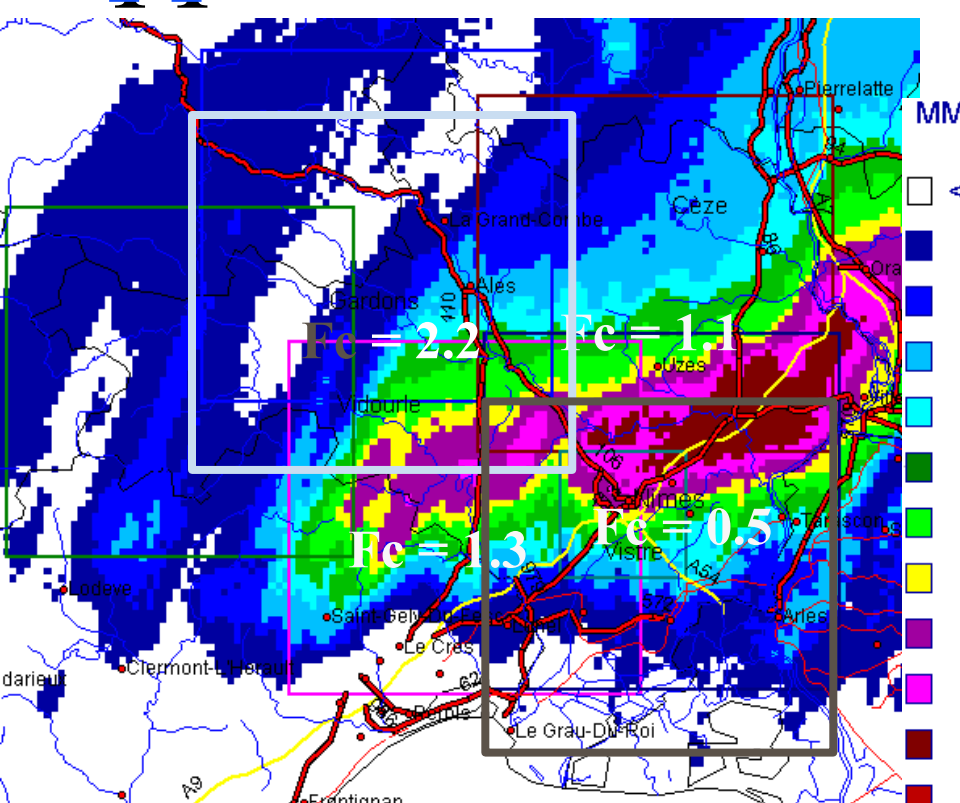
- 
- Le temps T_0 (TOP de calibration) est initialisé par
 - ● l'absence de pluie pendant 3 pas de temps, sur tous les postes du réseau calibreur de la zone
 - ● le changement brutal du facteur moyen de calibration (qui sera engendré par un changement brutal de la structure précipitante).

$$FC_g(T) = \frac{\sum_{t=T-30'}^T \sum_{i=1}^{n_t} P(i, t)}{\sum_{t=T-30'}^T \sum_{i=1}^{n_t} R(i, t)}$$

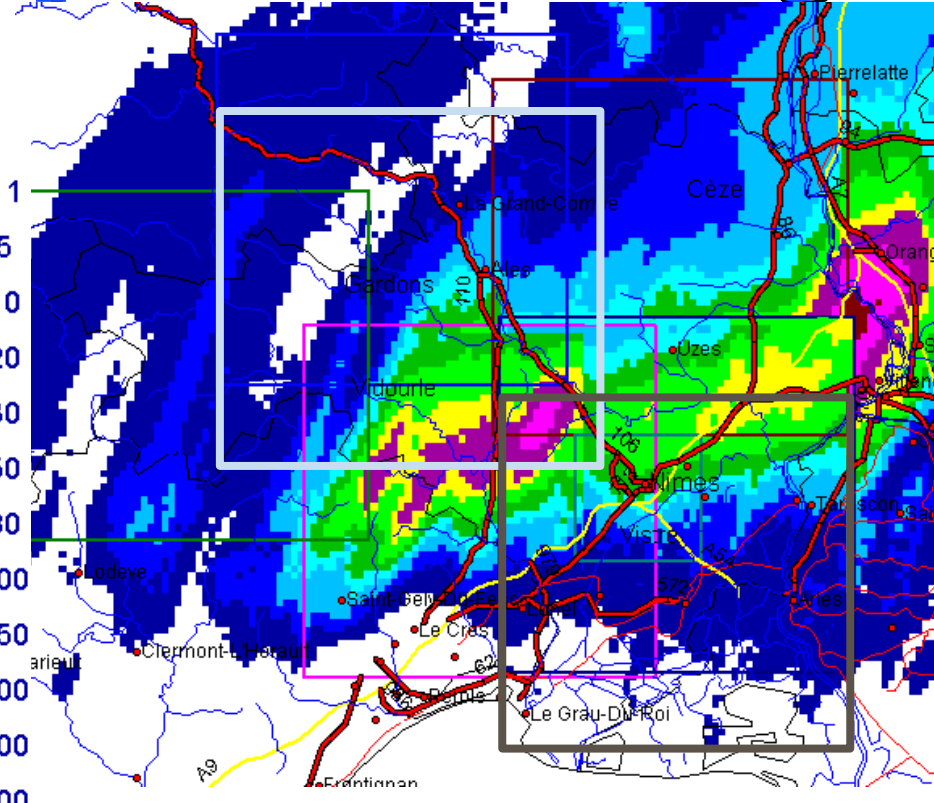
$$\textit{Gradient} = \frac{FC_g(T) - FC_g(T - \Delta T)}{FC_g(T)}$$

- Lorsque ce gradient est supérieur à 15 %,
 - le temps T_0 (TOP de calibration) devient égal à $T - 30$ mn.

Application à tout / partie de l'image

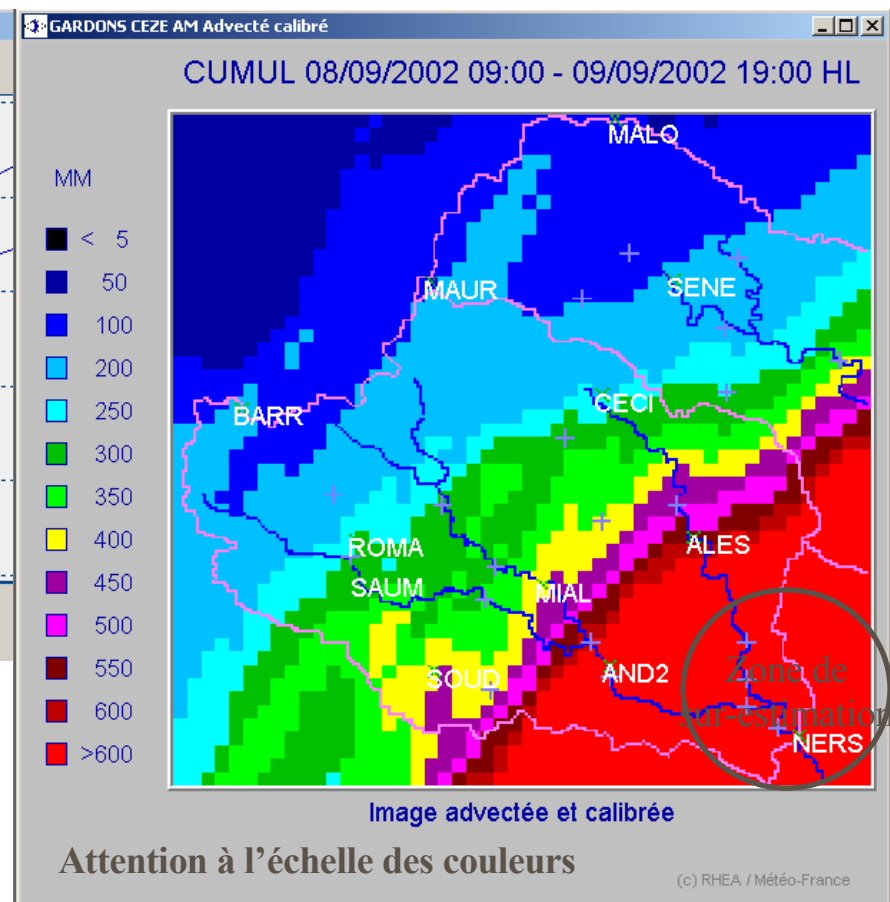
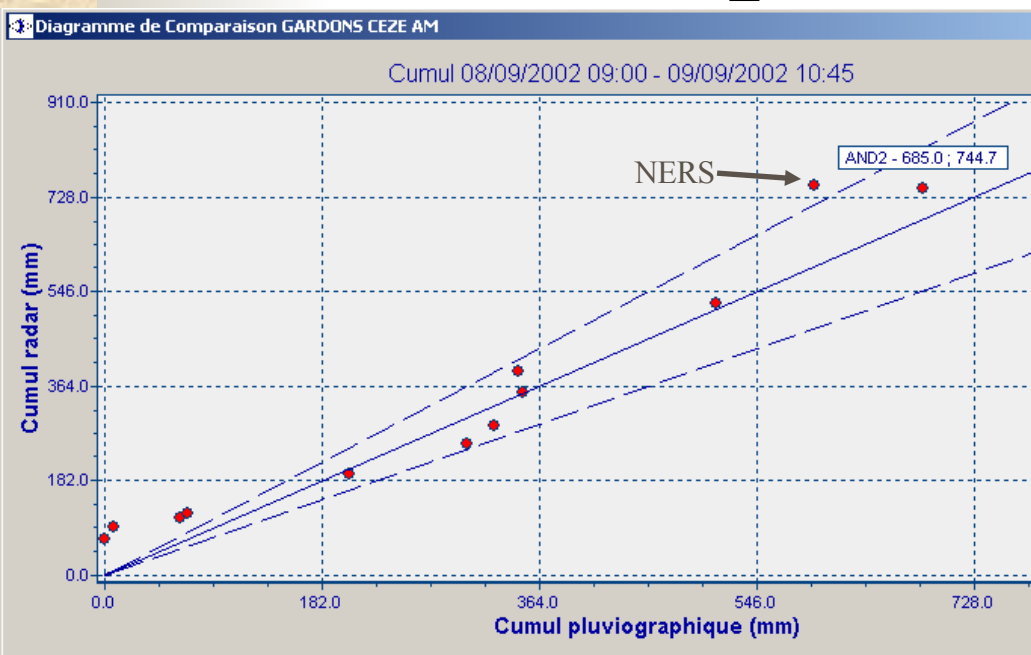


Cumul CALAMAR - Grande image
calibrée avec un F_c moyen de 1.3
08/09/02 19h30 – 22h



Cumul CALAMAR par zone de calibration
avec un F_c structure pour chaque zone
08/09/02 19h30 – 22h

limite du procédé



Zone de calibration : Gardons/Cèze AM



La calibration du signal radar

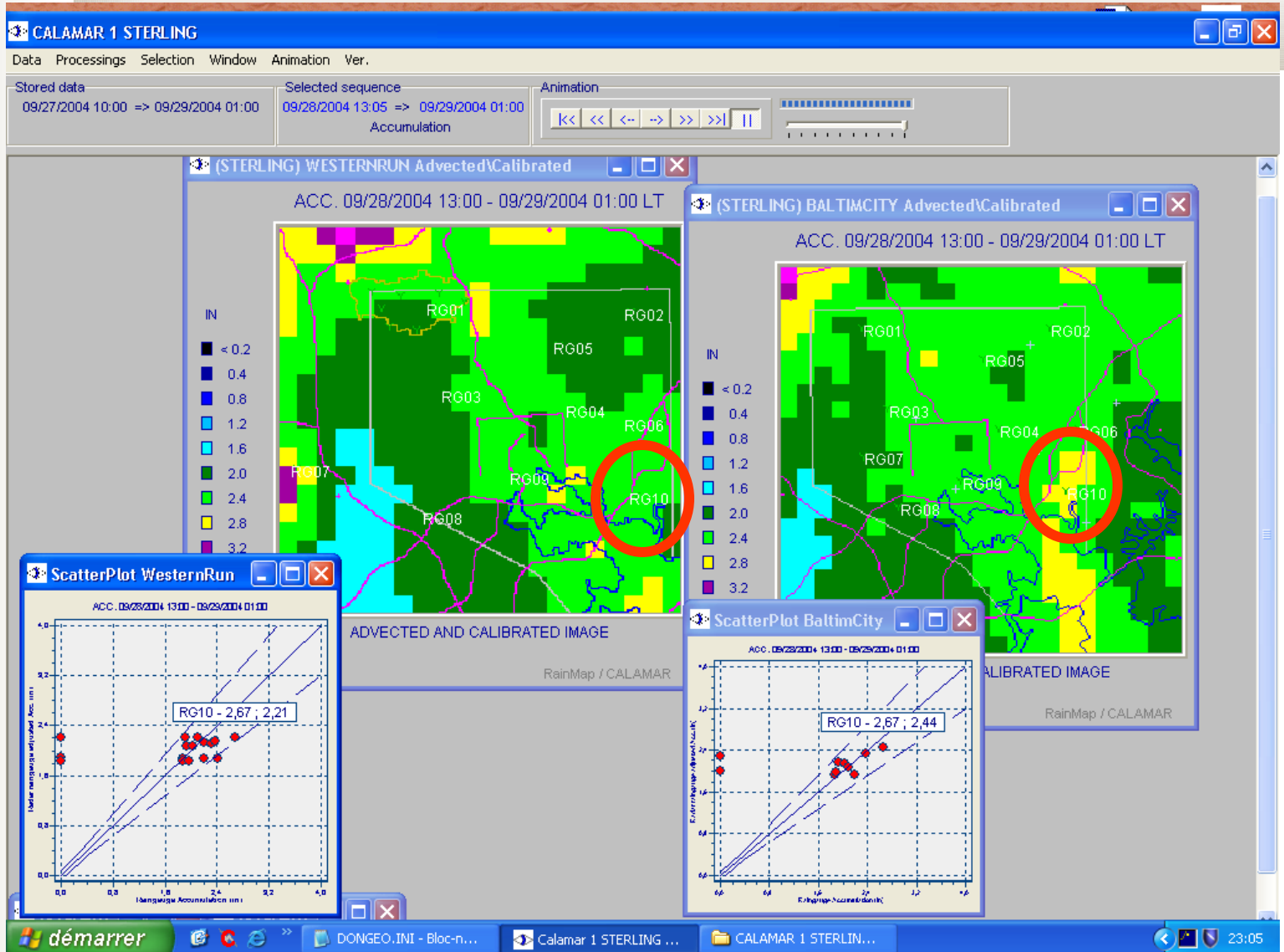
- Exemple de la variabilité de la calibration d'un signal radar à Baltimore :
 - Extension temporelle : plusieurs minutes
 - Extension spatiale : plusieurs km

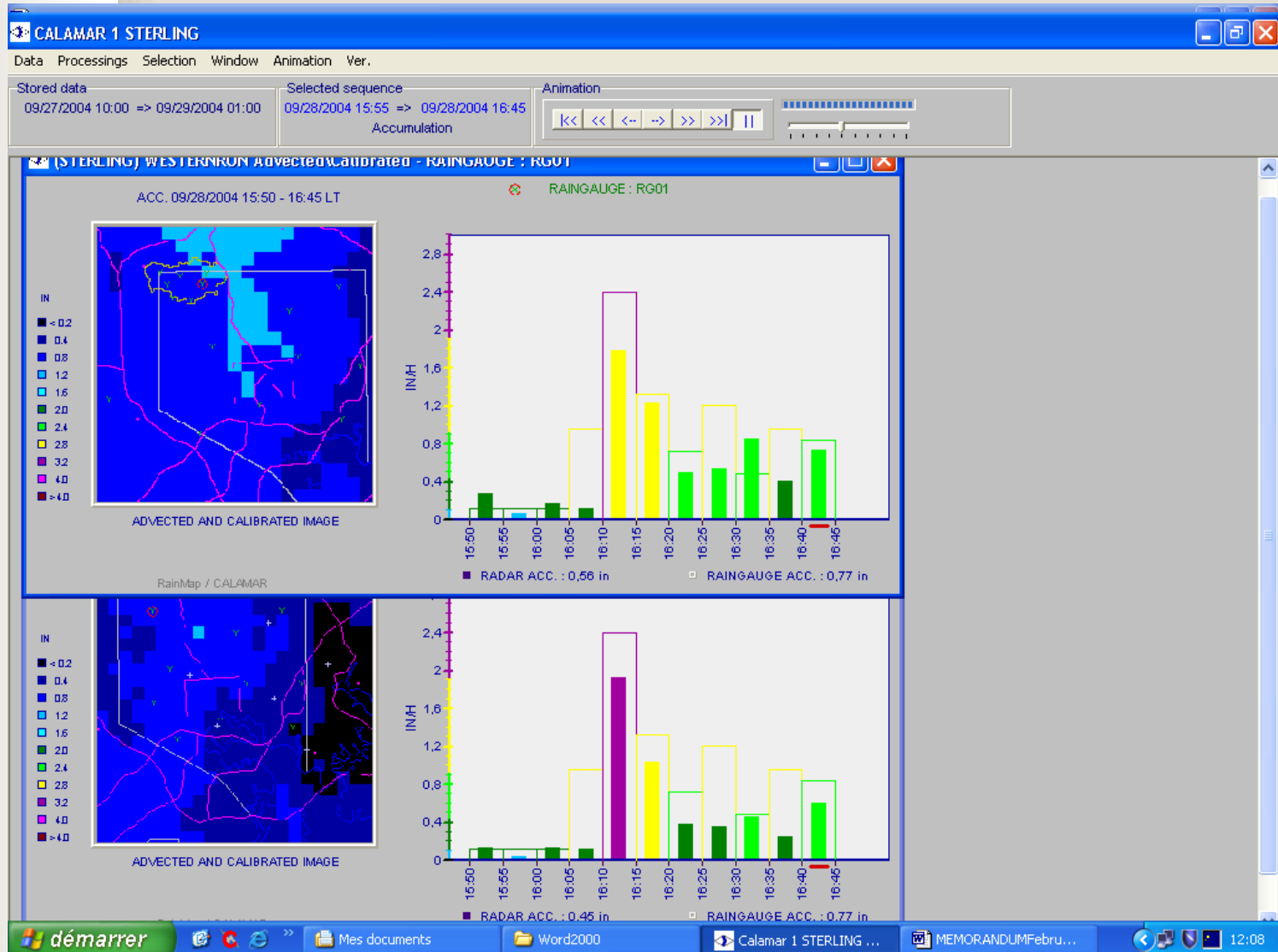
Le facteur de calibration est le rapport des cumuls (Pluvio/Radar) depuis 3 pas de temps de 5 minutes

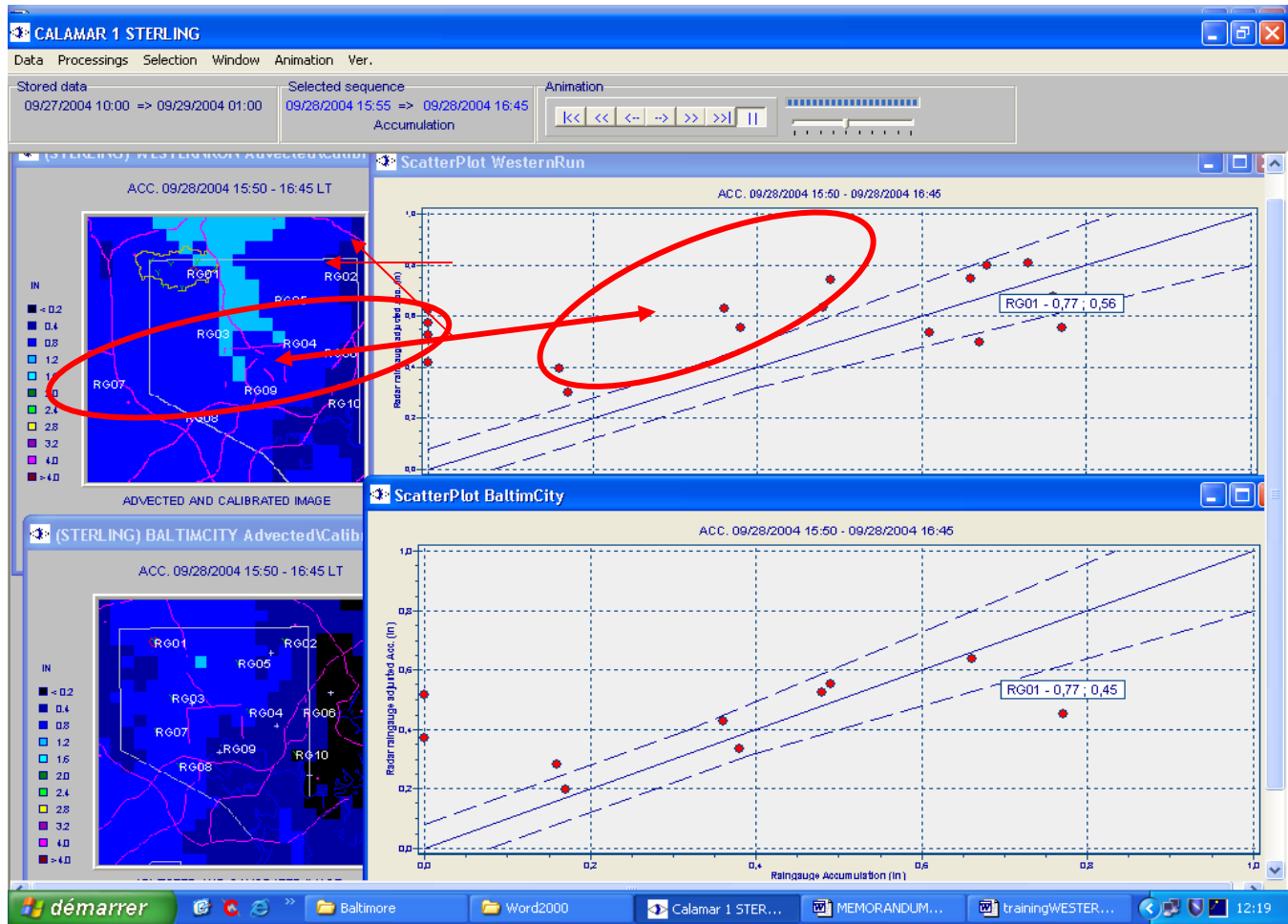
$$FC_T = \frac{\sum_{t=T-3\Delta T}^T \sum_{i=0}^{n_t} P(i, t)}{\sum_{t=T-3\Delta T}^T \sum_{i=0}^{n_t} R(i, t)}$$

Voici 2 réseaux pluviographiques imbriqués :

- 10 sur 100 km²
- 7 sur 20 km²









La calibration du signal radar

- Axes d'amélioration par les mathématiques perçus par les industriels sans en connaître les méthodes les plus adaptées
 - Sélection dynamique des sous-réseaux pluviographiques
 - Identification des régions où les données sont trop peu précises au pas de résolution de la mesure
 - Abandon des données radar au profit des données pluviographiques seules (dans les régions et périodes où le signal radar est perturbé)



La détection de pluie par radar

- Introduction
- Un exemple de problème posé par la télédétection : la calibration du signal radar météorologique
- Un exemple de problème posé par la prévision des changements en environnement : échéance et fiabilité de la prévision du risque de temps de pluie
- Conclusion



échéance et fiabilité de la prévision du risque

- Le prévision du risque par rapport à la prévision de la pluie
- Figure de présentation du Laboratoire des Transferts Hydriques en Environnement pour développer un système de prévision des crues

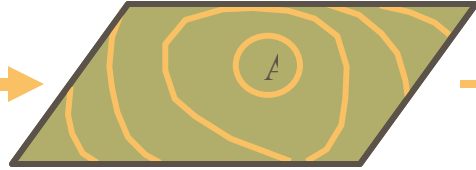
L'adaptation par analogie (1)

« Mêmes causes, mêmes effets »

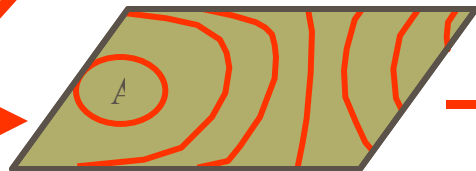
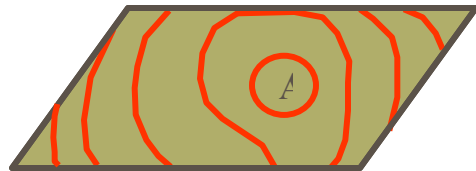
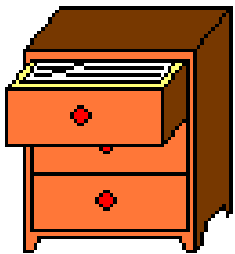
Variable(s) d'analogie

Critère d'analogie

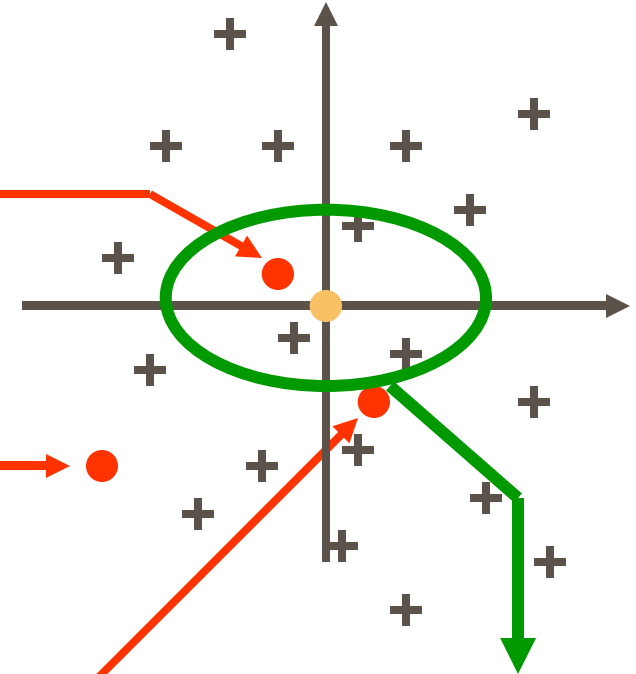
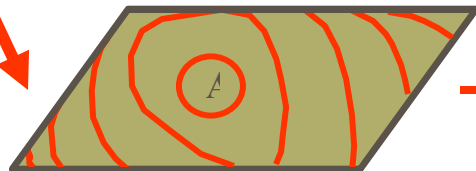
Situation
météorologique
cible



Archive
météorologique



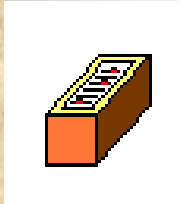
...



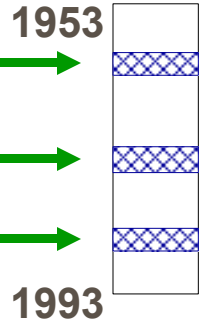
Sélection de
situations
analogues

L'adaptation par analogie (2)

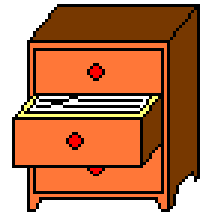
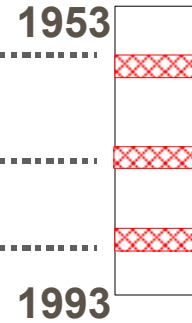
Sélection de situations analogues



Bassin A

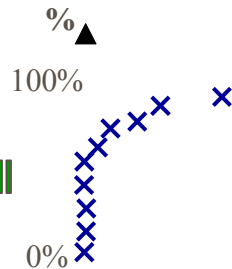


Bassin B

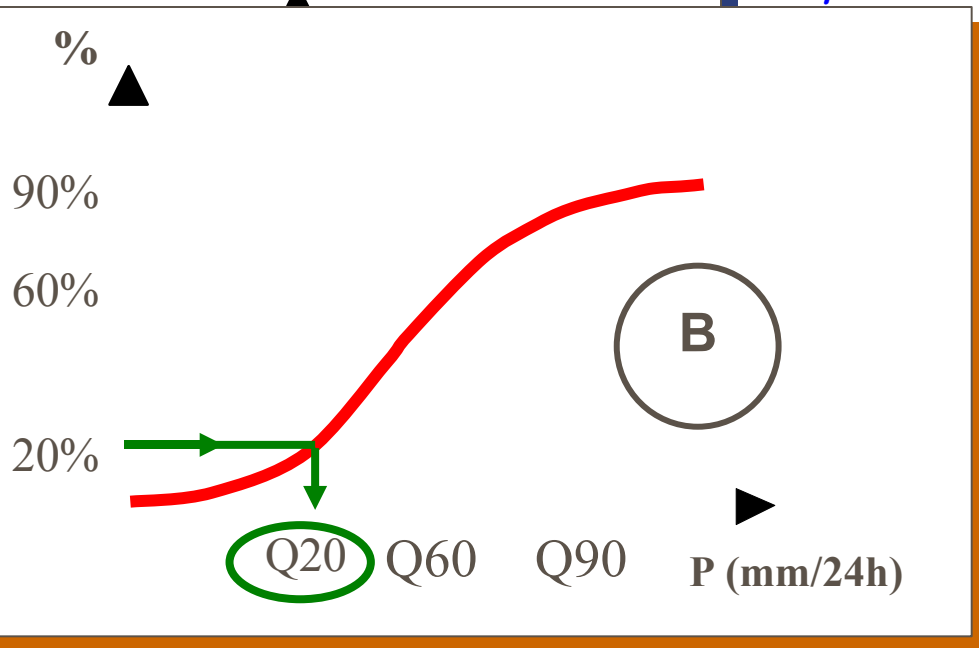
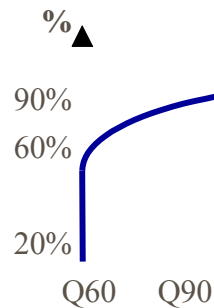


Archive pluviométrique:
pluie journalière
par bassin

Distributions empiriques



Fonctions de répartition ajustées





échéance et fiabilité de la prévision du risque

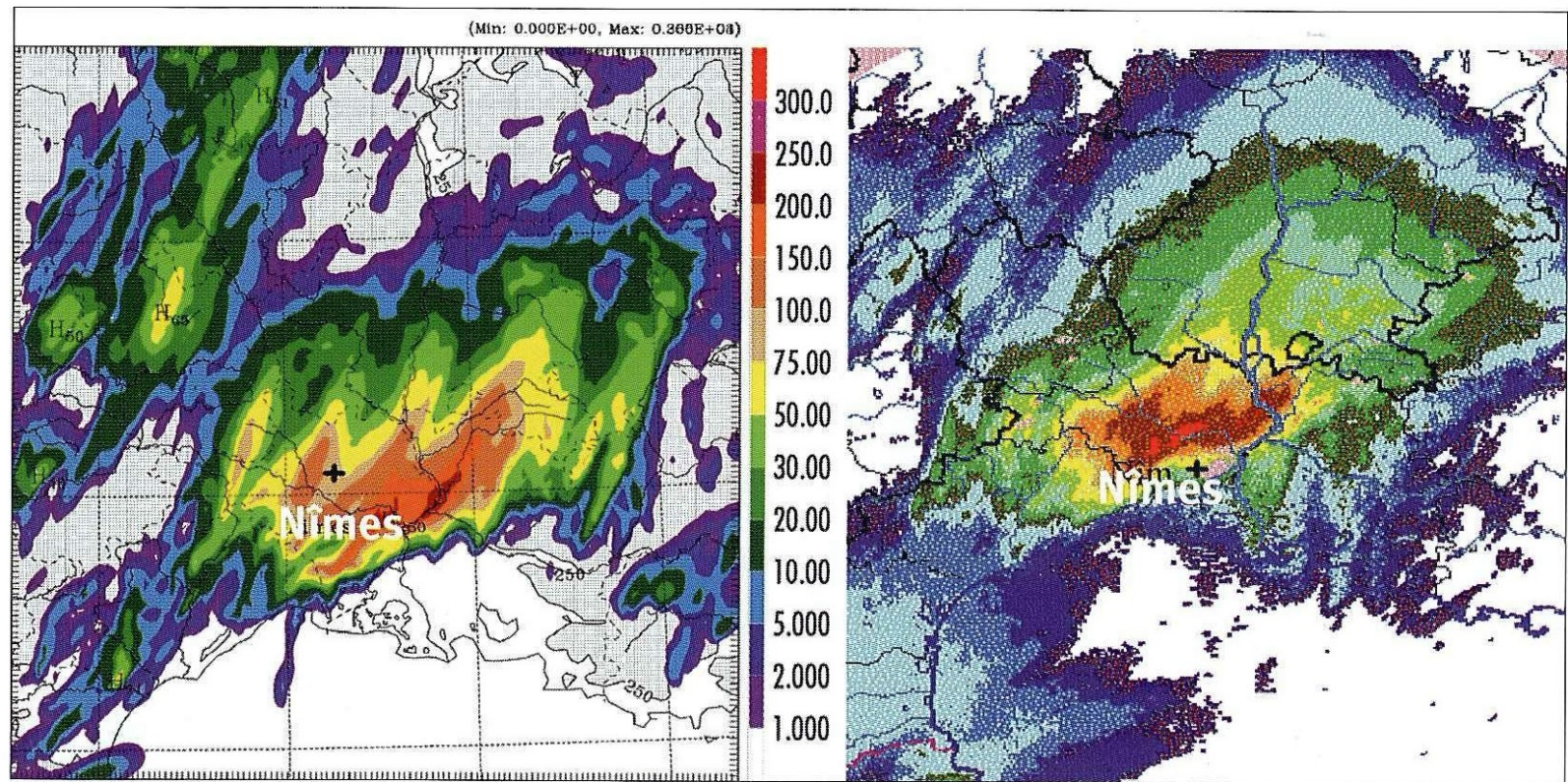
- Quels sont les objectifs de la prévision du risque pour fixer ceux de la prévision de pluie?
 - Pas de droit à l'erreur dans la protection des populations menacées contre les inondations (pas de non détections c'est à dire pas d'alertes tardives)
 - Des droits de fausses alertes très encadrés (pas plus de une fois tous les cinq ans)
 - La réponse industrielle est une progression dans les alarmes :
 - Mise en vigilance pour décider de l'action du service de sécurité
 - Pré-alerte pour réduire son temps de réaction en dessous du temps de prévision fiable de l'heure du risque
 - Prévision de l'heure du risque avec une fiabilité compatible avec les droits de fausses alertes et l'absence de non-détections



échéance et fiabilité de la prévision du risque

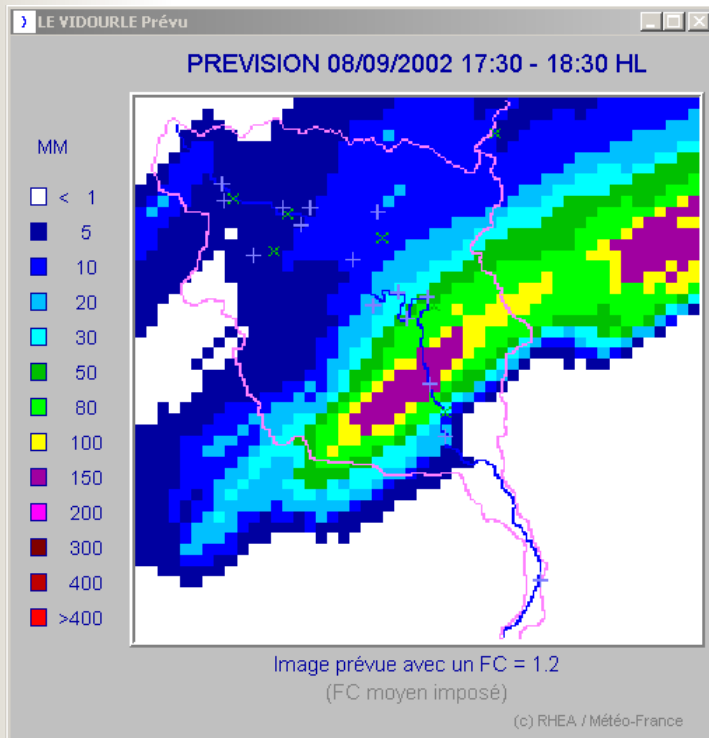
- Comparaison des méthodes de prévision à diverses échéances :
 - Exemple sélectionné par METEO France de qualité de la prévision (à 12h ou plus) du modèle AROME en cours de développement
 - Exemple sélectionné par RHEA de qualité de la prévision (à 1h) sur le bassin du Vidourle

La prévision avec AROME

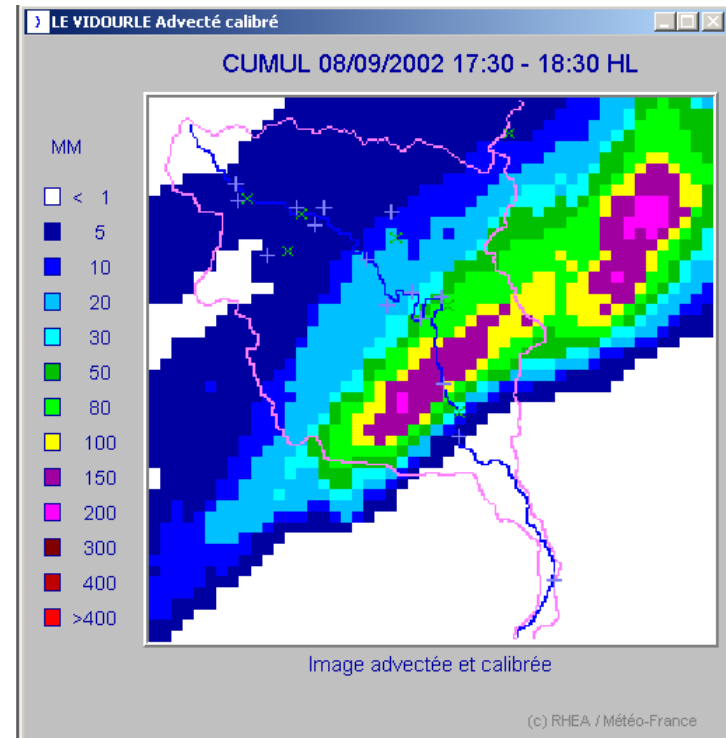


La prévision avec CALAMAR2

Prévision horaire à 17h30 le
08/09/02

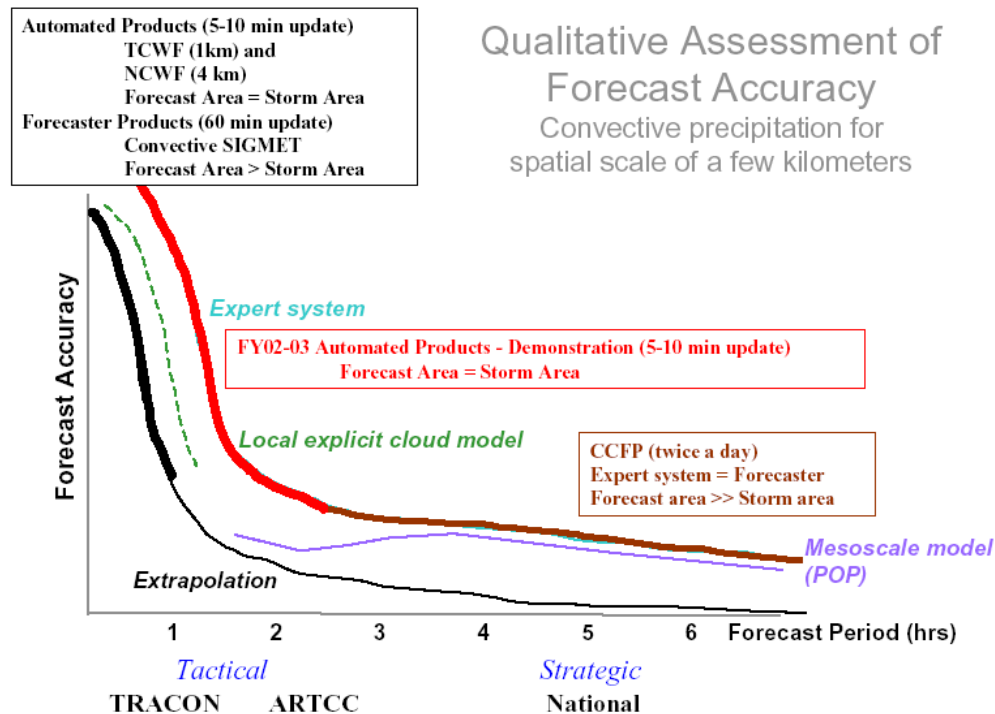


Cumul horaire effectivement mesuré
entre 17h30 et 18h30 le 08/09/02



échéance et fiabilité de la prévision du risque

- fiabilité à échéance de 60 minutes de prévision d'orage sur une piste d'aéroport (source : MIT Lincoln Lab)



Modified from Browning, 1980



échéance et fiabilité de la prévision du risque

- La réponse de l'industriel à cette limite ne peut être de faire appel à un expert disponible en permanence:
 - La prévision de la situation à risque (donc en utilisant le modèle du risque et non de la prévision de pluie)
 - La distinction entre situations prévisibles et situations non prévisibles



échéance et fiabilité de la prévision du risque

- Axes d'amélioration par les mathématiques perçus par les industriels sans en connaître les méthodes les plus adaptées
 - Une échéance plus longue
 - Les moyens d'améliorer la distinction entre situations prévisibles et situations non prévisibles à des échéances plus longues



La détection de pluie par radar

- Introduction
- Un exemple de problème posé par la télédétection : la calibration du signal radar météorologique
- Un exemple de problème posé par la prévision des changements en environnement : échéance et fiabilité de la prévision du risque de temps de pluie
- Conclusion



Conclusion

- Une écoute indispensable trop limitée par le temps disponible
 - Une écoute préparée
 - Une connaissance des contraintes industrielles et une volonté non feinte de les accepter
 - Une vérification de la compatibilité des objectifs de l'industriel et de ceux du mathématicien
- Que seul va compenser un dialogue depuis plusieurs années