

Atelier LARSIM 2015, Strasbourg

La prise en compte de l'incertitude des données d'entrée météorologiques par la prévision des crues

Alfons Vogelbacher, Daniel Waldmann
(LFU)

Sommaire

- Les plages d'incertitude et les prévisions de tendances
- Les valeurs d'incertitude statiques et dynamiques
- Les prévisions d'ensemble météorologiques
- La détermination des marges d'incertitude - le calcul de percentiles
- Le calcul des prévisions et leur visualisation à l'aide de HUGO

L'introduction des marges d'incertitude

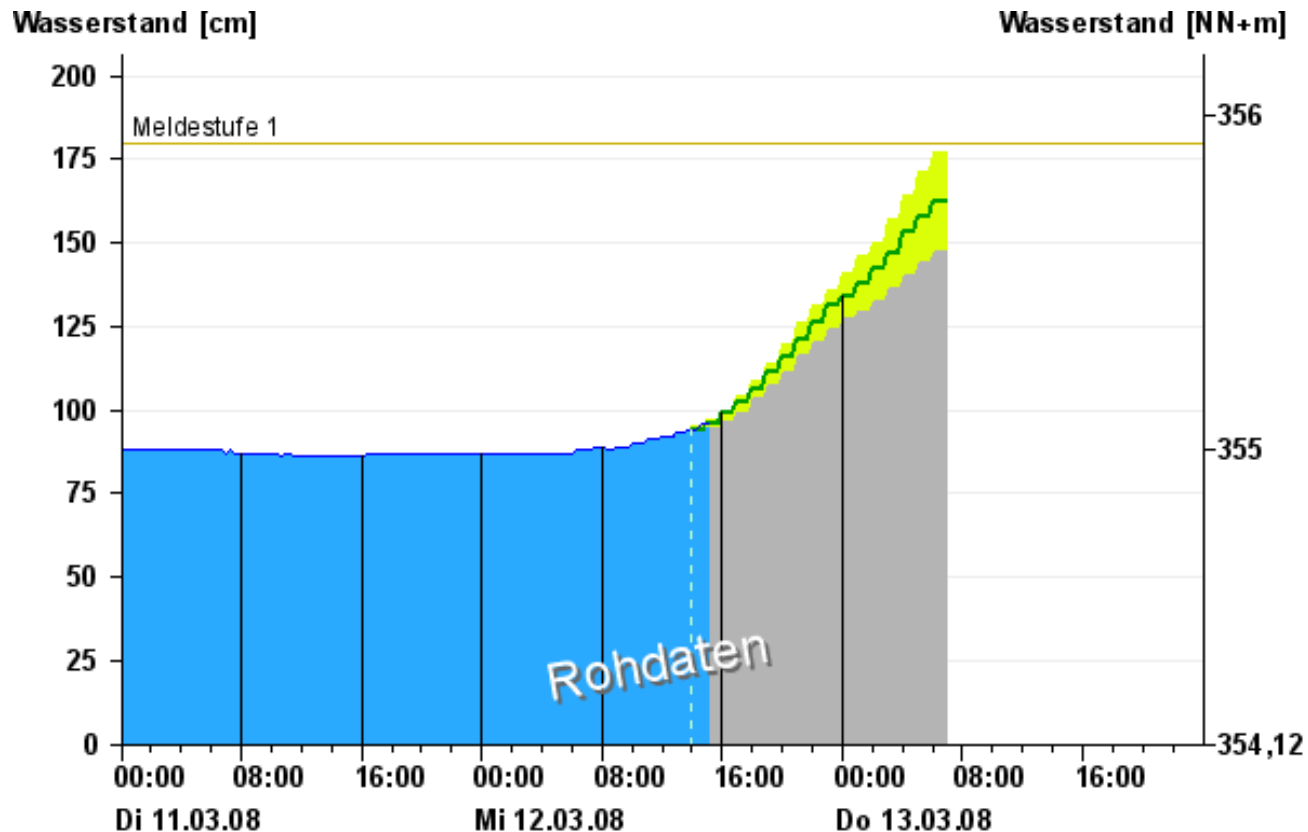
- Déclenchée par la crue d'automne 2005
- Critique vis-à-vis de la précision des prévisions
- Décision de calculer des marges d'incertitude
- Objectif : Faire comprendre aux clients les incertitudes de prévision
- Introduction de marges d'incertitude statiques en 2007; visualisation des quantiles 90 % et 10 %

Les marges d'incertitude statiques

- **Les plages d'incertitude sont déterminées en procédant à une analyse statistique des écarts de prévisions passées par rapport aux valeurs mesurées.**
- Ces plages varient en fonction de la situation hydrologique pour les eaux moyennes et les étiages ainsi que pour les crues en phases ascendante, aiguë et descendante.
- A travers les fonctions de répartition, cette analyse statistique permet de déduire les quantiles des écarts en fonction de l'horizon de prévision. Les résultats de calcul des percentiles 10 et 90 sont appliqués aux prévisions.
- **Dans la pratique, ceci signifie qu'en moyenne statistique, la limite supérieure est dépassée une fois sur 10 et que le seuil inférieur n'est pas atteint une fois sur 10.**

Les valeurs d'incertitude

- Les marges d'incertitude ont été introduites en 2007.

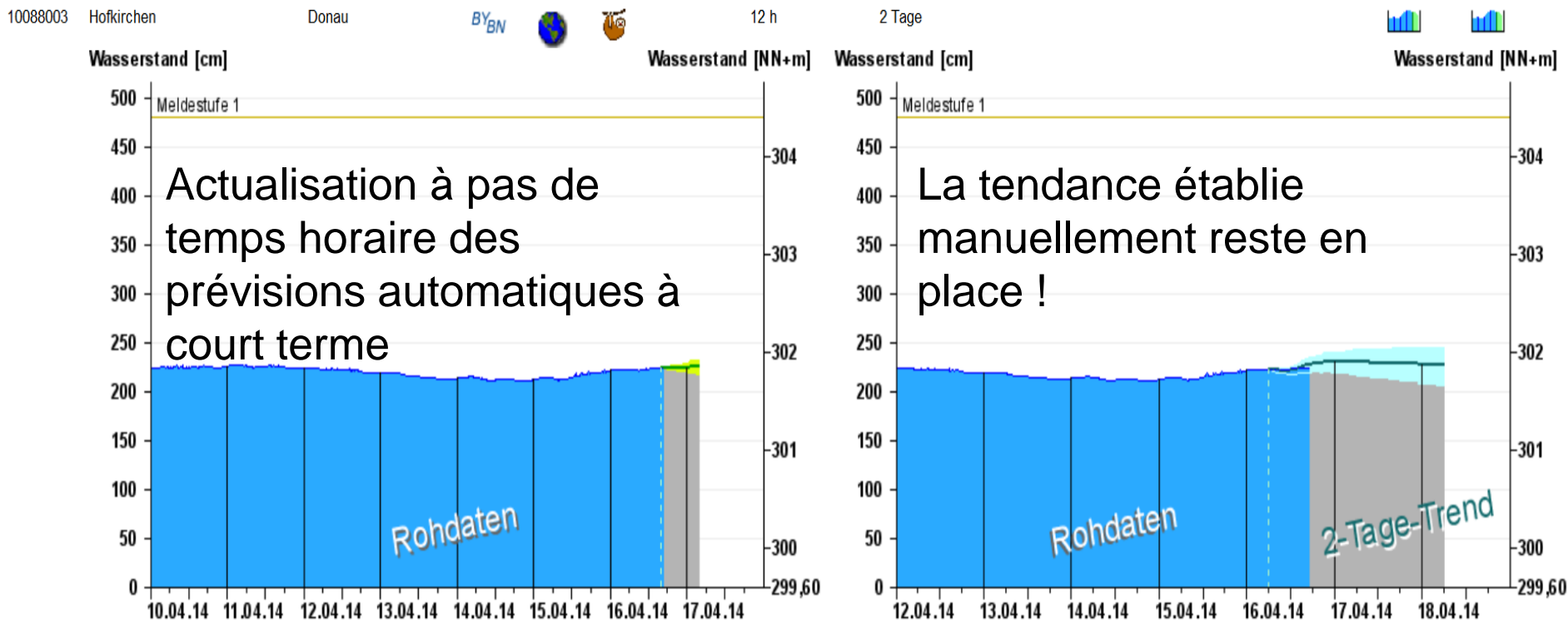


L'introduction des prévisions de tendances en 2014

- Bien qu'accompagnées par une information relative à leur incertitude, les prévisions publiées se sont limitées à un horizon qui, en termes de temps de propagation de l'onde de crue et en termes de réaction des bassins tributaires des stations limnimétriques resta restreint aux précipitations.
- En règle générale, il s'agissait de 6 à 12 heures, dans certains cas particuliers de 24 heures au maximum.
- Les prévisions qui englobaient également la période des prévisions de précipitations n'étaient communiquées qu'au sein des administrations chargées de la gestion des eaux et servaient de base aux alertes de crue publiées par ces dernières.
- En ce qui concerne la crue de juin 2013, ces prévisions plus précoces ont été discutées publiquement, et l'on a entre autres demandé aux hommes politiques de mettre également ces prévisions plus précoces à la disposition du public.
- L'on a inventé la prévision des tendances qui est publiée pour un certain nombre de stations limnimétriques avec un délai de prévision de 48 heures, en parallèle aux prévisions habituelles et plus courtes.

La prévision des tendances en routine

- Établissement manuel de ces prévisions tous les jours ouvrables par le SPC
- La prévision des tendances est moins souvent actualisée que la prévision à court terme.



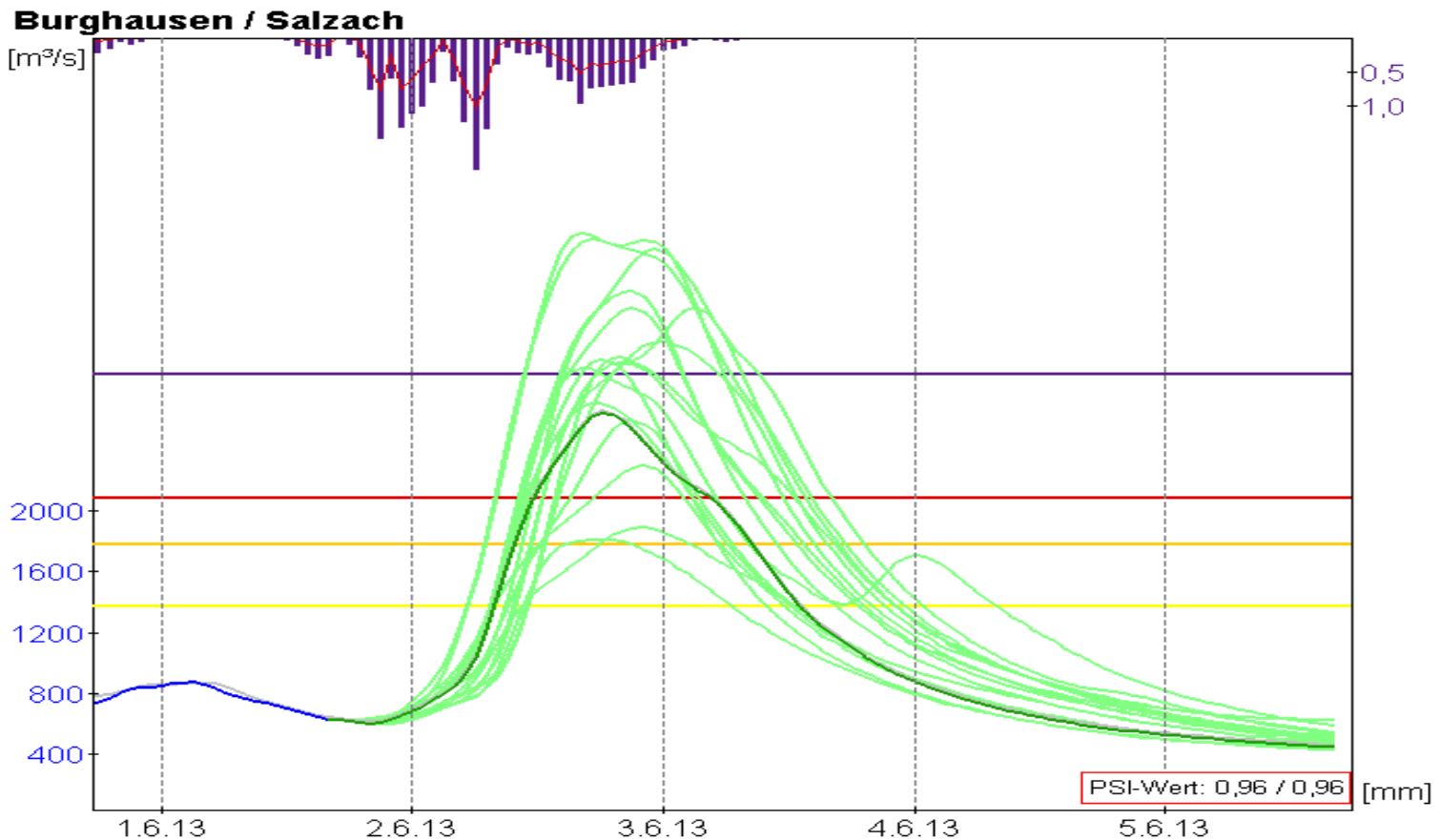
Les prévisions météorologiques numériques

Nom	Organisation	Longueur de trame	Délai de prévision	Mise à jour
COSMO-DE	DWD	3 km	21 h	Toutes les 3 heures
COSMO-EU	DWD	7 km	48 h resp. 78 h	Toutes les 6 heures
COSMO-LEPS	DWD	10 km	132 h	2 fois par jour
ICON	DWD	40 km	174 h	Toutes les 12 heures
SNOW4	DWD	3 km	42 h resp. 72 h	Toutes les 6 heures
ALMO	Météo Suisse	7 km	72 h	Toutes les 12 heures
ALADIN	ZAMG	10 km	48 h	Toutes les 12 heures
GFS	NOAA, USA	40 km	180 h	Toutes les 6 heures
MOSS	Meteomedia	Pour les stations	96 h	Tous les jours

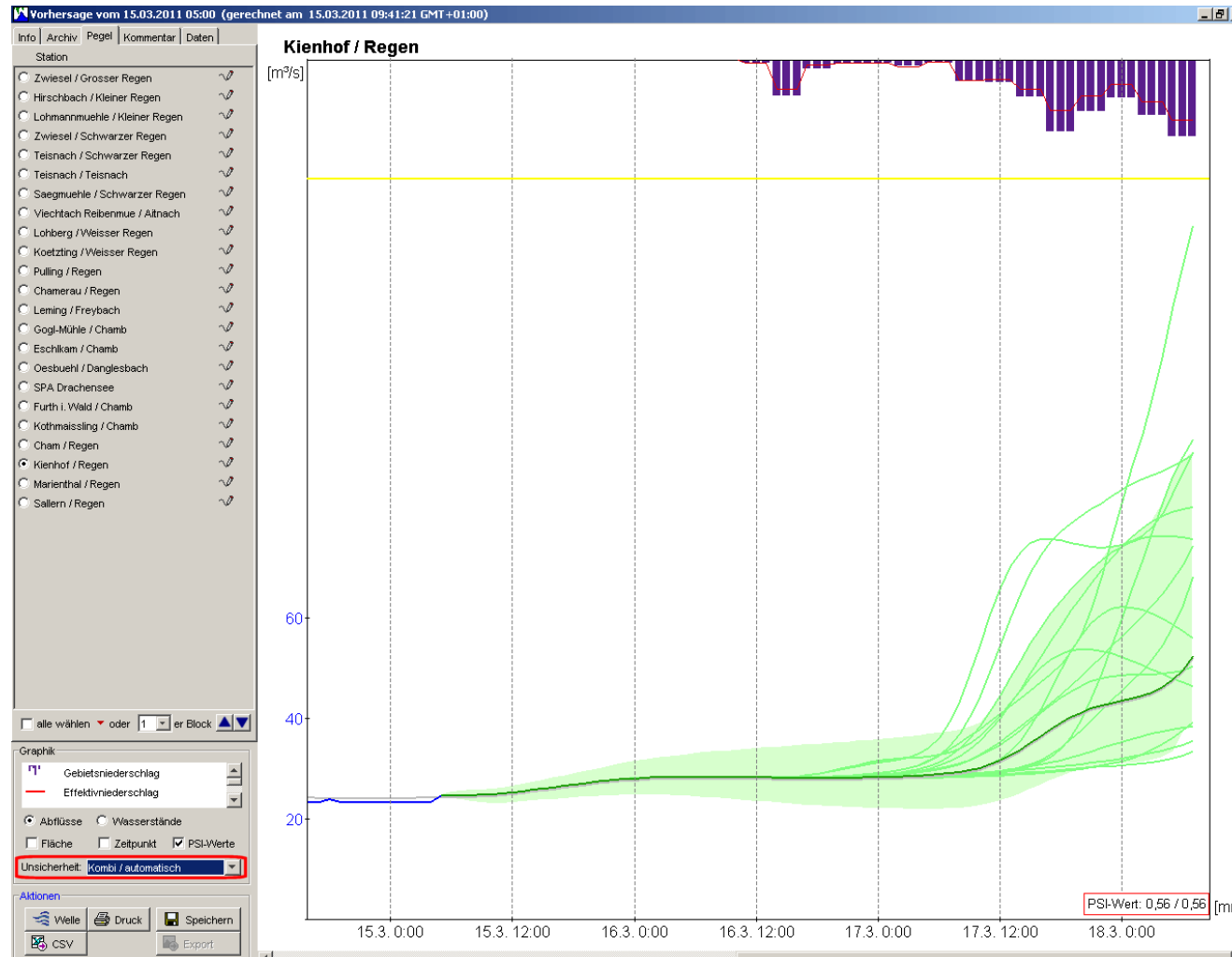
Les prévisions d'ensemble météorologiques

- Les « vraies » prévisions d'ensemble reposent sur les variations - d'origine physique - des valeurs initiales et des valeurs aux bords, des observations assimilées (erreurs de mesure) ainsi que de la perturbation des paramètres sensibles du modèle.
- Prévision d'ensemble ECMWF (ENS), 2 fois par jour, 51 membres, 30/60 km, 62 couches, 15 jours
- COSMO-LEPS : 16 membres représentatifs issus de l'ensemble ECMWF servent de champs initiaux et de champs marginaux stimulant le modèle COSMO-LEPS, maillage 10 km, délai de prévision 132 h.
- COSMO-DE : Des membres divers issus de 4 modèles globaux (GME (ICON), GSM, GFS et IFS), en combinaison avec des « perturbations » des valeurs initiales et des paramètres. Dans certains cas, formation de faisceaux (résultats accumulés) autour des quatre prévisions « principales ».
- PEPS : Plusieurs (p. ex. 4) modèles globaux

Les prévisions établies sur la base de la prévision météorologique d'ensemble (COSMO-LEPS)



La marge d'incertitude résultant des prévisions d'ensemble et de l'erreur statique



La détermination des marges d'incertitude - approche simple

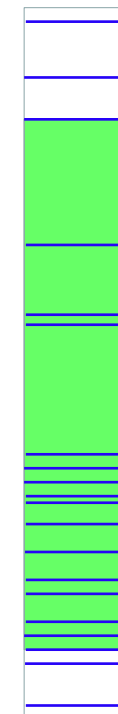
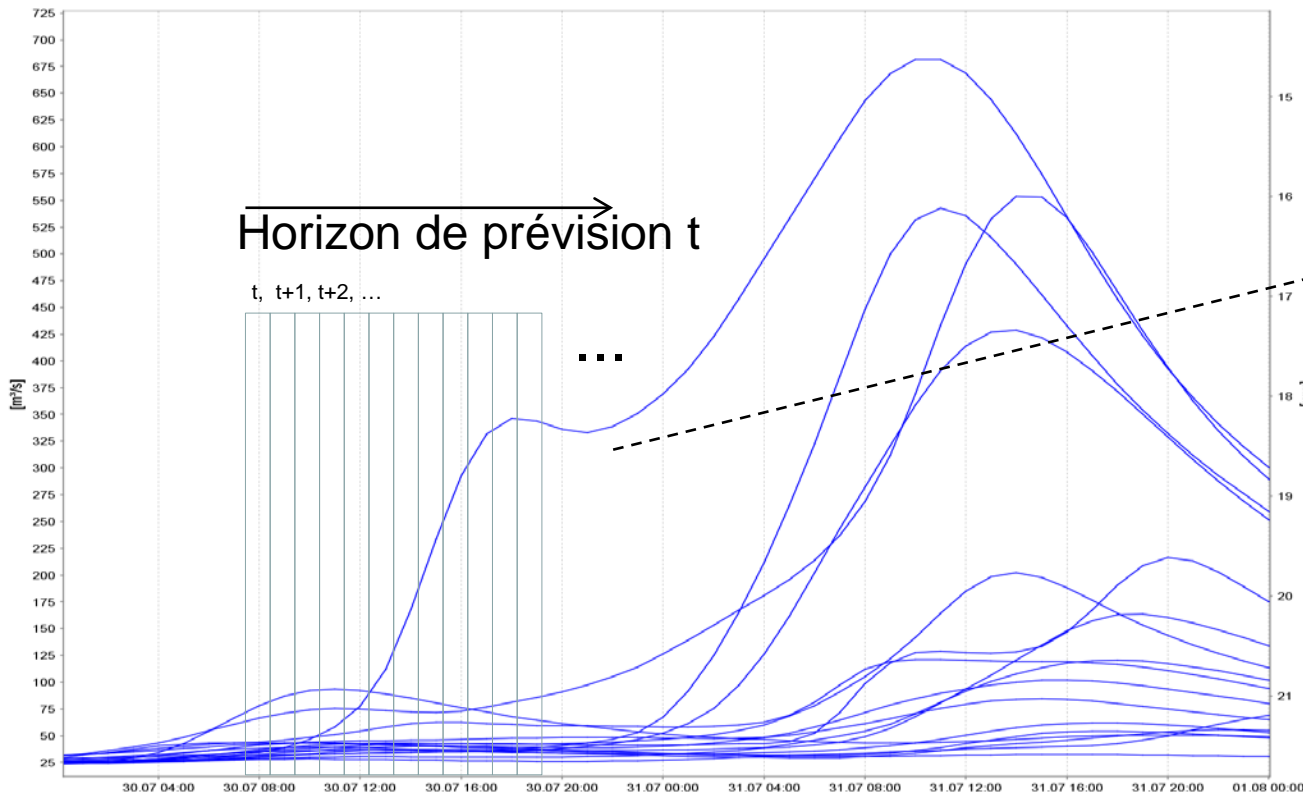
- Percentiles issus de la fréquence empirique
- Situation sur les valeurs empiriques données, pour 20 valeurs p. ex. sur la 3e valeur la plus importante et sur la 3e valeur la plus faible

Inconvénients :

- Nécessité d'avoir un échantillon important
- Inconsistance de l'estimation
- Forme « carrée » des marges

La détermination des marges d'incertitude - approche simple

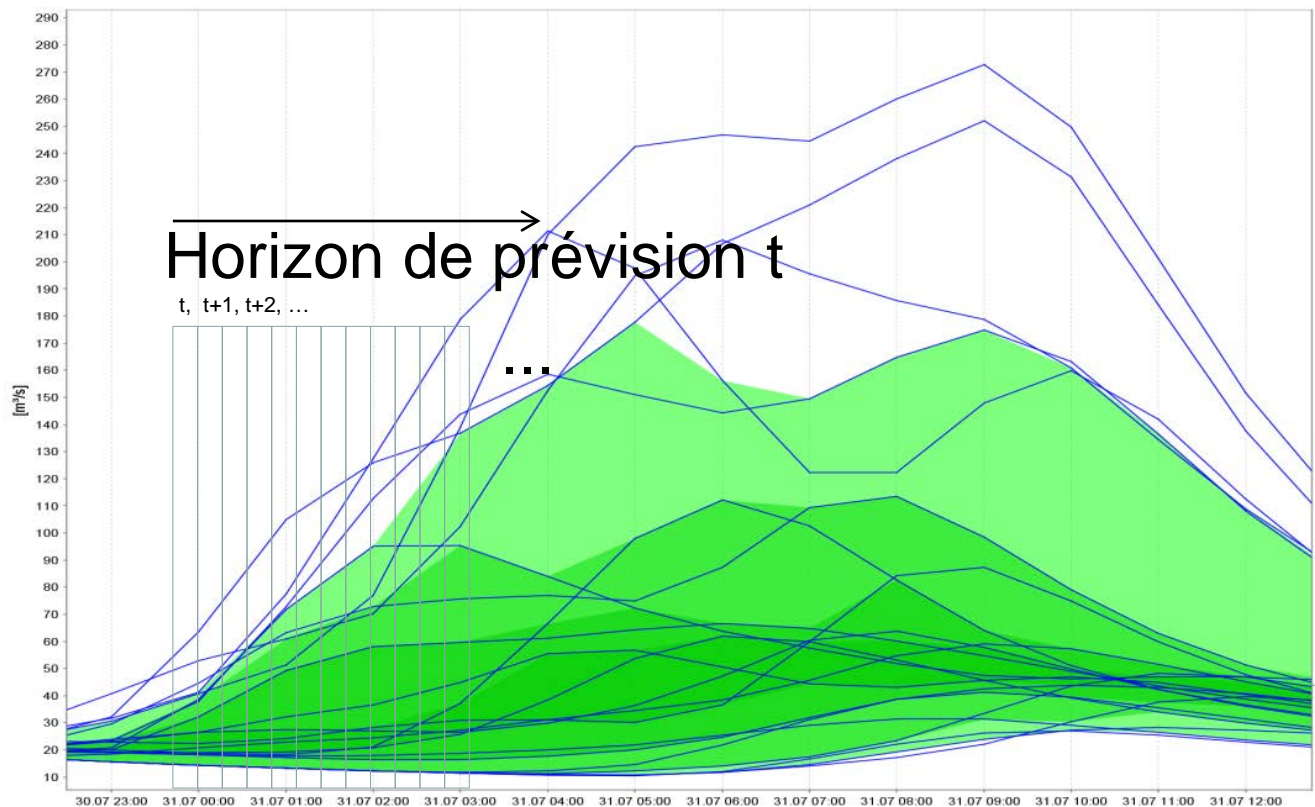
Ex. : 20 ensembles au
moment de prévision t :



P90 : 18
membres
inférieurs à

P10 : 2 membres
inférieurs à

La détermination des marges d'incertitude - approche simple



L'estimation à l'aide de la fonction de distribution

- Adaptation de la fonction de densité pour chaque moment de la prévision (p. ex. distribution normale, 2 paramètres)
- Détermination des quantiles à partir de la fonction de distribution

Mais :

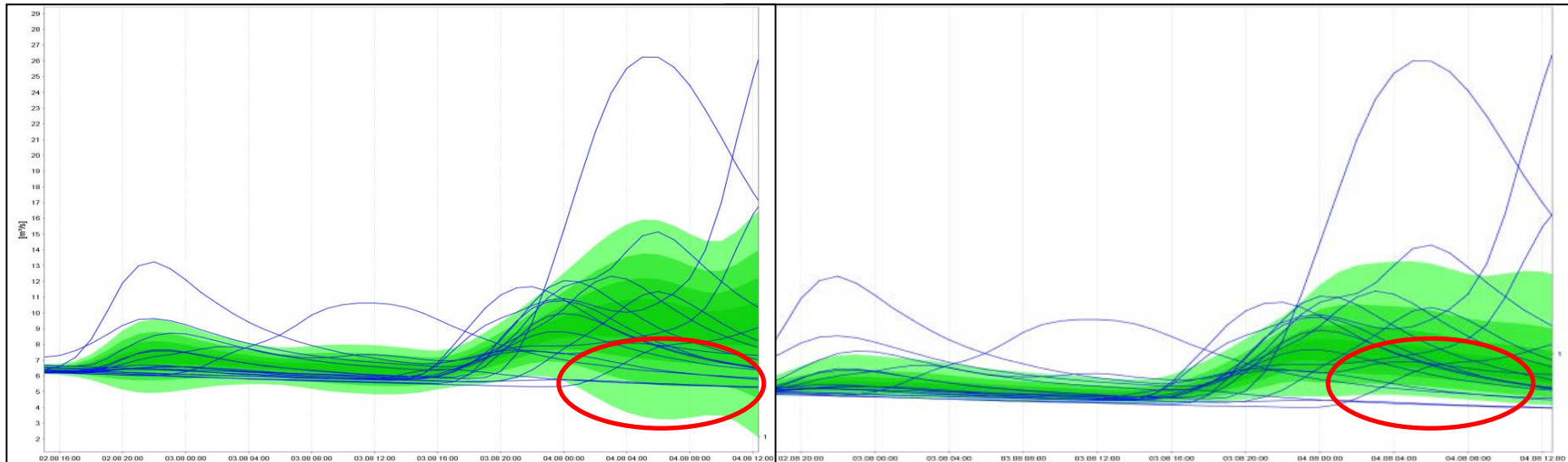
- L'on n'a pas affaire à une distribution normale, distribution des valeurs de débits étalée vers la droite.
- Le calcul « erroné » se fait notamment remarquer sur les écarts vers le « bas ».

L'établissement des marges d'incertitude

Calcul sur la base de la distribution normale

Solution :

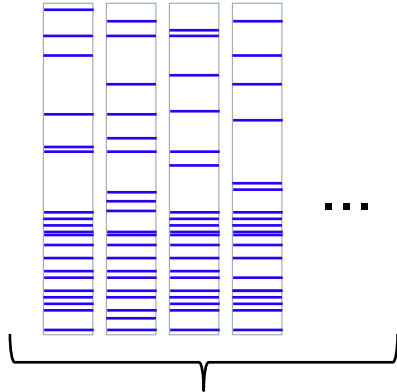
- Avoir recours à une transformation afin d'aboutir à des données distribuées normalement



L'estimation à l'aide de la fonction de distribution (valeurs transformées)

- Transformation Box-Cox des valeurs pour chaque horizon de prévision
- Adaptation de la distribution normale et calcul des percentiles
- Transformation Box-Cox en arrière des percentiles

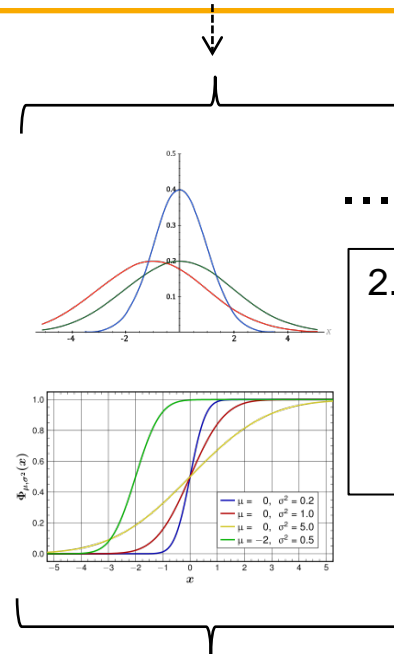
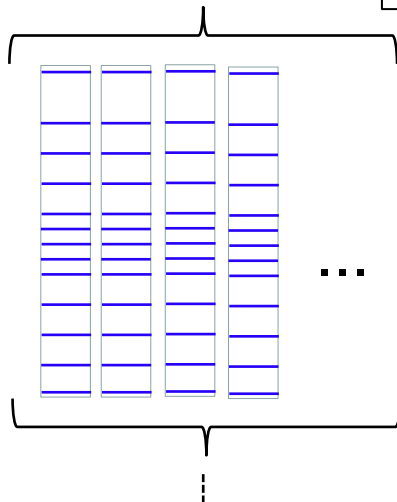
Moments de prévision t



Box-Cox

$$h(x) = \begin{cases} \frac{x^\lambda - 1}{\lambda}, & \lambda \neq 0 \\ \log x, & \lambda = 0 \end{cases}$$

1. Transformation Box-Cox pour l'ensemble des $t \Rightarrow$ données normalement distribuées

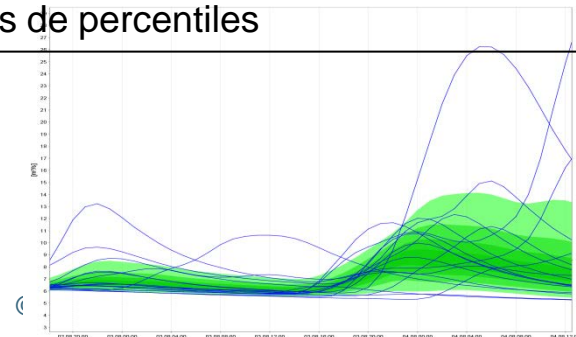


Box-Cox

2. Etablir une fonction de densité normalement distribuée pour tous les t et calculer les percentiles à l'aide de la fonction de distribution

3. Transformation Box-Cox en arrière des percentiles calculés

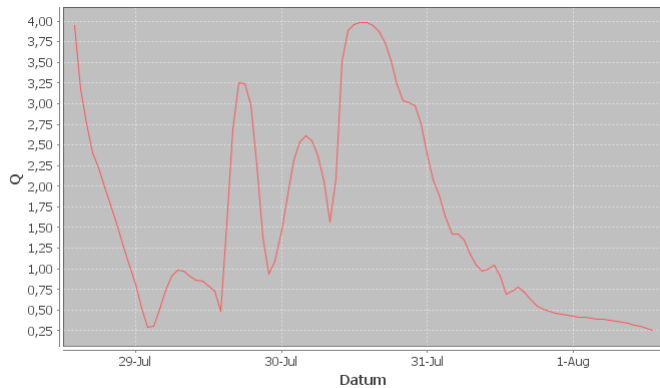
Résultat : Valeurs percentiles des débits pour chaque t
 \Rightarrow Bandes de percentiles



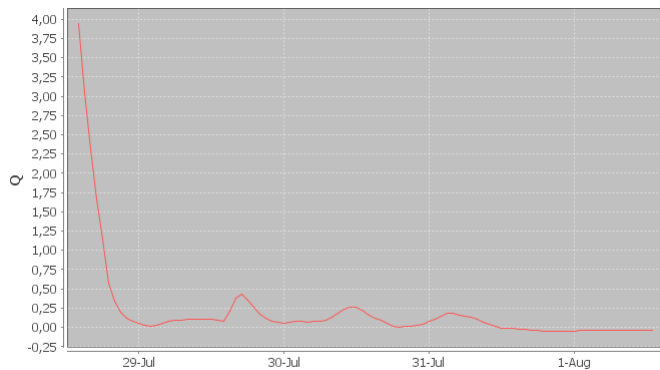
Les tests de qualité supplémentaires

- Transformation Box-Cox avec estimation du maximum de vraisemblance
- Etablir la distribution normale basée sur la statistique (μ et σ) des valeurs transformées
- Effectuer le test Kolmogorov-Smirnov (niveau de signifiante $\alpha=0.05$) pour vérifier si les valeurs transformées correspondent effectivement à la distribution normale établie

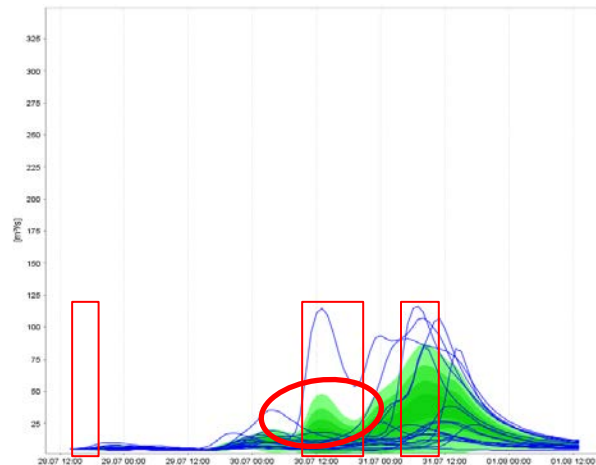
L'établissement des marges d'incertitude - approche élargie



— Unsicherheiten - Schiefe der Zeitreihen

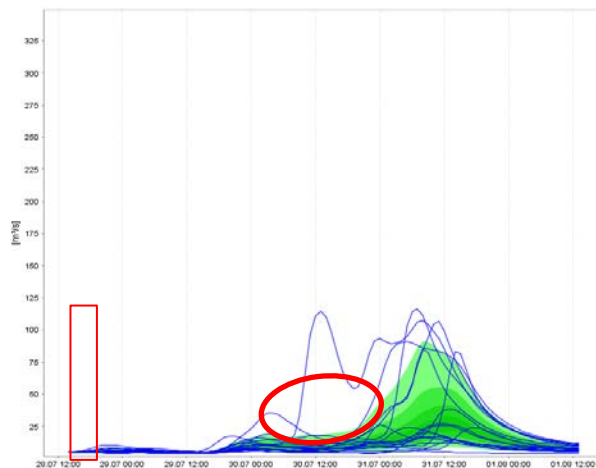


— Unsicherheiten - Schiefe der Zeitreihen



Sans transformation :

- Asymétrie systématiquement trop élevée (figure gauche)
- Test K-S refusé à 19 reprises (figure droite, boîtes rouges)

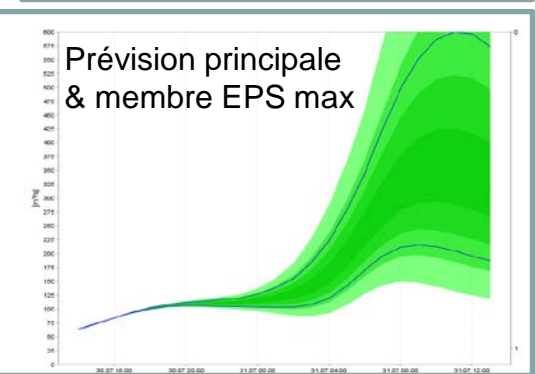
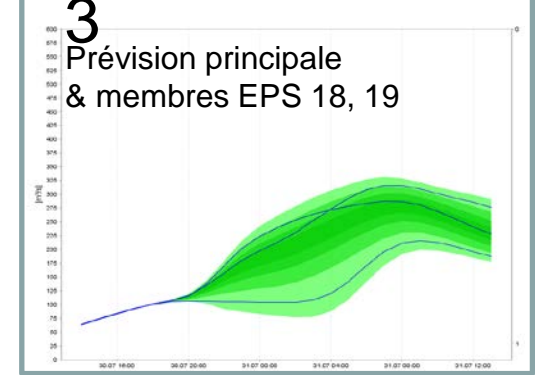
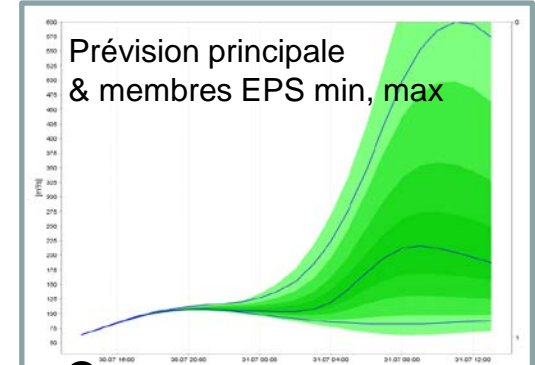
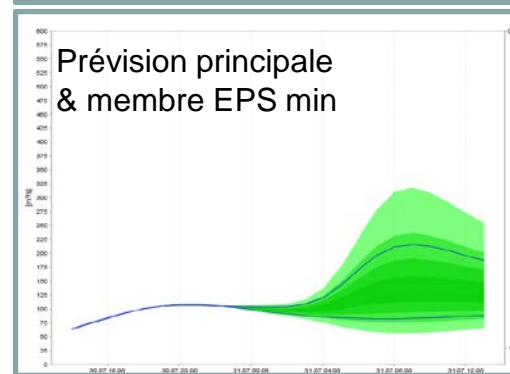
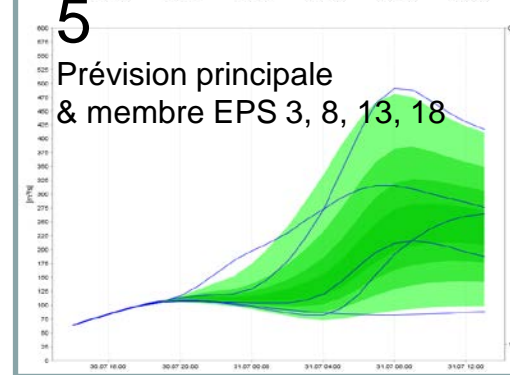
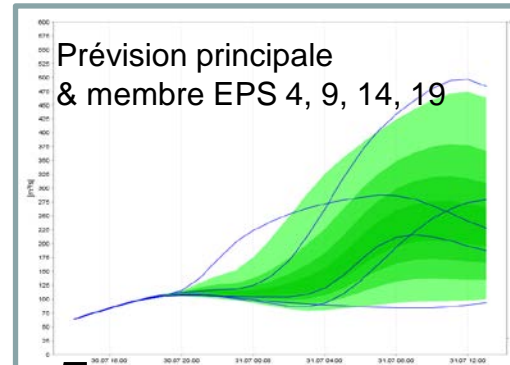
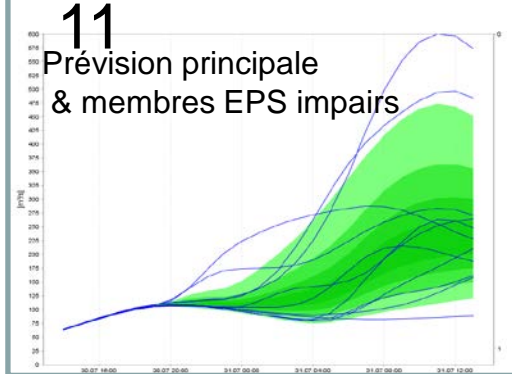
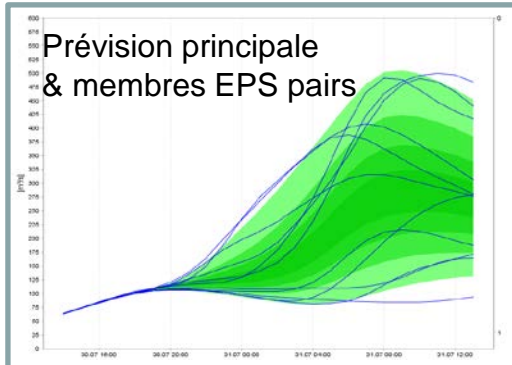
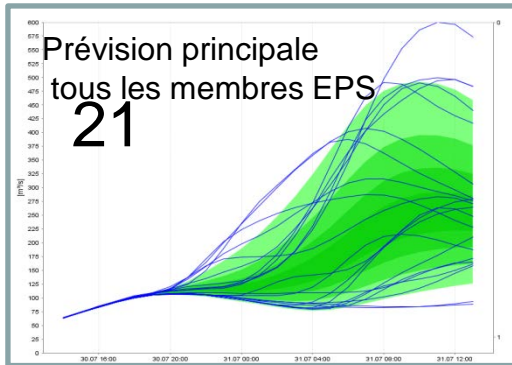


Avec transformation :

- L'asymétrie s'approche rapidement de 0 (figure gauche)
- Le test K-S est refusé à 4 reprises, en règle générale au début de la prévision lorsque la dispersion est faible (figure droite, boîte rouge)

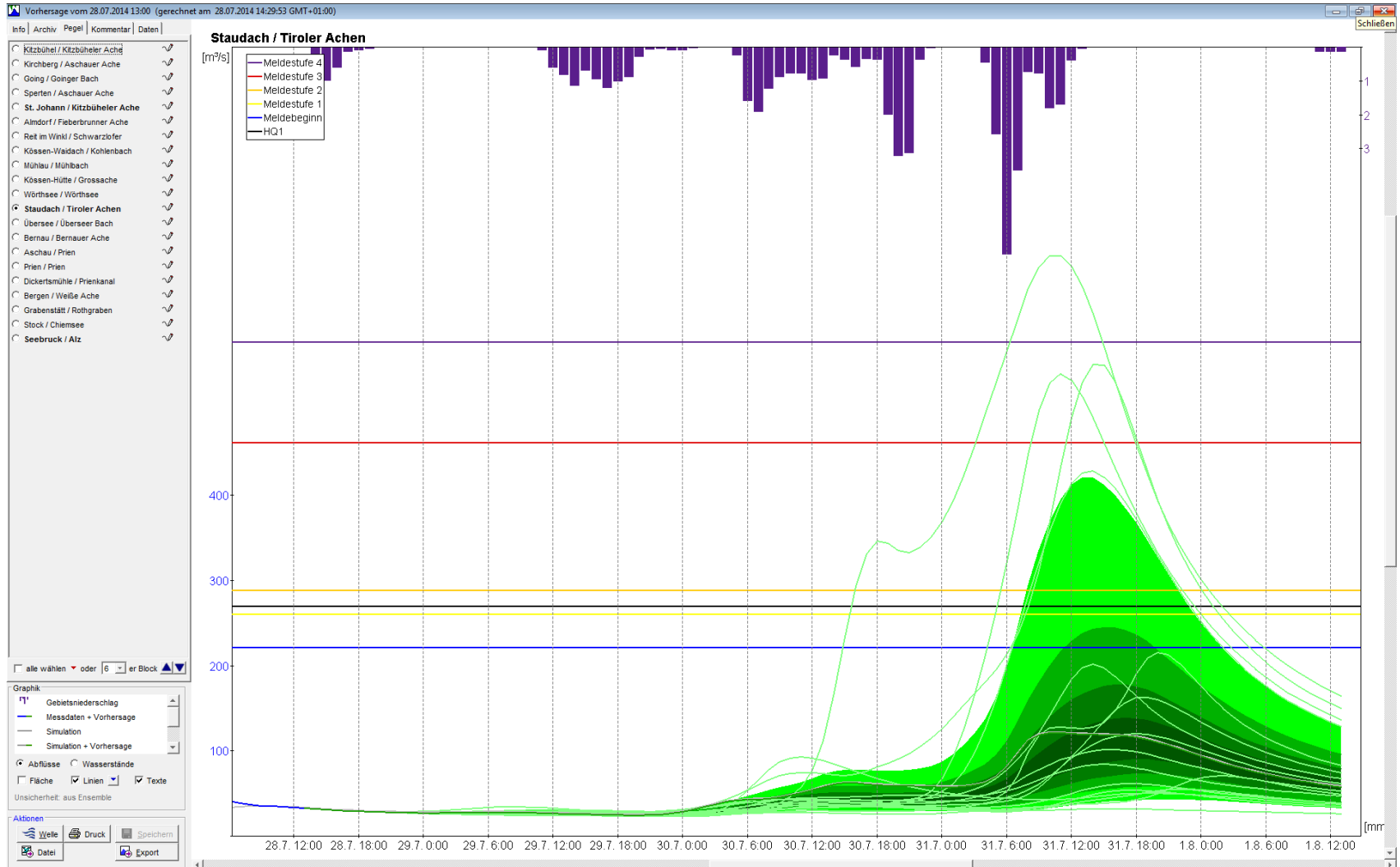
Combien de membres sont nécessaires ?

- En appliquant une fonction de densité sur la base de 2 paramètres uniquement, il est possible, d'un point de vue purement technique, d'effectuer le calcul sur la base de 2 membres.
- Ceci ne permet cependant pas une estimation fiable de la fourchette voire des percentiles.
- Dans le cas du Poor-Men-Ensemble, cette méthode est appliquée avec 4 à 5 prévisions différentes, les résultats restant à plausibiliser par l'utilisateur.

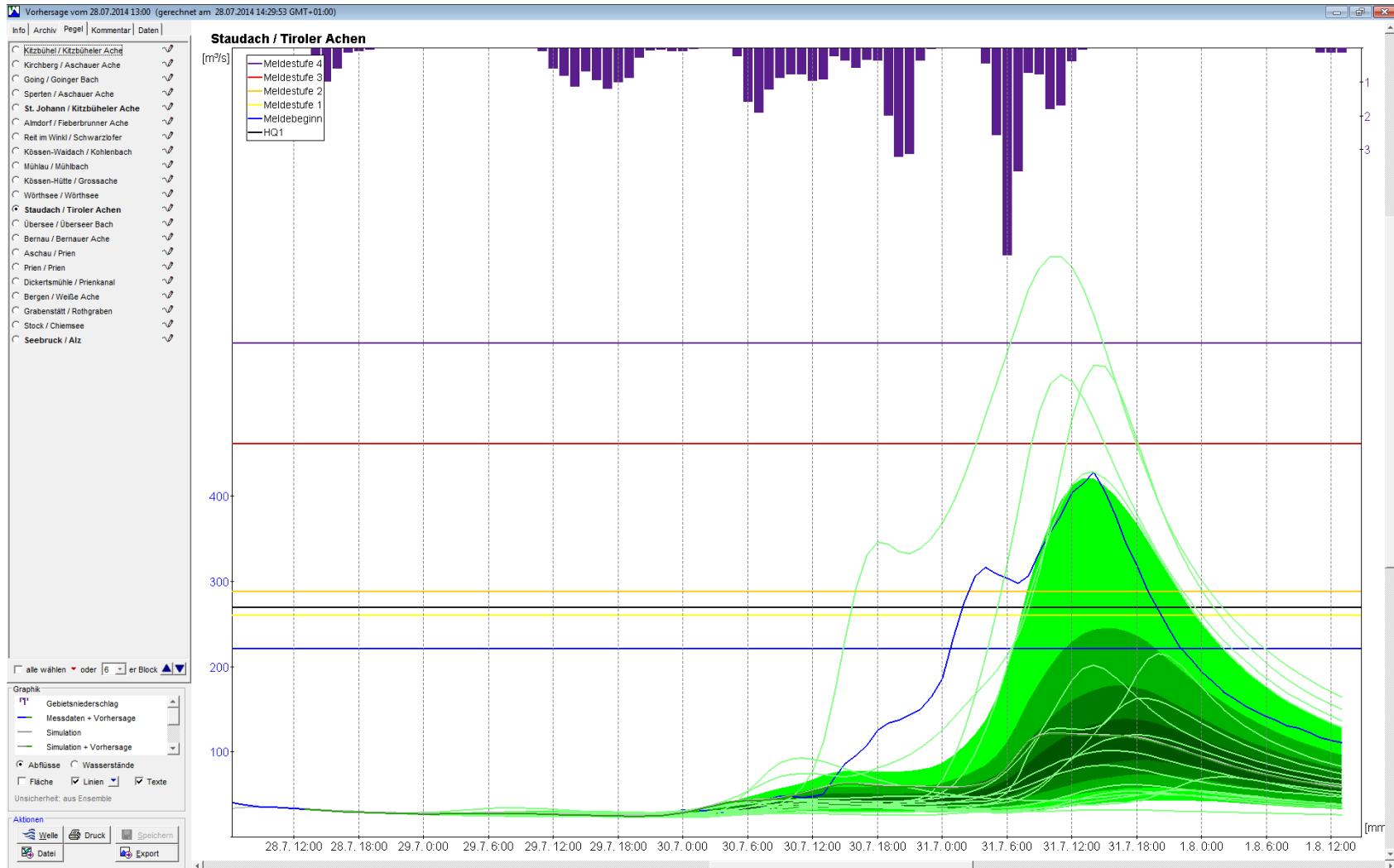


2

La représentation dans HUGO



La représentation dans HUGO



Conclusions et perspectives

- La mise en place des marges d'incertitude a répondu au besoin de communiquer sur l'incertitude des prévisions.
- En ce qui concerne la fiabilité et la précision quantitative des percentiles, des doutes subsistent pour certains cas particuliers.
- Le temps disponible pour analyser les erreurs de la prévision est relativement restreint.
- Les recalculs (hindcast) prennent en compte le développement des modèles.
- A défaut des données d'entrée requises, il n'est pas possible de prolonger la période passée couverte par l'analyse.
- L'utilisation des prévisions d'ensemble aux fins de l'établissement des marges d'incertitude des percentiles 10 et 90 reste à généraliser.