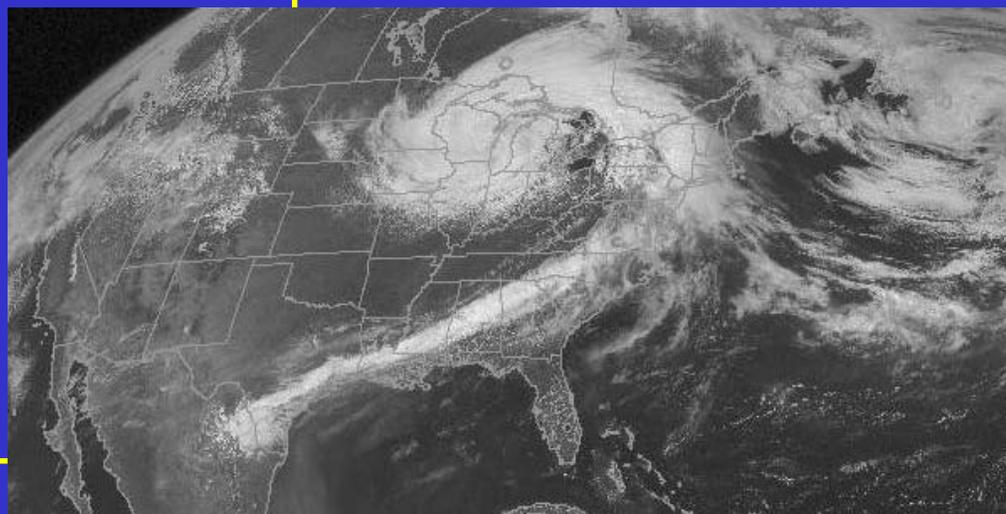


Stratégie de vérification pour la prévision des éléments du temps avec le système de prévision d'ensemble canadien

Jacques Montpetit et Laurence J. Wilson
Recherche en prévision numérique
Service météorologique du Canada

- Introduction
- Types de vérification
- Étude de cas
- Sommaires
- Conclusion



GOES-12 VIS 1815Z SUNDAY 2003/05/11

Types de vérifications

Le problème

- Évaluer les systèmes de prévision d'ensemble.
- Améliorer les procédures de prévision.
- Guider les prévisionnistes dans l'utilisation des prévisions.

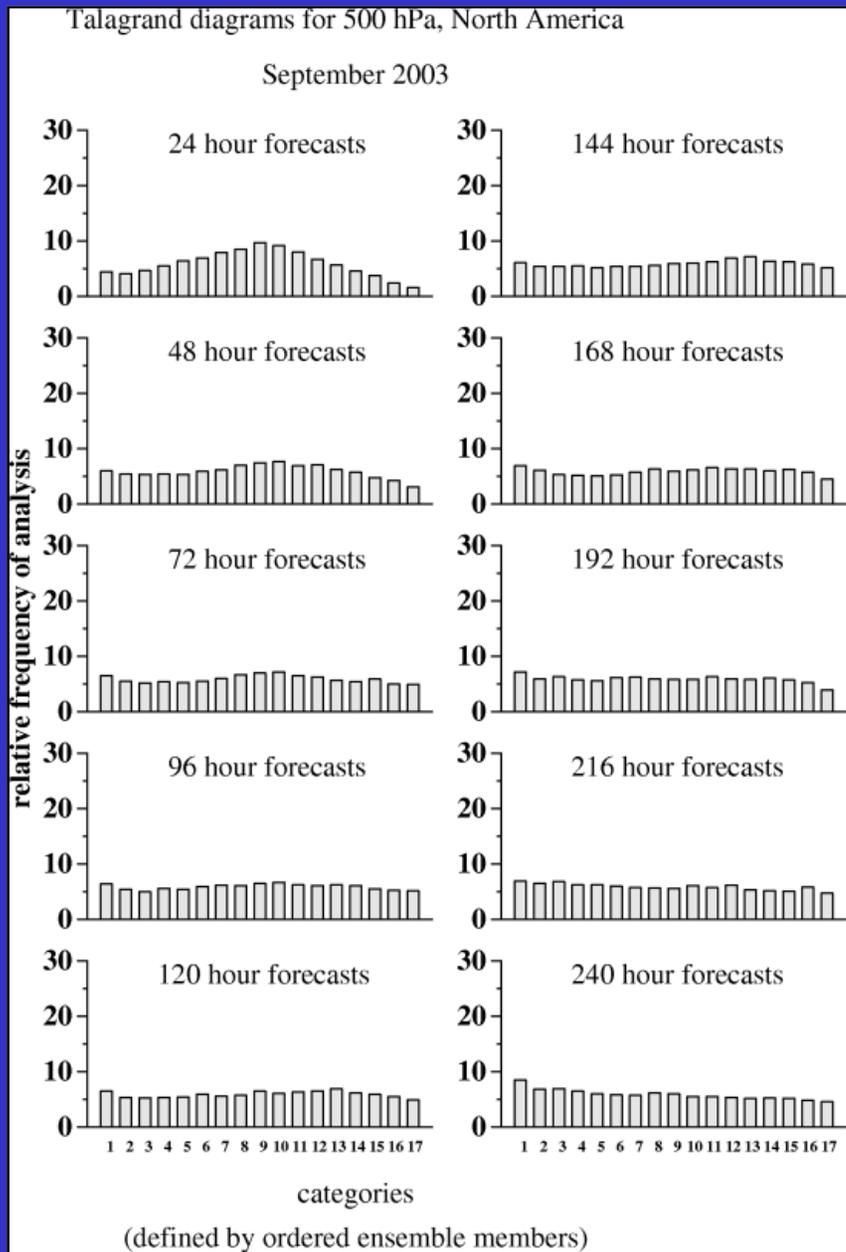
Vérification de la distribution

- Diagramme de Talagrand.
- Indice continue de probabilité ordonnée (Continuous Rank Probability Score - CRPS).
- Indice probabiliste (Wilson et al., 1999, *Mon. Wea. Rev.*)

Vérification des probabilités dérivées

- Indice de probabilité ordonnée (Rank Probability Score - RPS).
- Tables de fiabilité.
- La courbe ROC (Relative Operating Characteristics).

Diagramme de Talagrand



Construction du diagramme

- Arrangement en ordre croissant des prévisions de l'ensemble.
- Définition de N-1 catégories.
- Ajouter 2 catégories pour les valeurs extrêmes.
- Identifier l'ordre de l'observation.
- Répéter avec plusieurs cas.

Interprétation

- Uniforme \Rightarrow Variance de l'ensemble représente bien toutes les sources d'erreur.
- Concave \Rightarrow Sources d'erreur sous-estimées.
- Convexe \Rightarrow Sources d'erreur surestimées.
- Asymétrique \Rightarrow Biais.

Caractéristique

- Compare les distributions prévues et observées.
- N'est pas une mesure d'exactitude.

Ranked Probability Score (RPS)

$$RPS = 1 - \frac{1}{M-1} \sum_{k=1}^M \left[\left(\sum_{i=1}^k f_i \right) - \left(\sum_{i=1}^k o_i \right) \right]^2$$

Méthode de calcul

- Définition a priori de M catégories.
- Calcul des probabilités d'occurrence de chaque catégorie d'évènement.
- Calcul du carré de l'erreur entre les probabilités cumulatives des vecteurs prévision et observation.

Interprétation

- Plus les probabilités sont “près” de l'observation, plus le score tend vers 1.
- Ne tient pas compte de la difficulté de la prévision.

Caractéristiques

- Orienté positivement de 0 à 1.
- Sensible à l'étalement (“strictly proper”).
- Décomposable en terme de fiabilité, précision et incertitude.

Continuous RPS (CRPS)

$$CRPS(P, x_a) = \int_{-\infty}^{\infty} [P(x) - P_a(x)]^2 dx$$

$$P_a(x) = H(x - x_a)$$

$$H(x - x_a) = \begin{cases} 0 & \text{pour } x < x_a \\ 1 & \text{pour } x \geq x_a \end{cases}$$

Application à la
prévision d'ensemble

$$P(x) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N H(x - x_i)$$

$$P(x) = p_i \equiv \frac{i}{N} \quad \text{pour } x_i \leq x < x_{i+1}$$

$$c_i = \int_{x_i}^{x_{i+1}} [p_i - H(x - x_a)]^2 dx$$

$$\Rightarrow CRPS = \sum_{i=0}^N c_i$$

Méthode de calcul

- Essentiellement identique à la méthode de calcul du RPS sauf qu'on a un nombre infini de catégories de largeur nulle.

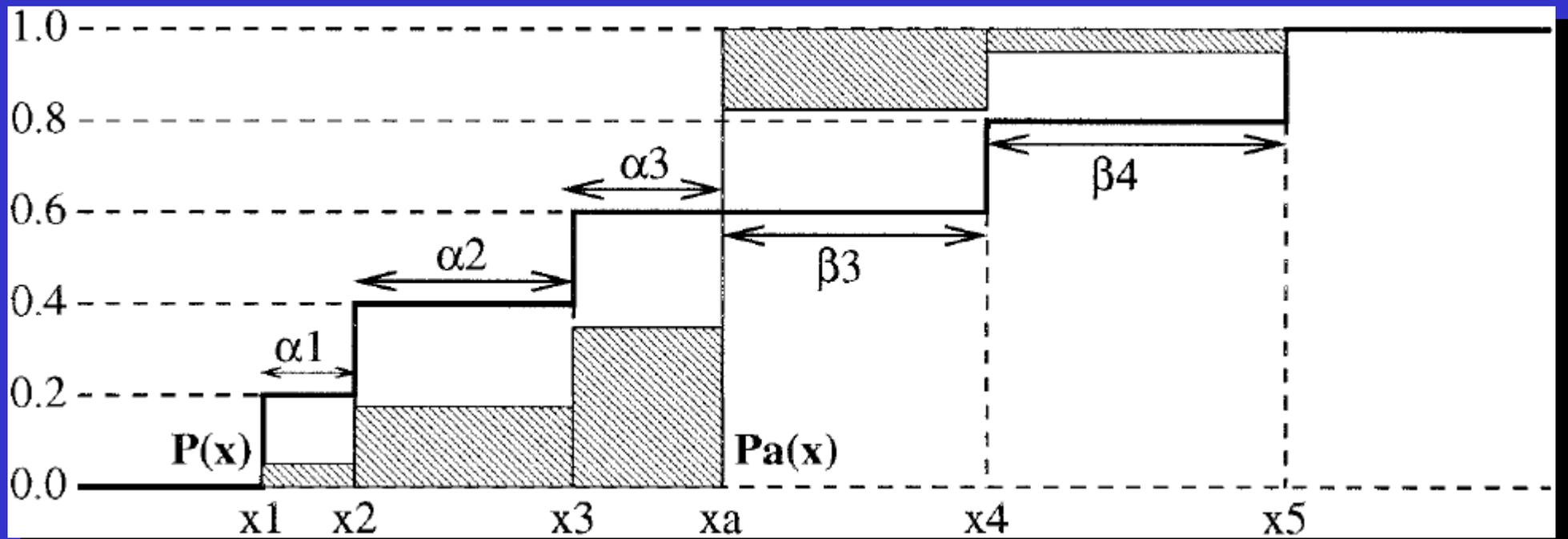
Interprétation

- Identique au RPS.

Caractéristiques

- Identiques au RPS sauf qu'il est orienté positivement de 0 à l'infini.

CRPS



$$P(x_4) = \frac{1}{5} [H(x_4 - x_1) + H(x_4 - x_2) + H(x_4 - x_3) + H(x_4 - x_4) + H(x_4 - x_5)]$$

$$= \frac{1}{5} [1 + 1 + 1 + 1 + 0] = 0.8$$

$$CRPS = (p_0 - 0)^2 (x_1 - x_0) + \dots + (p_3 - 0)^2 (x_a - x_3) + (p_3 - 1)^2 (x_4 - x_a) + \dots + (p_5 - 1)^2 (x_6 - x_5)$$

$$= 0.04(x_2 - x_1) + 0.16(x_3 - x_2) + 0.36(x_a - x_3) + 0.16(x_4 - x_a) + 0.04(x_5 - x_4)$$

$$= 0.04\alpha_1 + 0.16\alpha_2 + 0.36\alpha_3 + 0.16\beta_3 + 0.04\beta_4$$

Score Probabiliste (Wilson et al., 1999)

Probabilité d'obtenir l'observation étant donné la distribution d'ensemble:

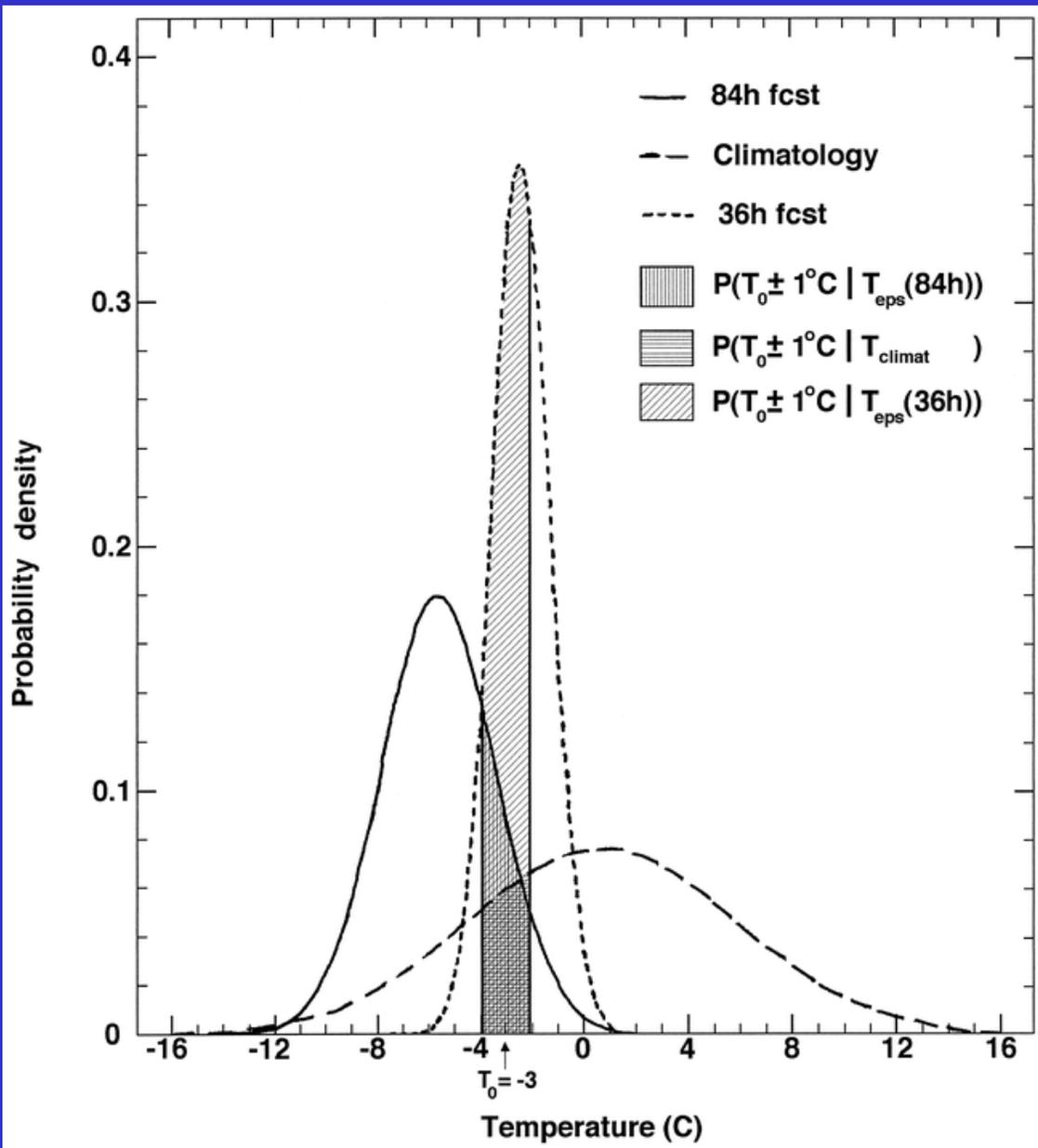
$$P(T_{obs} | T_{ens}) = \int_{T_{obs} - \Delta T}^{T_{obs} + \Delta T} f(T_{ens}) dT$$

- Ajustement avec une distribution du même type que la climatologie:
 - Normale pour la température et les variables en altitude.
 - Gamma pour la précipitation.
 - Gamma ou Weibull pour le vent.
- Choix d'une fenêtre qui définit une prévision "correcte".

Skill score Le standard de référence est la distribution climatologique valide le jour visé.

$$Skill = \frac{P(T_{obs} | T_{ens}) - P(T_{obs} | T_{clim})}{1 - P(T_{obs} | T_{clim})}$$

Score probabiliste

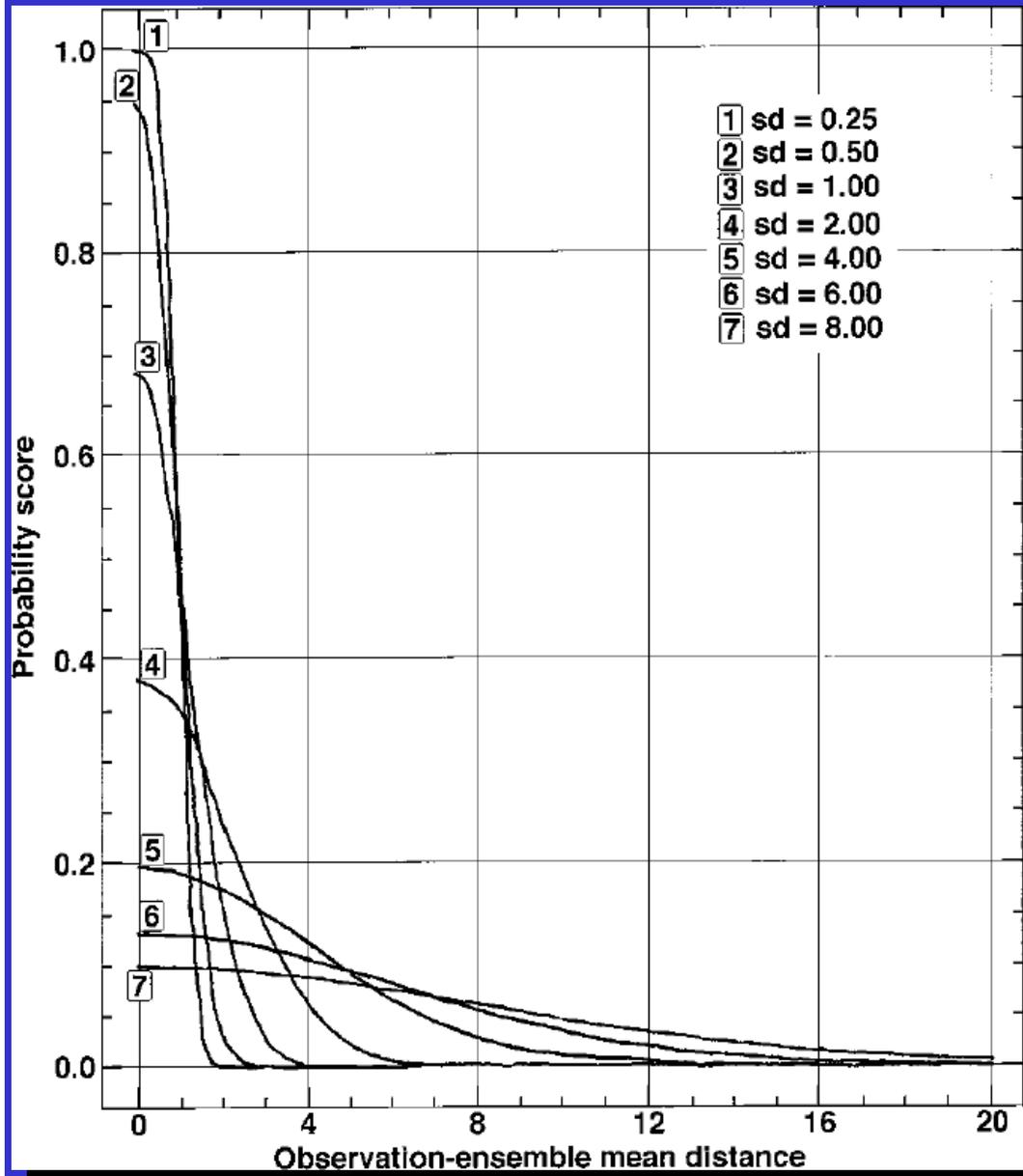


Caractéristiques:

- Simple.
- Score = [0, 1].
- Orienté positivement.
- Score individuel ou moyenné se comprend comme une probabilité.
- Sensible à l'étalement (sharpness) de la distribution et sa position (precision).
- Relié au score de Brier pour une prévision:

$$BS = [1 - \text{Score}]^2$$

Score probabiliste



- Récompense les prévisions peu étalées mais correctement centrées sur l'observation.
- Le “hedging” diminue le score maximum possible mais augmente les chances d'obtenir des scores supérieurs à 0.
- Skill Score = $[-\text{Inf}, 1]$.

Méthode de calcul

- Système de prévisions d'ensemble du CMC:
 - 1 GEM non-perturbé (contrôle)
 - 8 SEF (23-41 niv.)
 - 8 GEM (28 niv.)
- Étude de cas: 11 mai 2003
- Sommaire:
1 janvier 2002 - 31 janvier 2003.
- Climatologie ECONAS:
1960-1999.
- Fenêtre climatologique: 3 jours.

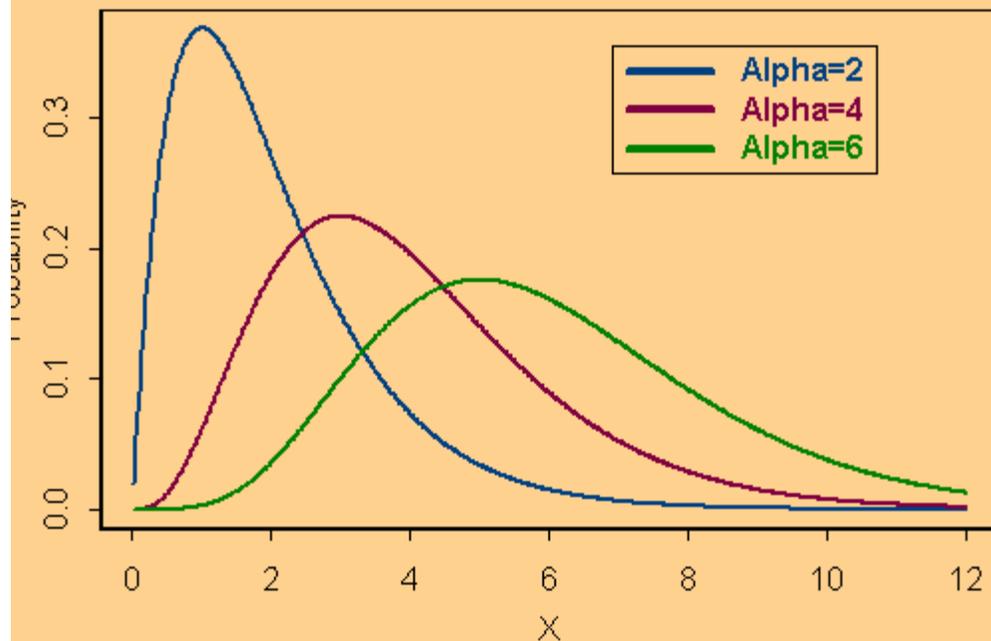
Setup Parameters

Wx element	Window Width	Minimum Value	Minimum Deviation
Temp (°C)	± 1	-	-
Wind (m/s)	± 1	2	0.032
Precip (mm)	$1/\sqrt{2}, \times\sqrt{2}$	0.2	0.05

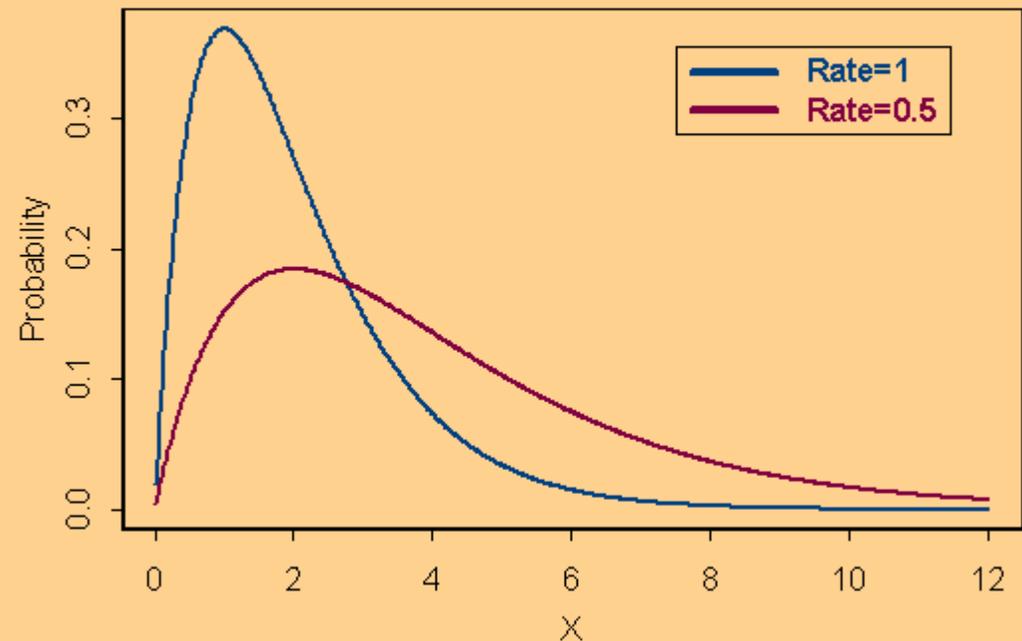
Fonction de densité de probabilité Gamma

$$f(x) = \frac{\lambda (\lambda x)^{\alpha-1} e^{(-x\lambda)}}{\Gamma(\alpha)}, \quad x \geq 0, \alpha, \lambda > 0$$

Gamma Densities
Different Shape Parameters



Gamma Densities
Different Rates

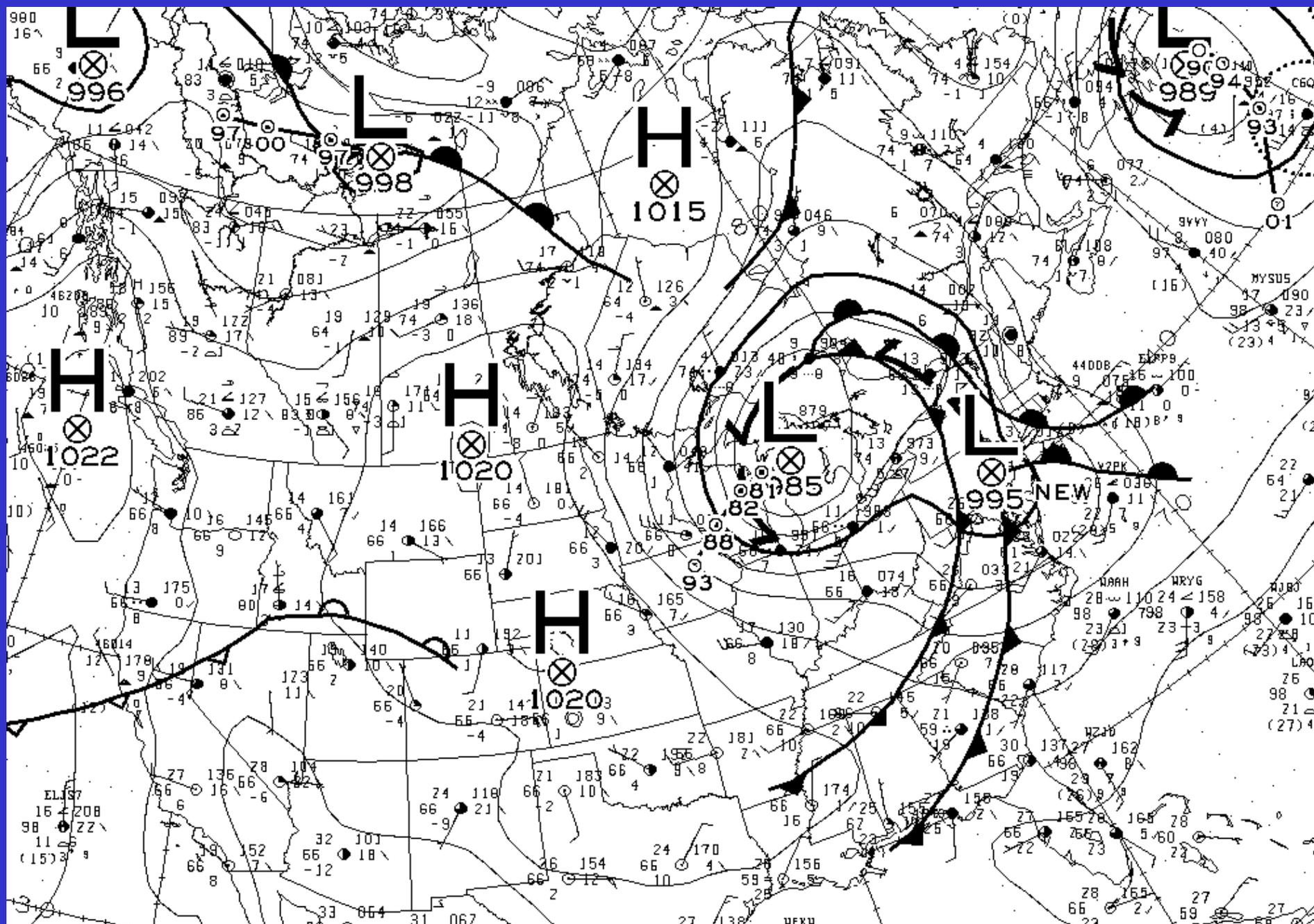


GOES-12 VIS 1815Z SUNDAY 2003/05/11

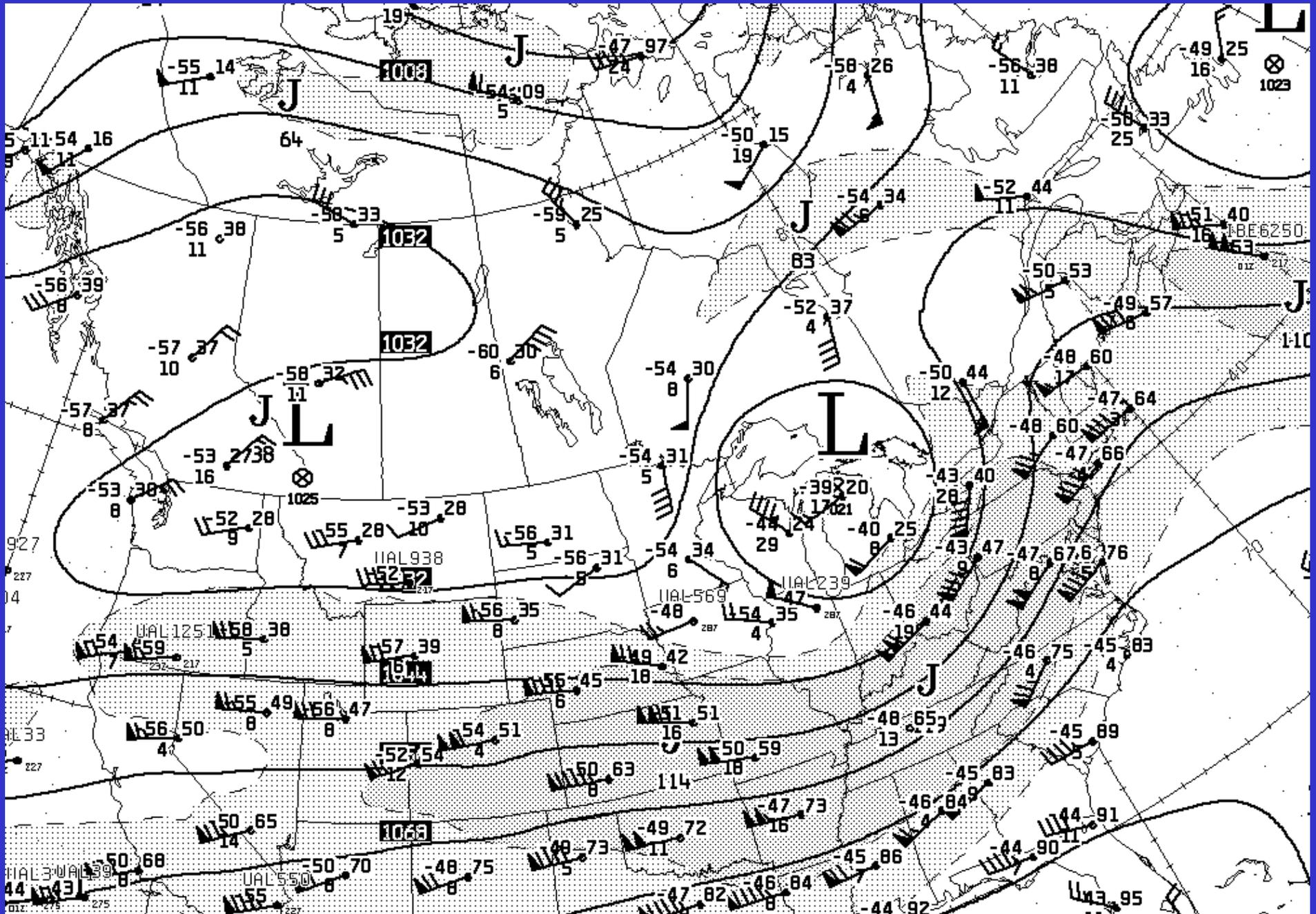


GOES-12 IR 0015Z MONDAY 2003/05/12

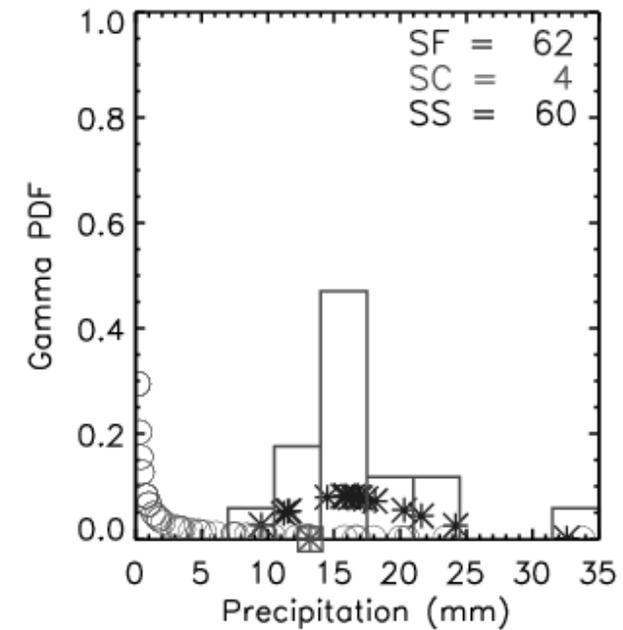
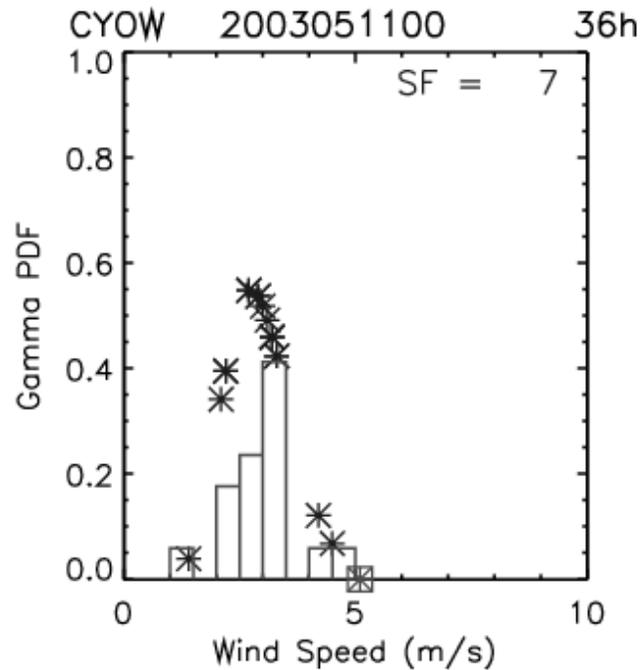
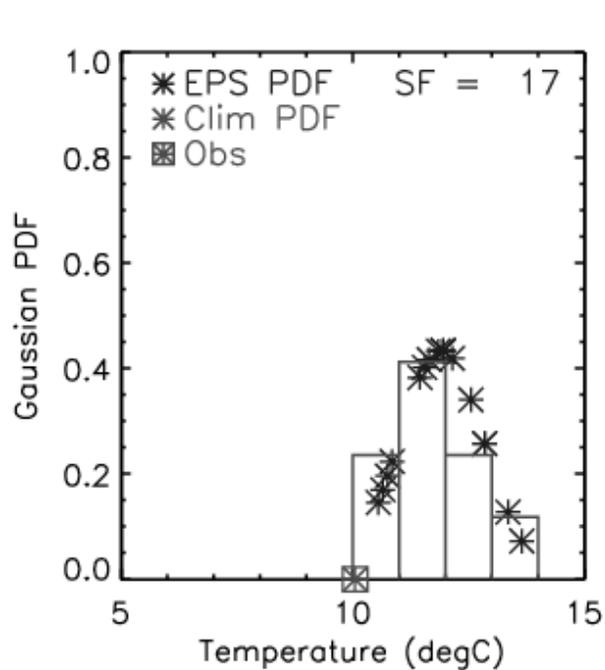
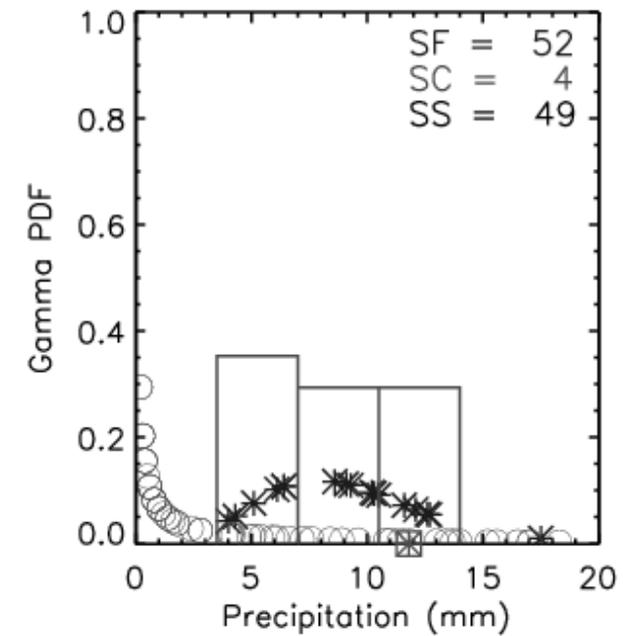
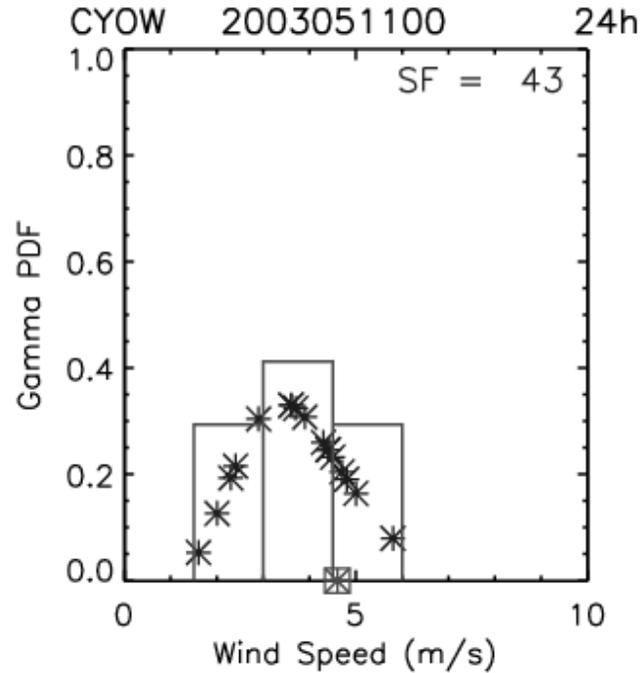
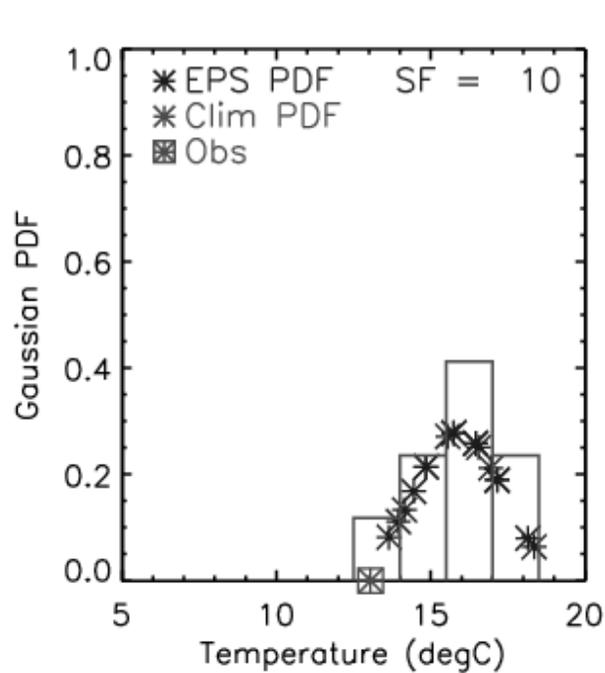
SURFACE ANALYSIS 00Z MONDAY 2003/05/12



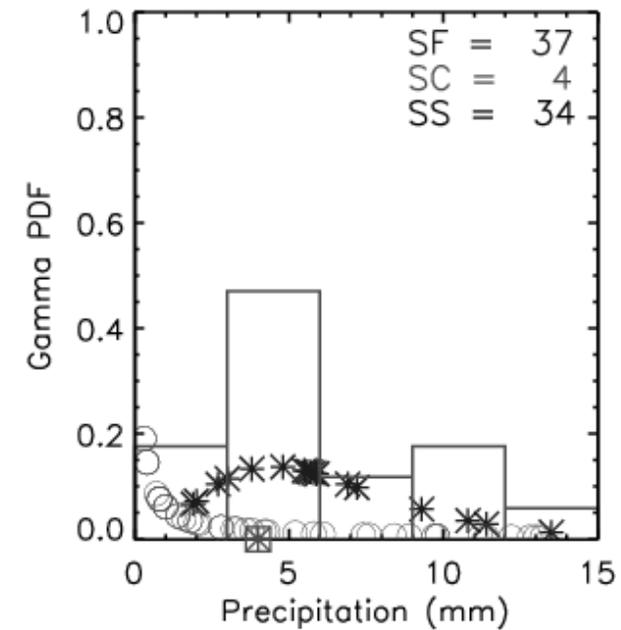
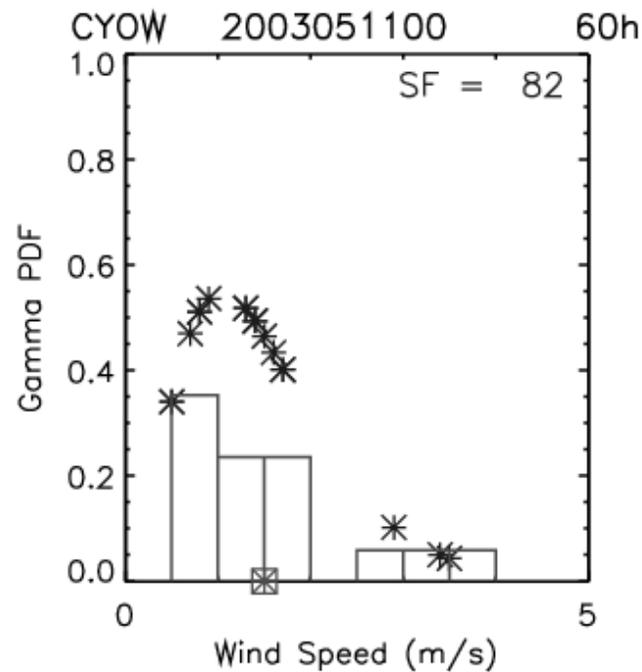
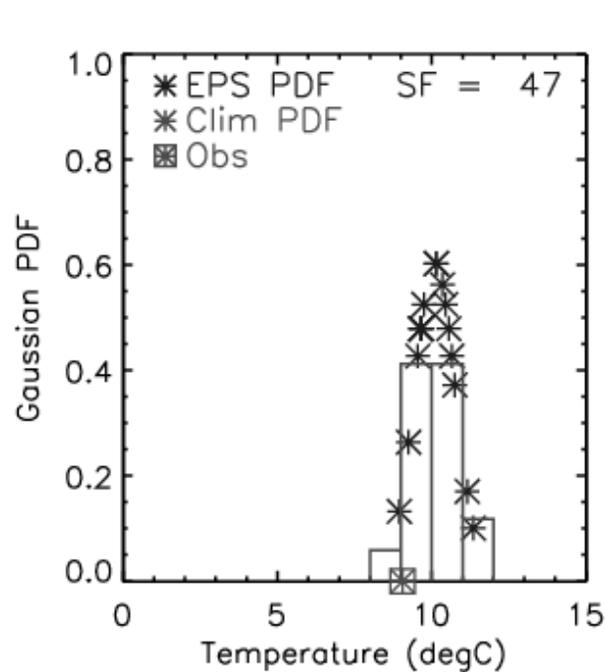
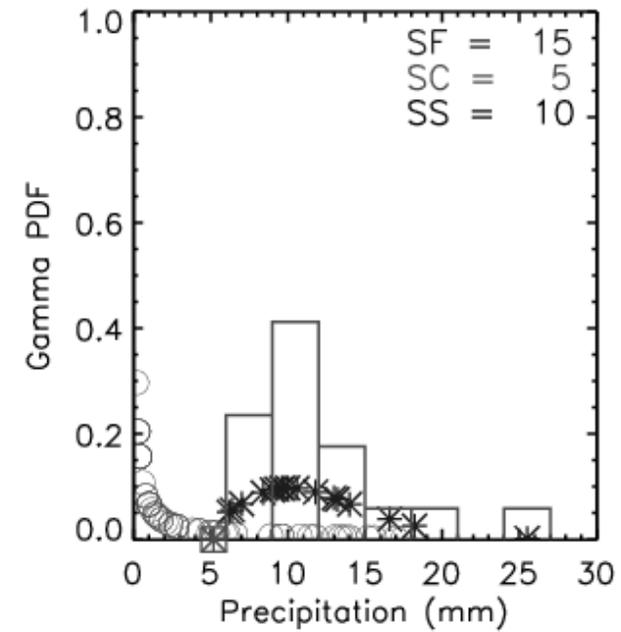
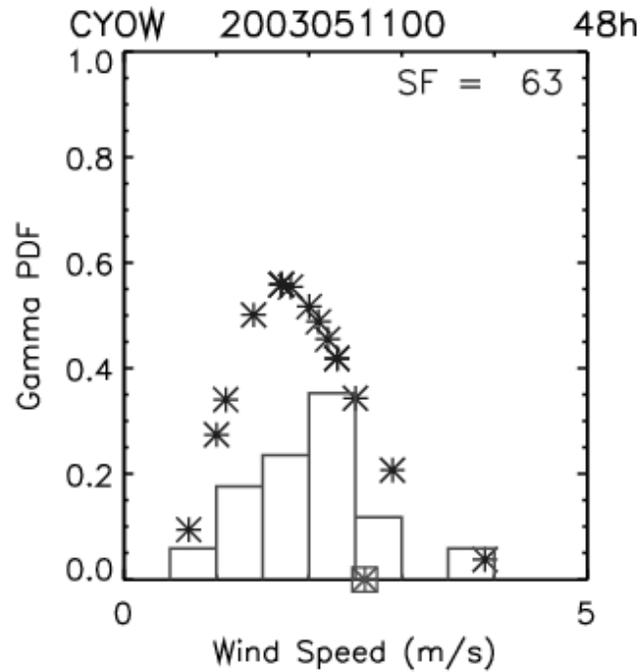
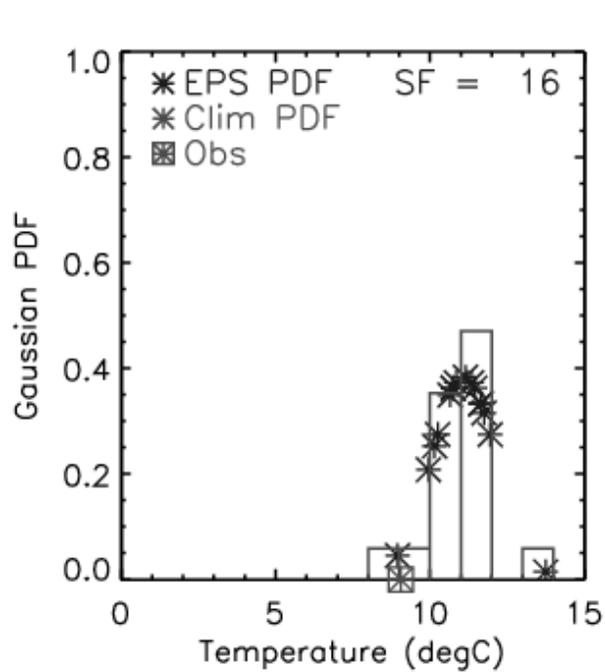
250 MB ANALYSIS 00Z MONDAY 2003/05/12



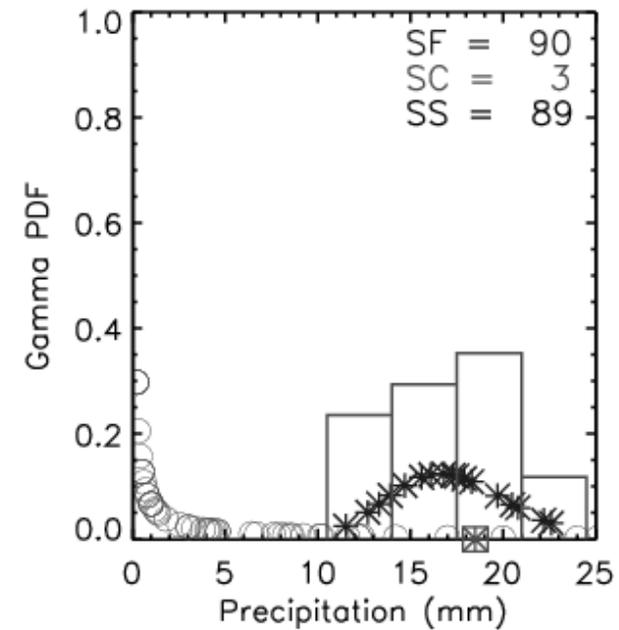
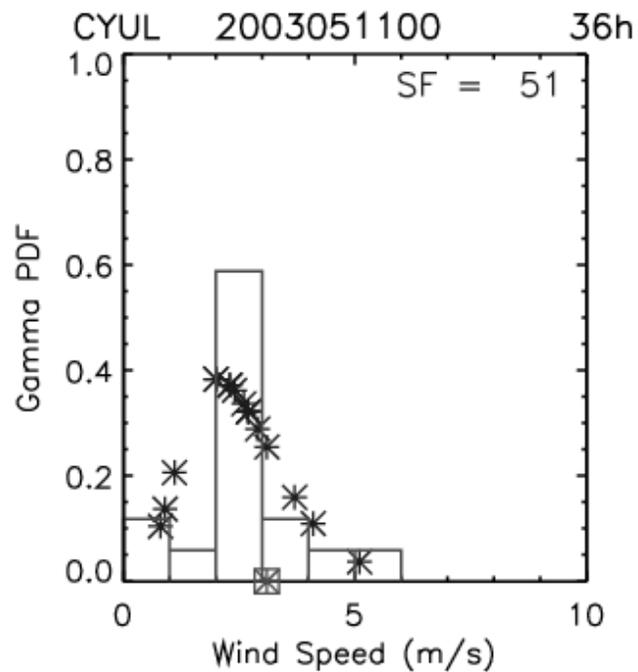
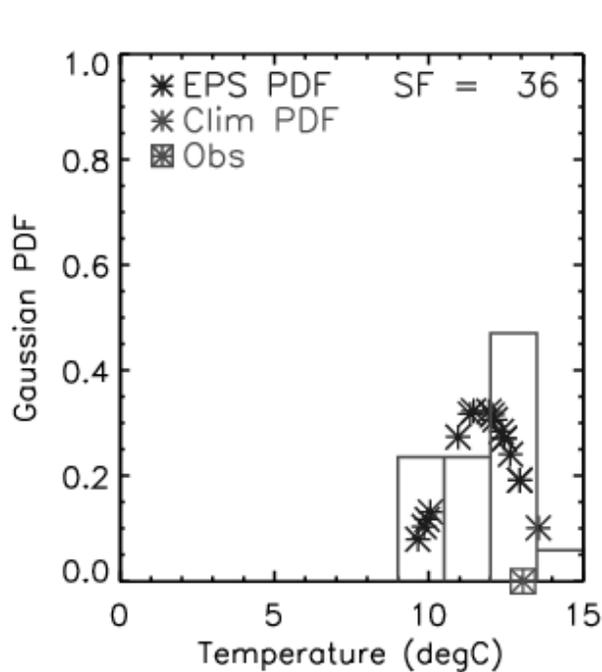
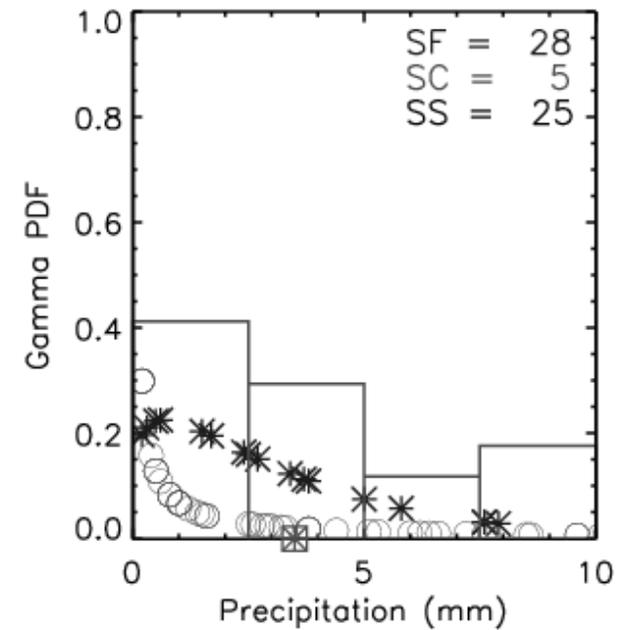
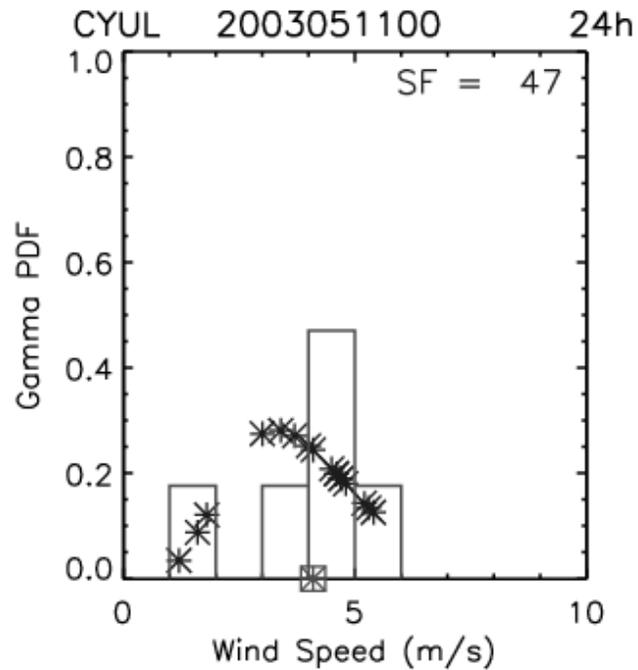
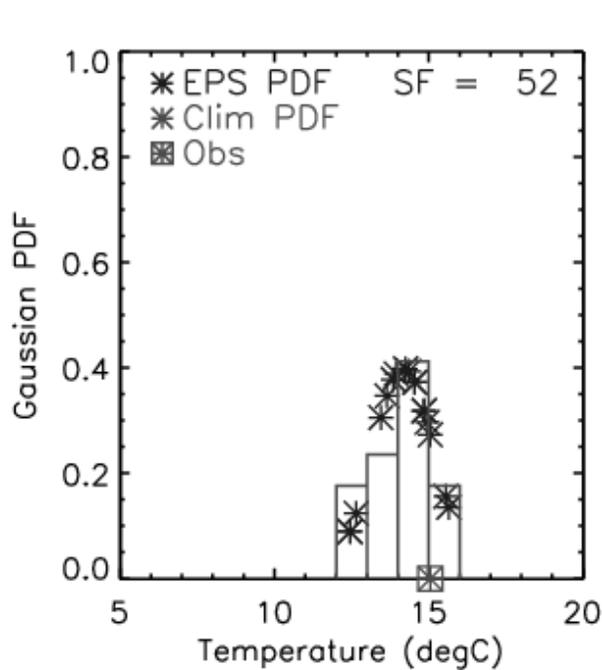
Ottawa 00Z 11 mai 2003 - 24 et 36h



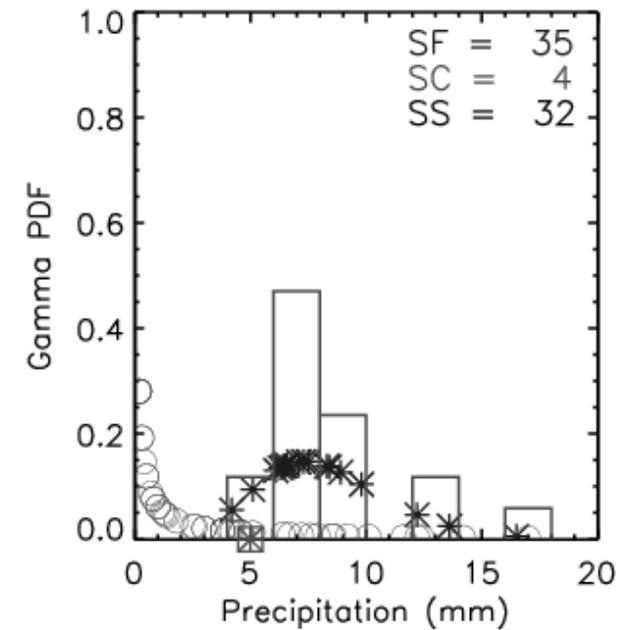
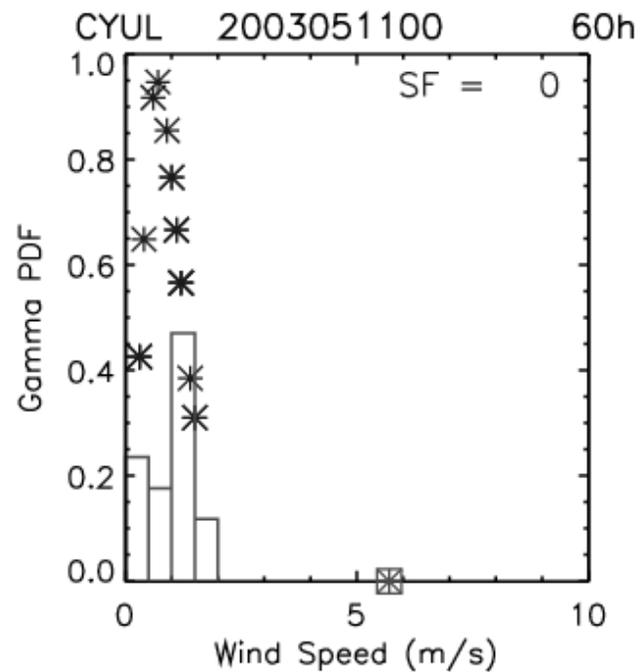
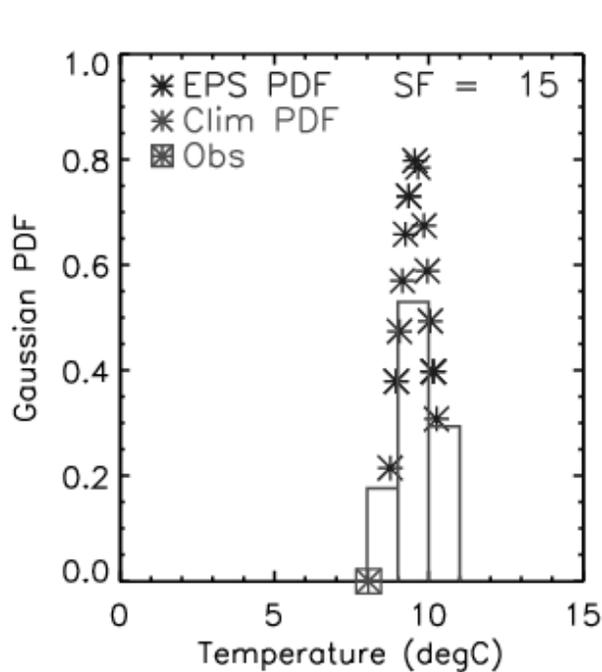
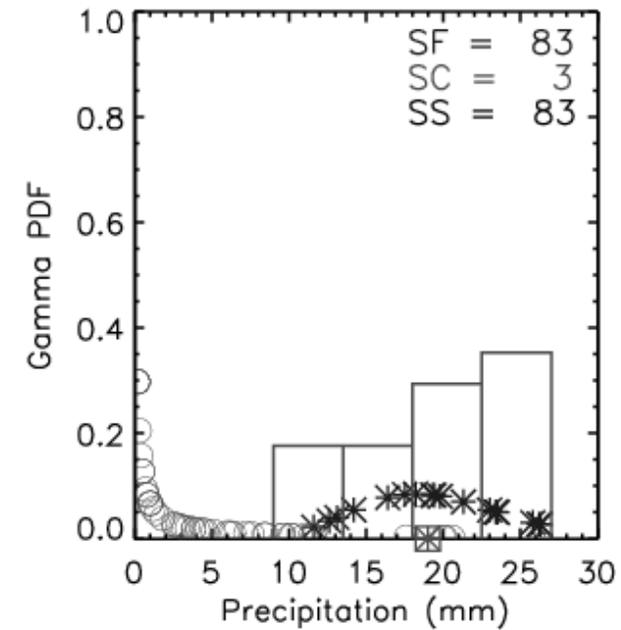
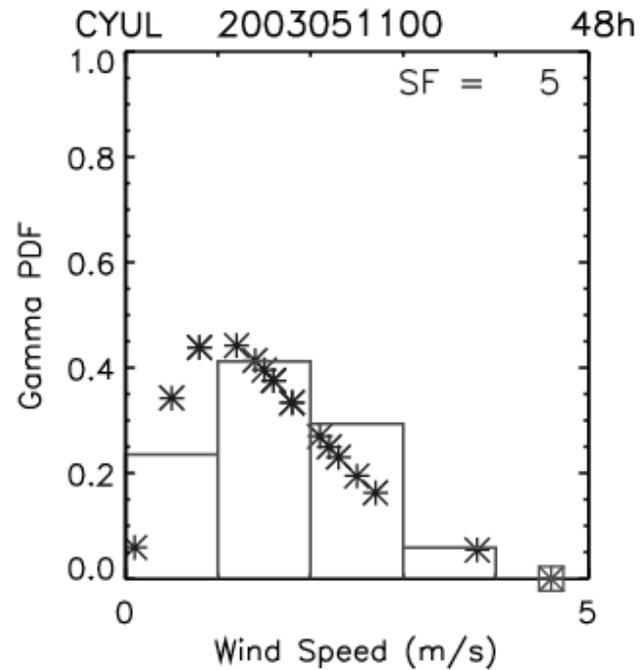
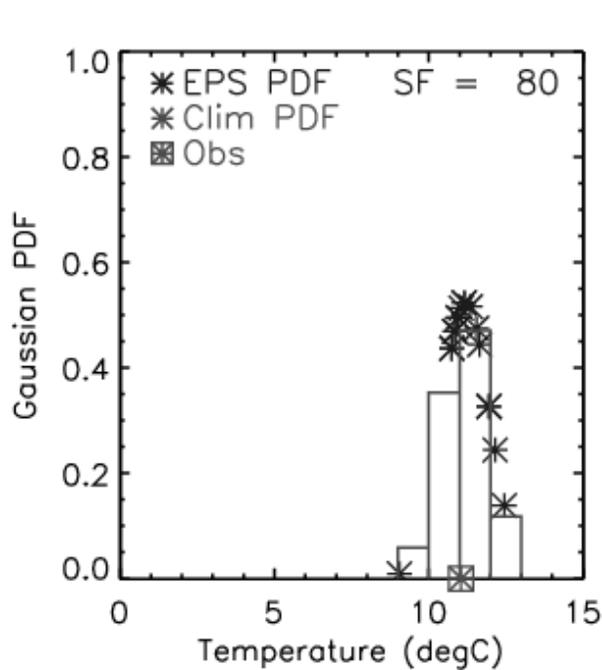
Ottawa 00Z 11 mai 2003 - 48 et 60h



Dorval 00Z 11 mai 2003 - 24 et 36h



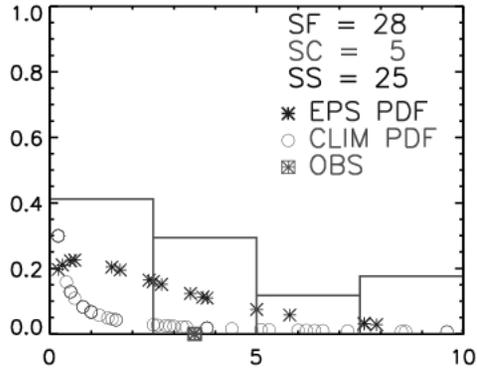
Dorval 00Z 11 mai 2003 - 48 et 60h



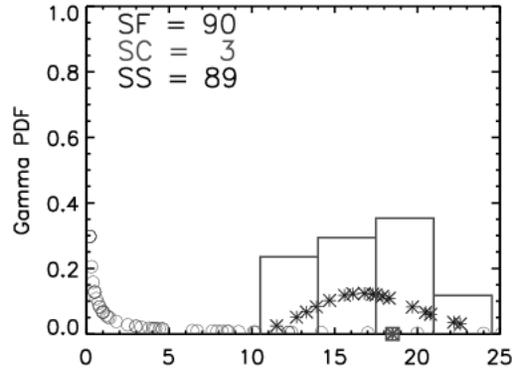
Dorval - Jour 1 à 7

Prévision émise 00Z 11 mai 2003

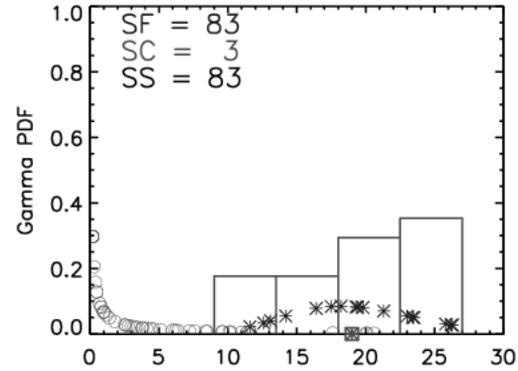
24h



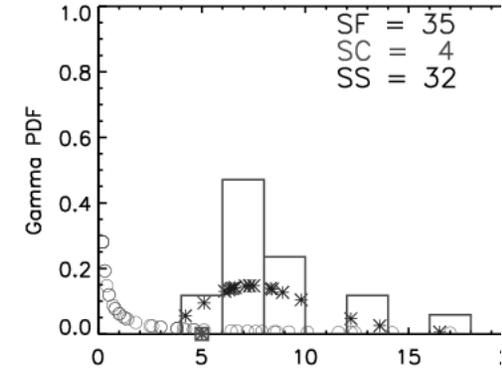
36h



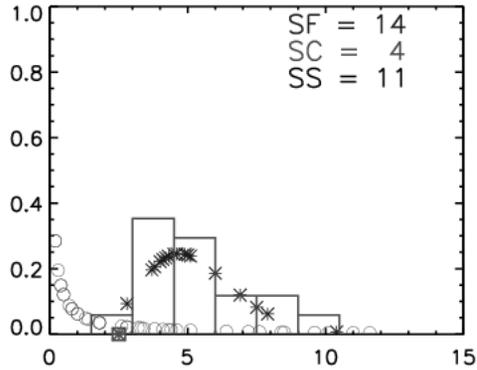
48h



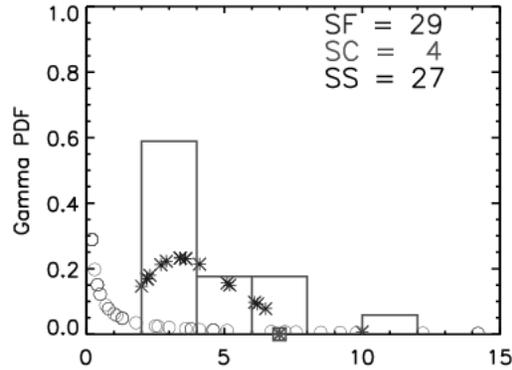
60h



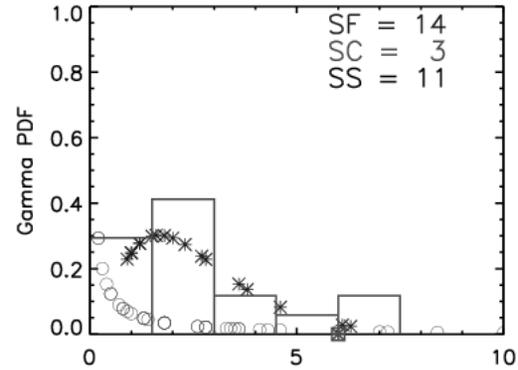
72h



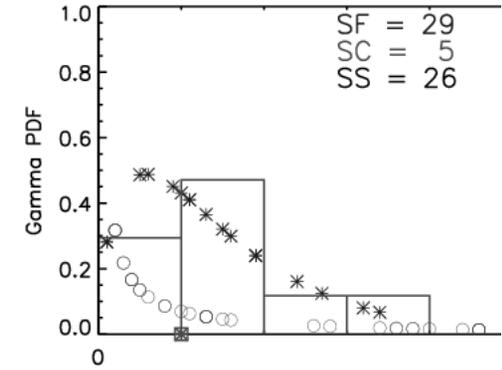
84h



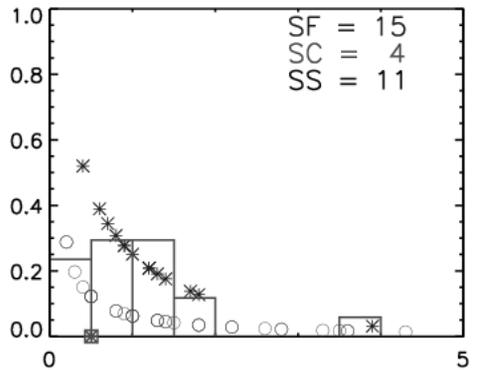
96h



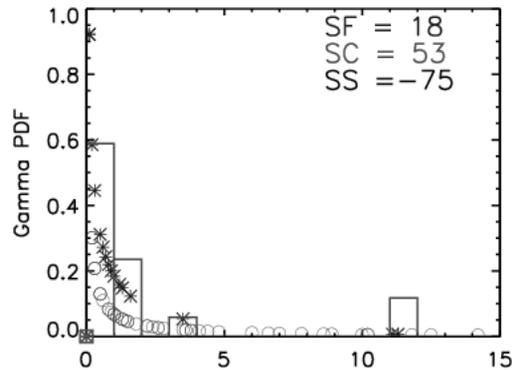
108h



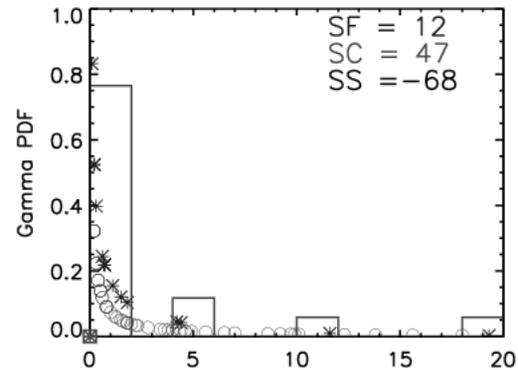
120h



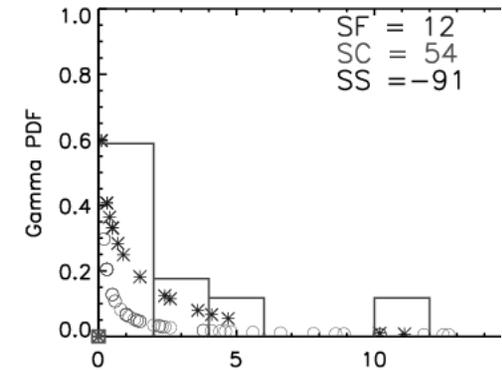
144h



156h



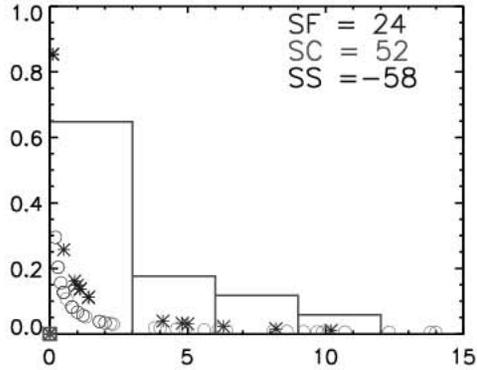
168h



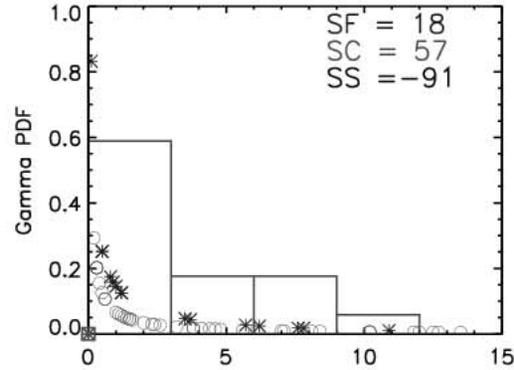
Dorval - Jour 8 à 10

Prévision émise 00Z 11 mai 2003

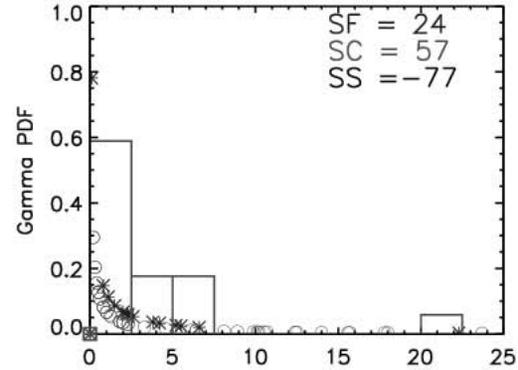
180h



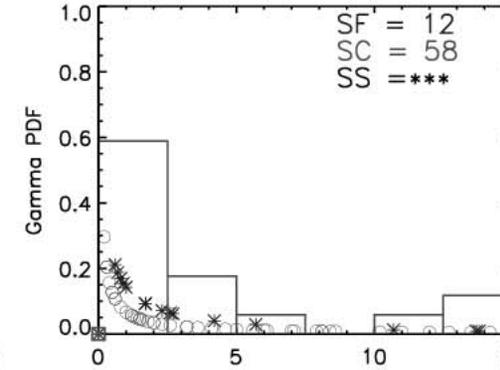
192h



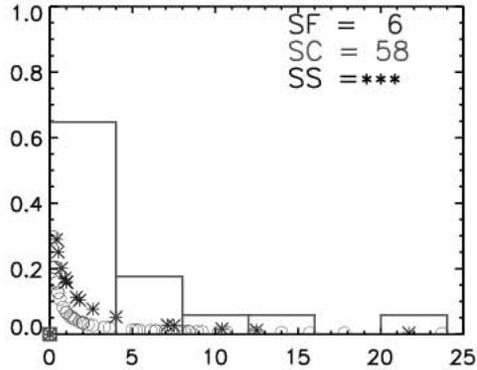
204h



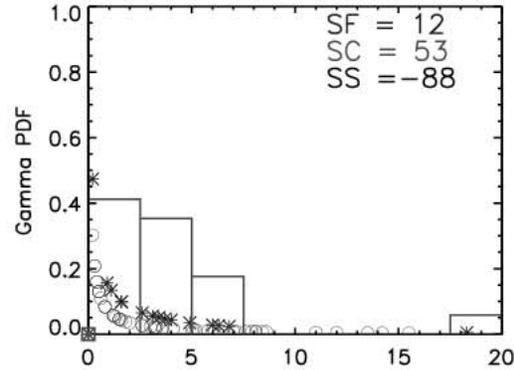
216h



228h

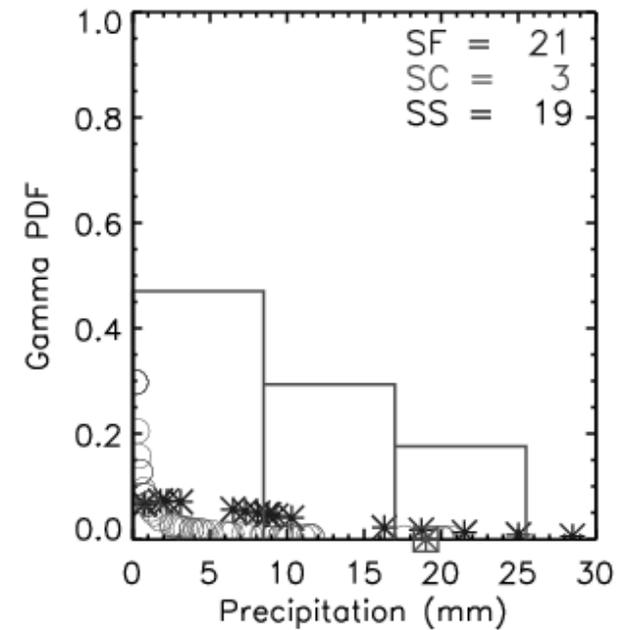
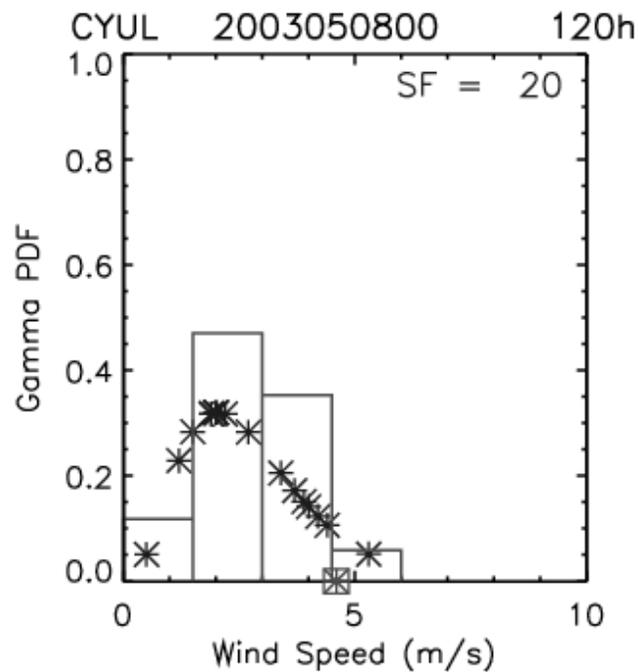
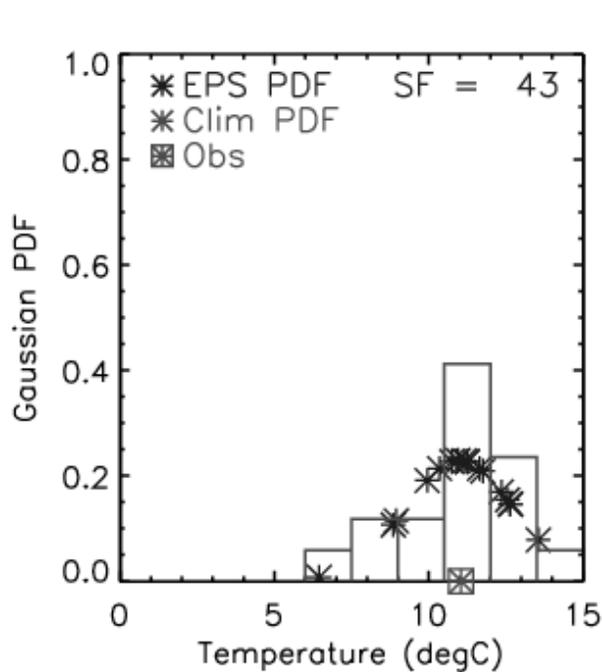
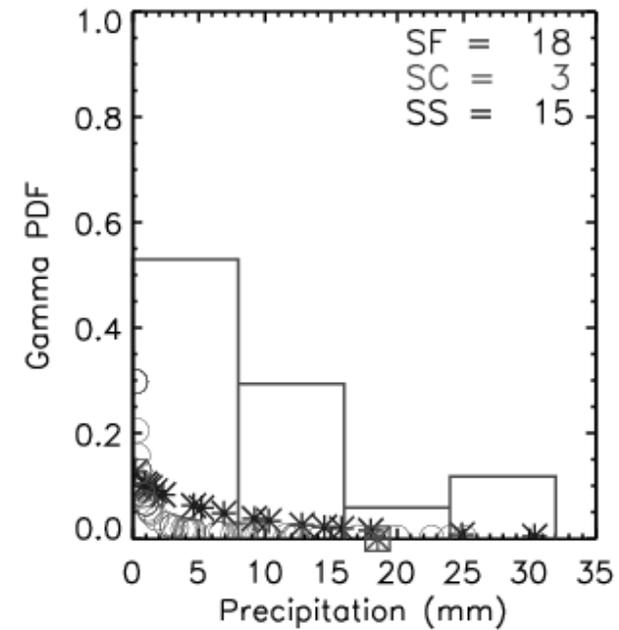
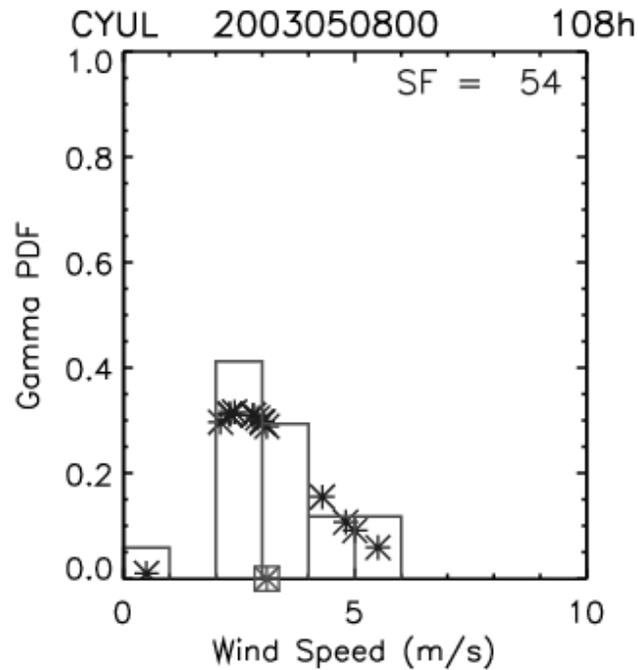
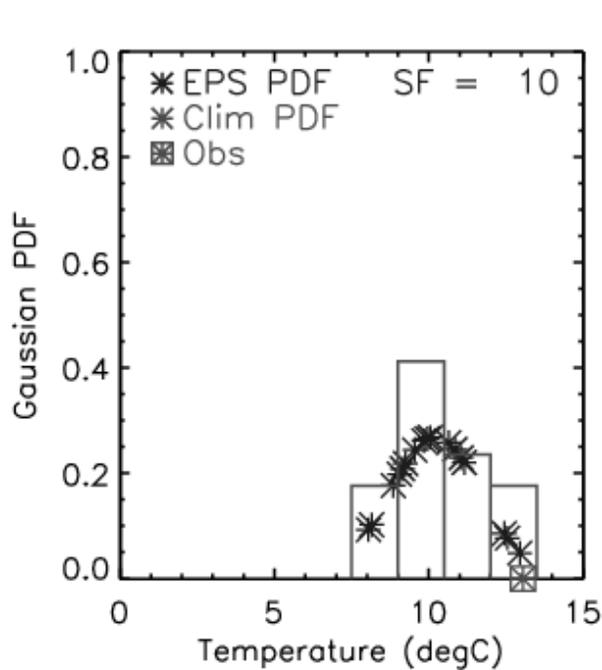


240h



Dorval

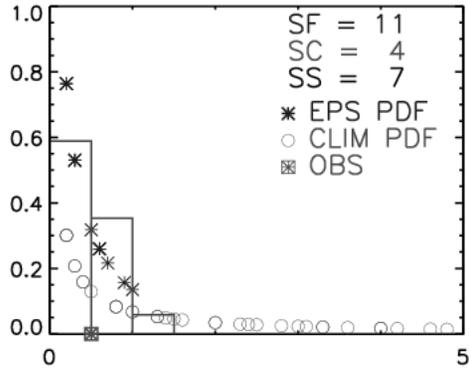
00Z 8 mai 2003 - 108 et 120h



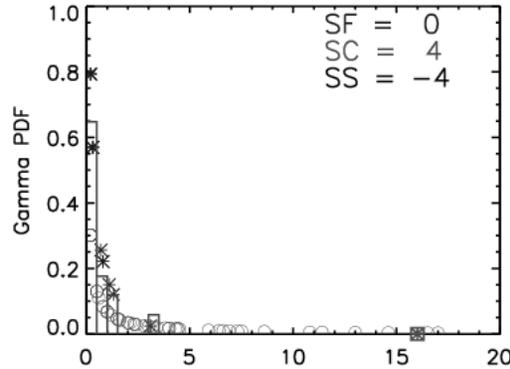
Dorval - Jour 1 à 7

Prévision émise 00Z 11 mai 2003

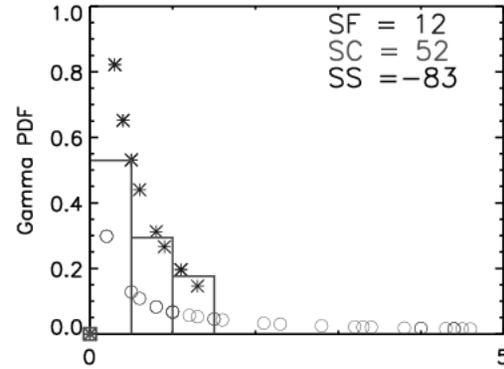
24h



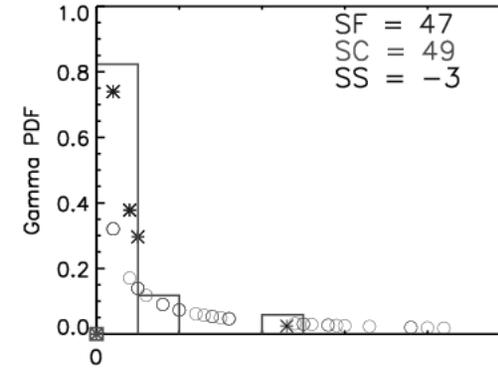
36h



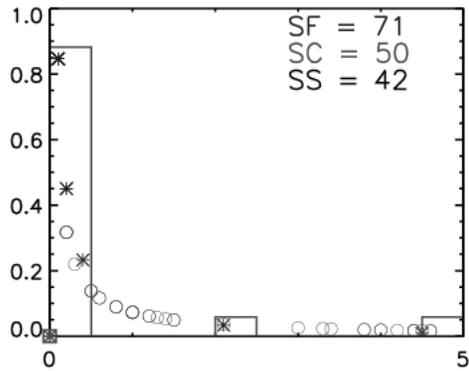
60h



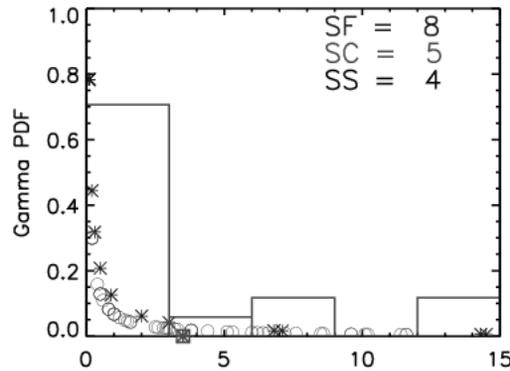
72h



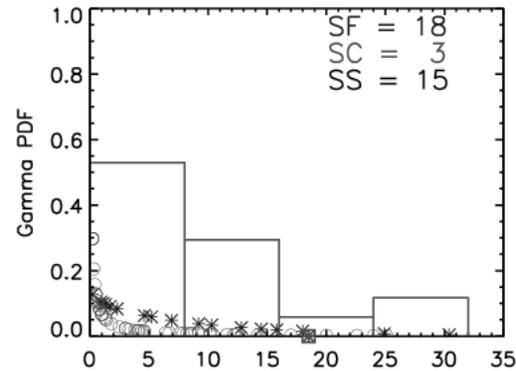
84h



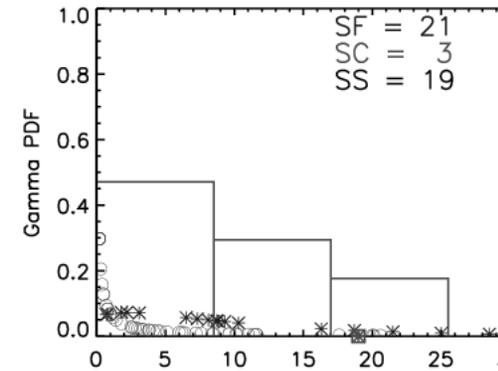
96h



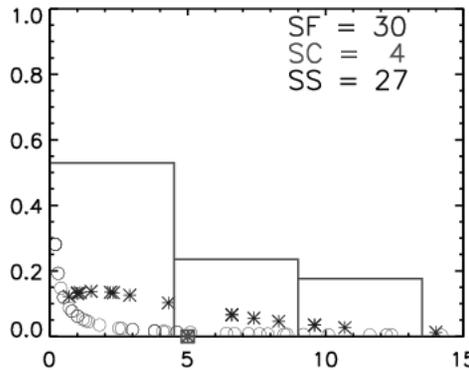
108h



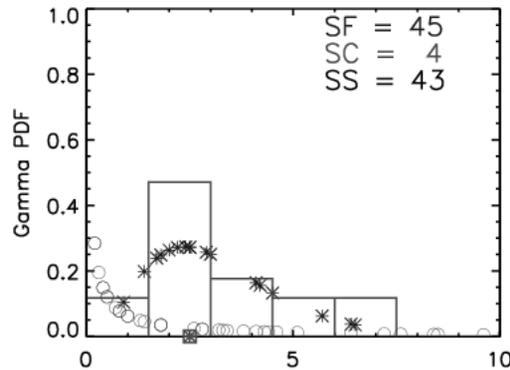
120h



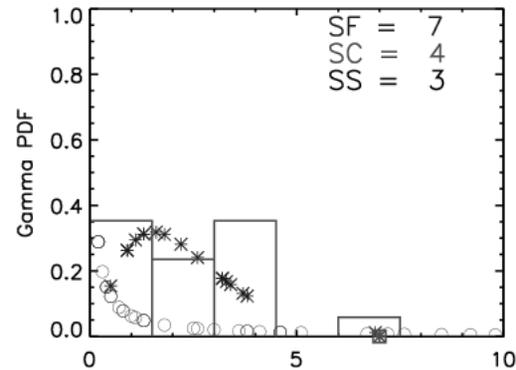
132h



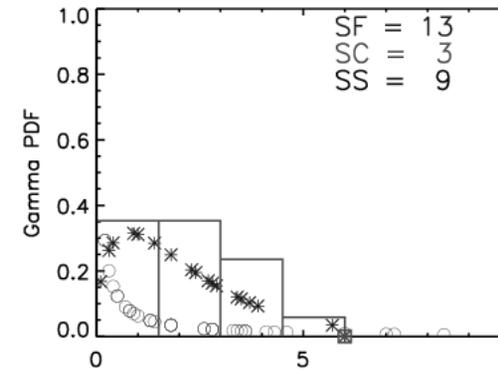
144h



156h

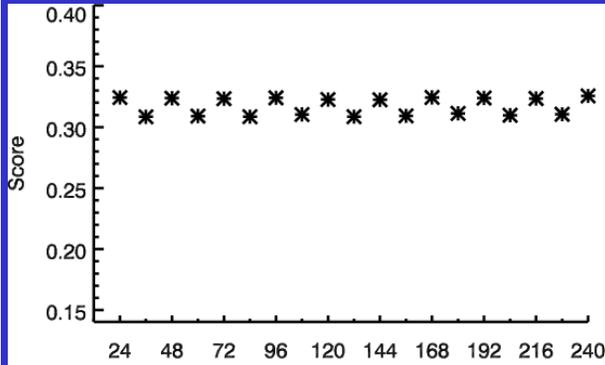


168h

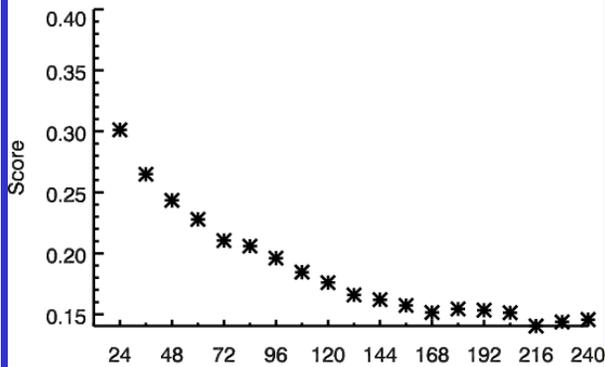


Sommaire 2002-2003

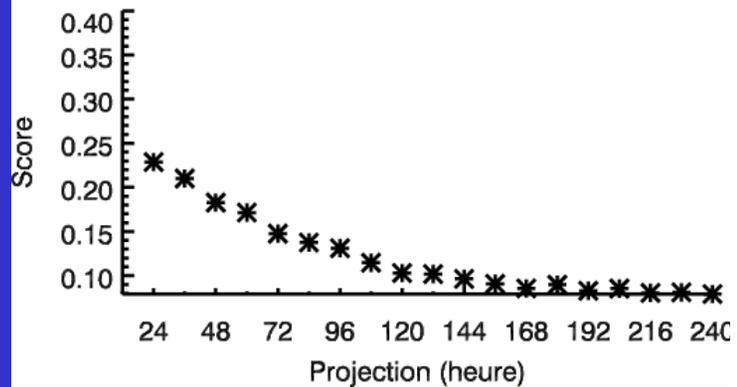
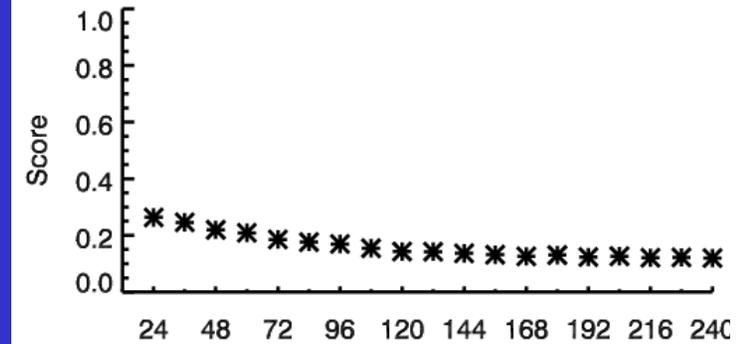
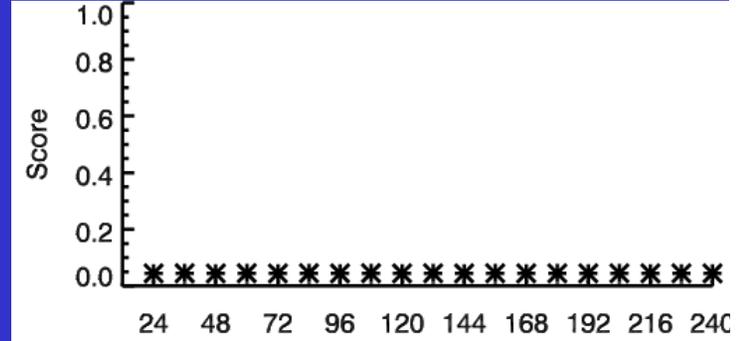
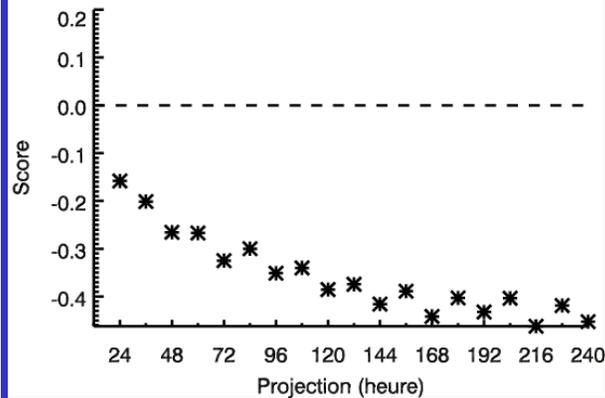
Climatologie



Prévision d'ensemble



Skill Score



Conclusion

- Résultats préliminaires...
- Score proportionnel pour observations et prévisions nulles.
- Skill score par rapport à la climatologie.
- Sommaire saisonnier, mensuel, série temporelle, etc.
- Éléments du temps en altitude.
- Application aux prévisions “grillées”.
- Comparaison avec d’autres systèmes de prévisions d’ensemble (ECMWF, NCEP) ou super-ensemble?